U N I V E R S I D A D N A C I O N A L D E U C A Y A L I

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA USO RECREATIVO DE LA QUEBRADA EL MILAGRO, EN EL CASERIO EL MILAGRO MANANTAY – PUCALLPA, 2025

Tesis para optar el título profesional de

INGENIERO AMBIENTAL

ROSA NATIVIDAD DONAYRE ESPINOZA

Pucallpa – Perú
2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
COMISIÓN DE GRADOS Y TITULOS

ACTA DE APROBACION DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°252/2025-CGyT-FCFyA-UNU

En la ciudad de Pucallpa, siendo la 12:10 pm del día miércoles 10 de diciembre del 2025, de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del jurado evaluador en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales designados con Memo Mult. N.º 064-2025-UNU-FCsFyA-CGT, conformado por:

Dr. Grober Panduro Pisco	Presidente
M.Sc. Tedy Tuesta Torrejón	Miembro
M.Sc. Letty Leonor Sandoval Mendoza	Miembro

Se procede a la sustentación de la tesis titulada: **"Evaluación de la Calidad del Agua para Uso Recreativo de la Quebrada el Milagro, en el Caserío EL MILAGRO Manantay – Pucallpa, 2025",** presentado por la Bachiller **ROSA NATIVIDAD DONAYRE ESPINOZA**, Asesorada por el Dr. Walter Lauro Pérez Terrel, habiendo culminado la sustentación, se procedió a la formulación de preguntas por parte del Jurado Evaluador, las que fueron absueltas por la sustentante en consecuencia la tesis fue aprobada por **UNANIMIDAD**, recomendando subsanar las observaciones realizadas por el jurado evaluador, quedando expedita para el otorgamiento del **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**. Siendo las 12:55 pm horas del mismo día se da por culminado el acto académico, firmando los miembros del jurado en señal de conformidad.

Dr. Grober Panduro Pisco
Presidente

M.Sc. Tedy Tuesta Torrejón
Miembro

M.Sc. Letty Leonor Sandoval Mendoza
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN DE TESIS

Esta tesis fue sometida para su aprobación ante el jurado de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, de la Universidad Nacional de Ucayali, integrado por los siguientes docentes:

Dr. Grober Panduro Pisco
PRESIDENTE

M.Sc. Tedy Tuesta Torrejón
PRIMER MIEMBRO

M.Sc. Letty Leonor Sandoval Mendoza
SEGUNDO MIEMBRO

Dr. Walter Lauro Pérez Terrel
ASESOR

Bach. Rosa Natividad Donayre Espinoza
TESISTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº **V/712-2025**.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA USO RECREATIVO DE LA QUEBRADA EL MILAGRO, EN EL CASERIO EL MILAGRO MANANTAY – PUCALLPA, 2025""

Autor(es)	:	**DONAYRE ESPINOZA, ROSA NATIVIDAD**
Facultad	:	**CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES**
Escuela	:	**ING. AMBIENTAL**
Asesor(a)	:	**Mg. PÉREZ TERREL, WALTER LAURO**

Presenta un **porcentaje de similitud de 6%,** verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO,

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación presenta un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 28/11/2025

Dr. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, ROSA NATIVIDAD DONAYRE ESPINOZA,

Autor de la tesis titulada : EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA USO RECREATIVO DE LA QUEBRADA EL MILAGRO EN EL CASERÍO EL MILAGRO MANANTAY – PUCALLPA 2025.

Sustentada el año 2025

Asesor(a): DR. WALTER LAURO PÉREZ TERREL

Facultad: CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

Escuela Profesional: INGENIERÍA AMBIENTAL

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 05/01/2026

Email: rosadonayreespinozaa@gmail.com Firma:

Teléfono: 975054858 DNI: 44851778

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos, por ser mi principal fuente de apoyo durante todo el proceso de mi formación como ingeniera ambiental. Su amor, sacrificio y confianza en mí han sido fundamentales para alcanzar esta meta.

Dedico también este logro a mis familiares y amigos, quienes, con sus palabras de aliento y constante motivación, me impulsaron a no rendirme y a seguir adelante.

Especialmente, a mi familia, por su respaldo incondicional, su compañía en cada etapa de este camino, y por brindarme siempre su cariño, comprensión y fe en mis capacidades.

AGRADECIMIENTO

Agradezco, en primer lugar, a Dios, por darme la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para culminar esta etapa tan importante de mi vida académica.

A nuestras familias, por su amor, apoyo incondicional y constante presencia a lo largo de este camino. Su compañía ha sido el pilar que sostuvo cada uno de nuestros logros.

Con especial gratitud, al Mg. Julián Robert Pérez Vigilio, por su valiosa orientación, sus enseñanzas y el compromiso demostrado como coasesor de esta tesis. Su guía fue esencial para el desarrollo y culminación de este proyecto.

Expreso también mi sincero reconocimiento a todos los docentes catedráticos de la Universidad Nacional de Ucayali, quienes con dedicación y entrega contribuyeron significativamente a nuestra formación profesional y personal.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA vi

AGRADECIMIENTO vii

RESUMEN xiii

ABSTRACT xiv

INTRODUCCIÓN xv

CAPITULO I 17

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 17

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA 17

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 18

1.3. JUSTIFICACIÓN 19

1.4. OBJETIVOS 21

1.4.1 Objetivo General 21

1.4.2 Objetivos Específicos 21

1.5. HIPÓTESIS 22

1.6. VARIABLES 22

CAPITULO II 23

MARCO TEÓRICO 23

2.1. Antecedentes De La Investigación 23

2.1.1. Antecedentes Internacionales 23

2.1.2. Antecedentes Nacionales 24

2.1.3. Antecedentes Locales 26

2.2. BASES TEÓRICAS 28

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS 40

CAPITULO III 44

METODOLOGÍA 44

3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN 44

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA. 44

3.2.1. Población 44

3.2.2. Muestra 45

3.3. PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS 46

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS 48

3.5. PROCESAMIENTO DE LOS DATOS 50

3.6. TRATAMIENTO DE DATOS 50

CAPITULO IV 51

RESULTADOS Y DISCUSIÓN 51

Cálculo del Índice de Calidad del Agua (ICA) por zona 57

Figura 1. Oxígeno Disuelto mg/L 59

Figura 2. Turbiedad UNT 59

Figura 3. Solidos Disueltos Totales mg/L 60

Figura 4. pH Unidad de pH 60

Figura 5. Nitratos (NO_3) ppm 61

Figura 6. Nitritos (NO_2) ppm 61

Figura 7. Hierro (Fe) ppm 62

Figura 8. Manganeso (Mn) ppm 62

Figura 9. Cobre (Cu) ppm 63

Figura 10. Coliformes Termotolerantes UFC/100 ml 63

Figura 11. Bacterias Aerobias Mesófitas Viables 64

4.2. DISCUSIÓN 64

CAPITULO V 67

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 67

5.1. CONCLUSIONES 67

5.2. RECOMENDACIONES 69

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 70

ACONSA. (2023). *Parámetros físicos de calidad del agua.* Madrid - España. 70

ANEXOS 74

Anexo 1: Ficha de Muestreo de Agua – Quebrada El Milagro 74

Anexo 2. Clasificación del ICA en función al uso recreacional 75

Anexo 3: Resultados de análisis de parámetros por la empresa EMAPACOPSA 76

Anexo 4: Resultados de análisis EMAPACOPSA 77

Figura 12. Muestras recolectadas en un cooler 78

Figura 13. Toma de muestras Laguna el Milagro 78

Figura 14. Muestra colectada 78

Figura 15. Muestra de la orilla de la laguna 79

Figura 16. Muestra zona profunda de la laguna 79

Figura 17. Muestra por el centro de la laguna 80

Figura 18. Muestra de agua de la laguna 80

Figura 19. Vista panorámica de la laguna el milagro 80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación del ICA en función al uso recreacional 39

Tabla 2 Variables consideradas en un ICA..... 40

Tabla 3 Determinaciones físicas del agua superficial en la quebrada El Milagro: Promedios zonales, medidas de dispersión y comparación con los valores de referencia del ECA–Categoría B1. 51

Tabla 4 Determinaciones químicas del agua superficial en la quebrada El Milagro: Promedios zonales, medidas de dispersión y comparación con los valores de referencia del ECA–Categoría B1 53

Tabla 5 Determinaciones microbiológicas del agua superficial en la quebrada El Milagro: Promedios zonales, medidas de dispersión y comparación con los valores de referencia del ECA–Categoría B1 56

Tabla 6 Estimación de subíndices de calidad de agua (Iq) por parámetro y zona en la quebrada El Milagro 57

Tabla 7 Resultados del Índice de Calidad del Agua (ICA) Global por Zona en la quebrada El Milagro 58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Oxígeno Disuelto mg/L 59

Figura 2. Turbiedad UNT 59

Figura 3. Solidos Disueltos Totales 60

Figura 4. pH Unidad de pH 60

Figura 5. Nitratos (NO_3) 61

Figura 6. Nitritos (NO_2) 61

Figura 7. Hierro (Fe) 62

Figura 8. Manganeso (Mn) 62

Figura 9. Cobre (Cu) 63

Figura 10. Coliformes Termotolerantes UFC/100 ml 63

Figura 11. Bacterias Aerobias Mesófitas Viables 64

Figura 12. Muestras recolectadas en un cooler 78

Figura 13. Toma de muestras Laguna el Milagro 78

Figura 14. Muestra colectada 78

Figura 15. Muestra de la orilla de la laguna 79

Figura 16. Muestra zona profunda de la laguna 79

Figura 17. Muestra por el centro de la laguna 80

Figura 18. Muestra de agua de la laguna 80

Figura 19. Vista panorámica de la laguna el milagro 80

RESUMEN

La presente investigación evaluó la calidad del agua de la quebrada El Milagro, ubicada en el caserío El Milagro, distrito de Manantay, provincia de Coronel Portillo, región Ucayali, con fines recreativos de contacto primario. Se analizaron parámetros físicos, químicos y microbiológicos, así como el Índice de Calidad del Agua (ICA), conforme a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para cuerpos de agua de la categoría B1. Los resultados físicos indicaron un adecuado nivel de oxígeno disuelto (6.94 mg/L), turbiedad aceptable (50.47 UNT) y baja concentración de sólidos disueltos totales (33.9 mg/L). No obstante, se registró un pH ligeramente ácido (5.85) y un color verdadero elevado, especialmente en la zona A (296 UCV), posiblemente asociado a materia orgánica en descomposición. En los parámetros químicos, la mayoría estuvieron dentro de los límites permisibles, a excepción del hierro, que presentó una concentración promedio de 2.82 ppm, superando el límite establecido de 0.3 ppm, lo cual representa un riesgo sanitario. En el análisis microbiológico, los coliformes termotolerantes alcanzaron un promedio de 170.67 UFC/100 ml, cercano al límite máximo permitido (200 UFC/100 ml), mientras que las bacterias aerobias mesófitas viables se mantuvieron dentro del rango aceptable (456 UFC/ml). El ICA clasificó a las tres zonas evaluadas dentro del rango “A” (promedios: A=64.4, B=65.0, C=67.2), lo que implica un uso recreativo con precaución. Se concluye que, aunque la calidad del agua es aceptable para fines recreativos, existen factores críticos como el pH ácido, la elevada concentración de hierro y la presencia de bacterias cercanas a los límites normativos, que justifican la implementación de un monitoreo continuo y medidas preventivas para asegurar la seguridad sanitaria del recurso.

Palabras clave: Parámetros físicos, químicos, microbiológicos, parasitológicos salud, biodiversidad

ABSTRACT

This research evaluated the water quality of the El Milagro stream, located in the village of El Milagro, Manantay district, Coronel Portillo province, Ucayali region, for recreational use involving primary contact. Physical, chemical, and microbiological parameters were analyzed, along with the Water Quality Index (WQI), in accordance with the Peruvian Environmental Quality Standards (ECA) for category B1 water bodies. Physical parameters showed adequate levels of dissolved oxygen (6.94 mg/L), acceptable turbidity (50.47 NTU), and low total dissolved solids (33.9 mg/L). However, a slightly acidic pH (5.85) and high true color—particularly in Zone A (296 CU)—were observed, likely due to organic matter decomposition. Most chemical parameters complied with the permissible limits, except for iron, which averaged 2.82 ppm, significantly exceeding the standard limit of 0.3 ppm, posing a potential health risk. Regarding microbiological indicators, thermotolerant coliforms averaged 170.67 CFU/100 ml, close to the maximum allowable limit (200 CFU/100 ml), while aerobic mesophilic bacteria were within acceptable levels (456 CFU/ml). The WQI placed all three zones in the "A" category (Zone A = 64.4, Zone B = 65.0, Zone C = 67.2), indicating suitability for recreational use with caution. In conclusion, although the water quality was generally acceptable for recreational purposes, critical factors such as acidic pH, elevated iron concentration, and microbiological values near regulatory limits highlight the need for continuous monitoring and preventive measures to safeguard public health and maintain water quality in this frequently used local bathing site.

Keywords: Physical, chemical, microbiological, parasitological parameters, health, biodiversity.

INTRODUCCIÓN

La calidad del agua es un componente esencial para la salud pública, el bienestar ambiental y el desarrollo sostenible de las comunidades. A nivel global, los cuerpos de agua utilizados con fines recreativos han sido objeto de creciente preocupación debido a la presión ejercida por actividades humanas como la urbanización, la deforestación, el vertimiento de aguas residuales y el uso indiscriminado de agroquímicos, factores que comprometen la calidad sanitaria de estos ecosistemas. En el contexto nacional, el Perú enfrenta desafíos importantes en la gestión de sus recursos hídricos, en especial en regiones amazónicas como Ucayali, donde el crecimiento urbano desordenado y la limitada fiscalización ambiental agravan la contaminación de ríos, quebradas y otros cuerpos de agua.

En el ámbito local, la Quebrada El Milagro, ubicada en el caserío del mismo nombre en el distrito de Manantay, es un recurso natural utilizado frecuentemente por la población para fines recreativos, especialmente durante temporadas calurosas. Sin embargo, la ausencia de monitoreo sistemático y de información técnica sobre su calidad hídrica genera incertidumbre respecto a los posibles riesgos sanitarios derivados del contacto directo con sus aguas. La falta de intervención por parte de entidades competentes también contribuye a una posible exposición de la población a contaminantes físicos, químicos y biológicos.

Este trabajo de investigación cobra relevancia al ofrecer un diagnóstico integral sobre la calidad del agua en dicha quebrada, a través de la evaluación de parámetros físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos. Esta evaluación permite identificar posibles fuentes de contaminación y determinar el grado de cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para uso recreativo establecidos por la normativa peruana. Asimismo, se ha calculado el Índice de Calidad del Agua (ICA), herramienta que sintetiza múltiples parámetros en una sola calificación comprensible para orientar decisiones sobre el uso seguro del recurso.

El propósito principal de la presente tesis es aportar información técnica que permita orientar estrategias de protección ambiental y de salud pública en la zona de estudio, promoviendo una gestión responsable del recurso hídrico en beneficio de la comunidad local. Como objetivo general fue: Evaluar la calidad del agua para uso

recreativo de la Quebrada El Milagro, en el caserío El Milagro, distrito de Manantay, provincia de Coronel Portillo, región Ucayali.

La tesis está estructurada en cinco capítulos. El **Capítulo I** aborda el planteamiento del problema, objetivos, justificación y delimitación del estudio. El **Capítulo II** presenta el marco teórico, con antecedentes, bases legales y científicas. El **Capítulo III** detalla la metodología utilizada. El **Capítulo IV** expone y analiza los resultados obtenidos, y finalmente, el **Capítulo V** presenta las conclusiones y recomendaciones derivadas de la investigación.

CAPITULO I
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La presente investigación se centró en la evaluación de la calidad del agua de la quebrada El Milagro, ubicada en el caserío El Milagro, distrito de Manantay, provincia de Coronel Portillo, región Ucayali, con fines recreativos de contacto primario. Esta quebrada ha sido utilizada de forma espontánea como balneario por la población local, sin que existan evaluaciones sistemáticas ni monitoreos regulares que garanticen su idoneidad sanitaria para dicho uso.

A nivel global, la calidad del agua constituye un componente esencial de la salud pública y del bienestar ambiental, debido al incremento de las actividades humanas que afectan negativamente los cuerpos hídricos. Diversas normativas internacionales y nacionales establecen parámetros específicos para asegurar la aptitud de las aguas destinadas al uso recreativo, considerando su importancia en la prevención de enfermedades y en la promoción de entornos saludables.

En el contexto nacional, el Perú enfrenta múltiples desafíos asociados a la contaminación de fuentes hídricas por descargas domésticas, residuos sólidos, actividades agrícolas, industriales y urbanización no planificada. Estas condiciones hacen necesario reforzar los mecanismos de vigilancia y control, particularmente en cuerpos de agua utilizados con fines recreativos.

En el ámbito local, la ausencia de control sanitario y la falta de información técnica sobre la calidad del agua en la quebrada El Milagro generaron incertidumbre sobre los riesgos que podría representar su uso recreativo para la salud de la población. Ante esta situación, se planteó la necesidad de realizar un análisis integral que permitiera determinar si el agua de este recurso hídrico cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos para actividades recreativas de contacto primario.

Así, el problema central que motivó la investigación fue la incertidumbre respecto a la calidad del agua de la quebrada El Milagro y su aptitud para el uso recreativo por parte de la población**,** en un contexto marcado por el crecimiento urbano desordenado, la escasa fiscalización ambiental y la utilización informal del cuerpo de agua sin evaluaciones previas que respalden su seguridad sanitaria.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La formulación del problema se basó en la necesidad de conocer el estado real de la calidad del agua de la quebrada El Milagro, la cual era utilizada con fines recreativos sin contar con evaluaciones técnicas previas. Las preguntas planteadas permitieron abordar el problema desde un enfoque integral: primero, identificando y cuantificando los parámetros físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua; segundo, contrastando los resultados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos por la normativa peruana para uso recreativo; y finalmente, sintetizando la información mediante el cálculo del Índice de Calidad del Agua (ICA).

Esta secuencia lógica garantizó un análisis completo que permitió determinar si el agua de la quebrada era apta para actividades de contacto

primario y, a la vez, identificar las posibles fuentes de contaminación que afectaban su calidad. De este modo, la formulación del problema se justificó por su coherencia con los objetivos de investigación y su relevancia para la salud pública y la gestión ambiental del distrito de Manantay.

1.2.1 Problema general:

¿Cuál es la calidad del agua para uso recreativo de la quebrada el milagro, en el caserío el milagro Manantay – Pucallpa, 2025?

1.2.2 Problemas específicos:

- ¿Qué características presentan los parámetros físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua de la Quebrada El Milagro, e identificar las posibles fuentes de contaminación que afectan estos parámetros?
- ¿En qué medida los valores obtenidos de los parámetros analizados cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua destinada al uso recreativo de contacto primario?
- ¿Qué nivel de calidad del agua presenta la quebrada El Milagro según el Índice de Calidad del Agua (ICA)?

1.3. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se fundamentó en la necesidad crítica de evaluar y comprender la calidad del agua destinada al uso recreativo en la Quebrada El Milagro, ubicada en el caserío El Milagro, distrito de Manantay, provincia de Coronel Portillo, región Ucayali. Esta evaluación resultó esencial debido a diversos factores de interés sanitario, ambiental, social y científico, que respaldaron la importancia y pertinencia del estudio realizado.

Impacto en la salud pública:

La Quebrada El Milagro es utilizada frecuentemente por los pobladores locales como espacio recreativo, especialmente para actividades de contacto primario. Por ello, analizar la calidad del agua permitió identificar posibles riesgos sanitarios asociados a la exposición directa, contribuyendo así a la protección de la salud de los usuarios, en su mayoría niños, adolescentes y familias de la zona.

Conservación de la biodiversidad y del ecosistema local:

La investigación consideró que la calidad del agua no solo afectaba a las personas, sino también al ecosistema acuático. Se reconoció que la degradación de las condiciones físico-químicas y biológicas del agua podría alterar la biodiversidad local y comprometer el equilibrio ecológico de la quebrada.

Promoción de la conciencia y participación comunitaria:

Los resultados generaron información técnica accesible para la población, fomentando una mayor conciencia sobre la necesidad de conservar el recurso hídrico. Asimismo, la divulgación de los hallazgos incentive la participación activa de la comunidad en iniciativas de vigilancia y protección ambiental.

Verificación del cumplimiento de los estándares ambientales:

La comparación de los parámetros evaluados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua con uso recreativo permitió verificar el nivel de cumplimiento de la normativa ambiental vigente en el Perú. Esta evaluación tuvo un rol clave en la detección de posibles infracciones o deficiencias en la gestión ambiental local.

Base técnica para la toma de decisiones:

El estudio proporcionó evidencia científica útil para autoridades locales, regionales y organismos ambientales, ofreciendo una base sólida para el diseño de políticas públicas, medidas de control sanitario y estrategias de gestión sostenible del agua en la zona de estudio.

Contribución al conocimiento científico:

La investigación aportó datos relevantes sobre la calidad del agua en un cuerpo hídrico de la Amazonía peruana poco estudiado, contribuyendo a reducir las brechas de información ambiental en contextos rurales. Los resultados pueden servir de referencia para futuras investigaciones académicas y técnicas en la región.

Protección del patrimonio natural:

Finalmente, se consideró que la Quebrada El Milagro representa un patrimonio natural y recreativo de gran valor para la comunidad local. En ese sentido, este trabajo buscó contribuir a su preservación, promoviendo un uso responsable y sostenible del recurso para beneficio de las actuales y futuras generaciones.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Evaluar la Calidad del Agua para uso Recreativo de la Quebrada El Milagro, en el Caserío el Milagro Manantay – Pucallpa, 2025.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Identificar y analizar los parámetros físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua de la Quebrada El Milagro, así como las posibles fuentes de contaminación que inciden en estos parámetros.

- Comparar los valores obtenidos de los parámetros en estudio con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua destinada al uso recreativo de contacto primario.
- Determinar el Índice de Calidad del Agua (ICA) de la Quebrada el Milagro, como indicador integral del estado de calidad del recurso hídrico para fines recreativos.

1.5. HIPÓTESIS

La calidad del agua para uso recreativo de la Quebrada El Milagro, en el Caserío El Milagro Manantay – Pucallpa, depende significativamente de los niveles de los parámetros físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos.

1.6. VARIABLES

- **Variable independiente:**

  Parámetros físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua.

- **Variable dependiente:**

  Calidad del agua para uso recreativo.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes De La Investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Álvarez (2021), en su estudio sobre la Quebrada Jui en Colombia, evaluó la calidad del agua mediante el Índice de Calidad del Agua (ICA) y analizó la relación entre parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y fuentes de contaminación antrópica. Se tomaron muestras en seis estaciones durante las épocas seca y lluviosa de 2018. El ICA promedio fue 74,1 (calidad buena), excepto en las estaciones E4 y E5 en época húmeda, donde disminuyó por coliformes fecales y turbidez. Los plaguicidas analizados no superaron los límites de detección. El estudio concluyó que las principales fuentes de contaminación provenían de aguas residuales, escorrentía agrícola, excretas porcinas y minería de arena.

Rivero (2021), en su informe científico titulado "Análisis de calidad del agua para uso recreacional en la microcuenca del Arroyo Cuñapirú, **Uruguay**", realizó una comparación de la calidad del agua en 15 puntos de muestreo a lo largo del Arroyo Cuñapirú, evaluando tanto variables microbiológicas como parámetros fisicoquímicos. Los resultados mostraron niveles elevados de coliformes fecales en la mayoría de las muestras, lo que sugiere un significativo aporte de nutrientes. Además, se identificó una correlación positiva entre la conductividad, el oxígeno disuelto, los nitratos y los sulfatos, asociados al primer componente principal del análisis multivariado. El estudio resaltó la importancia de adoptar un enfoque integral y

multivariado para comprender el impacto de las actividades humanas en los ecosistemas acuáticos y evaluar adecuadamente la aptitud del agua para fines recreativos en la microcuenca del Arroyo Cuñapirú.

Marín (2020), En su artículo científico *"Calidad de agua para uso recreativo del Río Ctalamochita en Villa María, Córdoba, Argentina"* En Villa María, Córdoba (**Argentina**), se evaluó la calidad del agua del río Tercero (Ctalamochita) para uso recreativo mediante parámetros microbiológicos, fisicoquímicos y el Índice de Calidad del Agua (WQI) del Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente. El estudio abarcó dos años (2018–2019) y tres puntos del río (aguas arriba, intermedios y aguas abajo). El 60 % de las muestras superaron los límites de coliformes totales, aunque los coliformes termotolerantes y *E. coli* se mantuvieron dentro de lo permitido en la mayoría de los casos. El WQI fue "Bueno" en dos sectores y "Marginal" en Barrancas del Río (WQI = 62.2). Se concluye que el río es apto para uso recreativo, pero se recomienda investigar las causas del deterioro de la calidad aguas abajo.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Durán (2022), En su estudio "Calidad del agua para uso recreativo del río Barranco en el centro poblado de Supte San Jorge, **Tingo María**", se analizó la aptitud del agua del río Barranco para actividades recreativas mediante la aplicación del Índice de Calidad del Agua (ICA). Se recolectaron 24 muestras durante un periodo de tres meses, con dos tomas diarias (a las 11 a.m. y a las 4 p.m.), distribuidas en cuatro días por mes (dos miércoles y dos domingos).

Posteriormente, se evaluaron los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las muestras. Los resultados fisicoquímicos promedio fueron: DBO5 (4.33 mg/L), pH (7.98), oxígeno disuelto (7.71 mg/L), turbiedad (63.01 UNT) y temperatura (27.42 ºC). En cuanto a los parámetros microbiológicos, los coliformes totales, coliformes termotolerantes y E. coli registraron promedios de 43.54, 27.84 y 16.54 NMP/100ml, respectivamente. Por otro lado, los indicadores parasitológicos como enterococos intestinales, *Cryptosporidium* sp. y *Naegleria* sp. no se detectaron durante el estudio, aunque en 4 de las 24 muestras se identificó la presencia de *Salmonella* sp., y en 2 muestras se halló *Vibrio cholerae*, lo que implica que el agua no cumple con los estándares establecidos en los ECA. A pesar de ello, el ICA alcanzó un valor promedio de 66.45, calificando la calidad del agua como "aceptable" para fines recreacionales.

Quispe (2022), en su tesis *"Evaluación de calidad de agua para consumo humano en el manantial estange del sector Patawasi, Checacupe-Canchis-Cusco 2022"* tuvo como finalidad evaluar la calidad del agua para consumo humano del manantial Estange, en el sector Patawasi del distrito de Checacupe, Cusco. Se analizaron dos puntos de muestreo (Estange 1 y 2), considerando parámetros fisicoquímicos, microbiológicos e inorgánicos, y comparándolos con los Decretos Supremos N.º 0004-2017-MINAM y N.º 0031-2010-SA. La investigación fue de tipo básico, descriptivo y con enfoque cuantitativo.

Las muestras se recolectaron mediante fichaje y fueron analizadas en laboratorios acreditados. Los resultados mostraron que algunos parámetros fisicoquímicos (pH, turbidez, conductividad y sólidos disueltos) cumplieron con los estándares, mientras que otros (temperatura, dureza, oxígeno disuelto y DBO5) no. En lo microbiológico, los coliformes totales excedieron los límites, pero los fecales fueron aceptables. Los parámetros inorgánicos sí cumplieron con la normativa vigente.

Lloclla Rosillo (2020), en su tesis *"Evaluación de la calidad del agua del río Uquihua, en uso como aguas recreativas Rioja – San Martín"* evaluó la calidad del agua del río Uquihua en Rioja, San Martín, con fines recreativos. Se aplicó un enfoque transversal con análisis físicos, químicos y bacteriológicos en temporada de lluvias y de estiaje. Los resultados mostraron ausencia de coliformes termotolerantes y *E. coli*, pero una alta concentración de coliformes totales (5.4×10^3 NMP/100 mL). Además, algunos parámetros como oxígeno disuelto, DBO y color no cumplieron los estándares de calidad ambiental para contacto primario. Se recomienda realizar campañas informativas, talleres de sensibilización y controlar los vertimientos de aguas residuales.

2.1.3. Antecedentes Locales

CALDERON, (2025), en su tesis *"Evaluación de los parámetros Fisicoquímicos para determinar la calidad del agua con fines recreacionales y percepción de la población sobre la situación actual en el sector la Restinga, Laguna de Yarinacocha, Región*

Ucayali" evaluó la calidad del agua en el sector La Restinga con fines recreativos, considerando parámetros fisicoquímicos y la percepción de la población. Se utilizó un enfoque cuantitativo y diseño no experimental, basándose en los estándares del D.S. N.° 004-2017-MINAM y la Directiva Sanitaria N.° 038/MINSA-DIGESA-V.02. Los resultados indicaron que el agua no es apta para uso recreacional debido a la presencia de coliformes termotolerantes (380 NMP/100 mL), lo que implica riesgos de enfermedades gastrointestinales. Además, se identificaron fuentes de contaminación como residuos fecales, sólidos y falta de saneamiento. El pH fue 6.7 y la turbidez 4.79 UNT.

ICAHUATE (2023), en su tesis *"Evaluación de los parámetros fisicoquímicos para determinar la calidad de agua, en la laguna de Yarinacocha, en la Amazonia Peruana"* evaluó la calidad del agua en la laguna de Yarinacocha (Amazonía peruana) entre mayo y agosto de 2021, mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos. Se tomaron muestras en dos puntos: entrada (ME-1) y salida (MS-2) de la laguna, siguiendo normas del MINAM y protocolos de la ANA. Los resultados mostraron que pH, aceites y grasas, conductividad y nitrógeno amoniacal cumplieron los estándares en ambos puntos. Sin embargo, oxígeno disuelto y sólidos suspendidos solo fueron adecuados en MS-2, mientras que fósforo total, nitrógeno total y DBO excedieron los límites en ambos sitios. Según el Índice de Calidad del Agua (ICA-CCME), ME-1 fue calificado como "Regular" (ICA = 64) y MS-2 como "Favorable" (ICA = 78.73).

Reyna Garrido (2021), En su informe de *"Monitoreo de la calidad del agua en la ciudad de Pucallpa"* el agua es esencial en la industria, especialmente en la alimentaria, donde se utiliza en procesos de limpieza, producción y como parte del producto final. En el Perú, la normativa exige el uso de agua potable en estas industrias, conforme al D.S. N.º 007-98-SA y al D.S. N.º 031-2010-SA, que regulan su calidad e inocuidad para proteger la salud pública. Las Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS) son responsables del suministro y control de calidad del agua, siguiendo parámetros establecidos y supervisados por entidades como SUNASS y DIGESA. Este trabajo expone los análisis físicos y químicos realizados en el laboratorio de EMAPACOP S.A., destacando su importancia y contribución al control de calidad del agua.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1 Agua para uso recreacional

De acuerdo con el Decreto Supremo N.° 004-2017 del Ministerio del Ambiente, los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua se establecen considerando cuatro categorías de clasificación. Dentro de la categoría 01, se distinguen dos subcategorías: la subcategoría A, correspondiente a aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable; y la subcategoría B, que comprende aquellas aguas superficiales destinadas a actividades recreativas (MINAM, 2017).

Por su parte, la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA, 2006) define el uso recreativo del agua como una actividad no consumitiva que proporciona beneficios sociales, culturales y estéticos, en función de la

interacción directa o indirecta de las personas con el recurso hídrico. Este uso recreativo se clasifica en:

- **Contacto primario**: actividades en las que el cuerpo entra en contacto directo con el agua, como la natación, el esquí acuático o el buceo.
- **Contacto secundario**: actividades en las que existe una interacción más limitada con el agua, como la pesca o los deportes náuticos.

2.2.2 Calidad del agua

Según Gonzales y Gutiérrez (2005), la calidad del agua se entiende como el conjunto de características físicas, químicas y biológicas que determinan su idoneidad para un uso específico. Esta condición está asociada a la presencia y concentración de sólidos y gases, ya sea en suspensión o disueltos en el agua.

Por su parte, Sáenz (1995) indica que la evaluación de la calidad del agua requiere un enfoque integral que considere sus propiedades físicas, químicas y biológicas, relacionándolas tanto con las condiciones naturales del recurso como con los efectos de las actividades humanas y su impacto en la salud. Este análisis permite identificar la presencia de gases, compuestos minerales y orgánicos, así como de posibles microorganismos patógenos que podrían representar un riesgo para los seres vivos.

2.2.3 Calidad del agua para uso recreacional

Barrenechea (2004) señala que la calidad del agua debe evaluarse en función del uso previsto del recurso, ya que sus características adquieren relevancia según el propósito para el cual se destine. En este sentido, se considera que el agua está contaminada cuando presenta alteraciones que afectan o limitan su uso real o potencial.

2.2.4 Estándares de calidad ambiental (ECA) para el agua

En un inicio, el concepto de calidad del agua se centraba principalmente en su uso para el consumo humano; sin embargo, con el tiempo, este enfoque se amplió para incluir los diversos usos y destinos del recurso. Así, la definición de calidad depende del propósito para el cual se destine el agua, ya sea para actividades económicas y productivas, para el consumo humano o para la preservación del medio ambiente. En este contexto, se deben evaluar parámetros químicos, físicos y biológicos específicos a fin de determinar y analizar su condición (ANA, 2011).

De acuerdo con el Decreto Supremo Nº 002-2008 del Ministerio del Ambiente, los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua establecen los niveles máximos de concentración de elementos, sustancias y características físicas, químicas y biológicas presentes en el recurso, de manera que, en su condición de cuerpo receptor y componente esencial de los ecosistemas acuáticos, no representen riesgos significativos para la salud humana ni para el ambiente. Estos estándares son aplicables a todos los cuerpos de agua en su estado natural a nivel nacional y son de cumplimiento obligatorio en la formulación de políticas, normas y demás instrumentos de gestión ambiental, sirviendo como referencia para su planificación y aplicación (MINAM, 2008).

Según el MINAM (2017), las variables consideradas para la implementación de los ECA comprenden:

a) Parámetros relacionados con los contaminantes provenientes de efluentes generados por proyectos o actividades productivas, extractivas o de servicio.

b) Características primarias que describen el estado de las aguas superficiales no alteradas por actividades humanas.

c) Estándares básicos de los cuerpos de agua naturales que permiten identificar la concentración de sustancias, elementos o agentes químicos, físicos o biológicos, ya sean de origen natural o antropogénico.

d) Efectos acumulativos y sinérgicos generados por diversas descargas en la zona (aguas arriba y aguas abajo), que influyen en la calidad ambiental del recurso.

e) Particularidades específicas de cada actividad o del medio que puedan afectar la calidad ambiental de los cuerpos de agua.

2.2.4 Características fisicoquímicas que determinan la clase de agua

a) Demandas bioquímicas de oxígeno (DBO_5)

Según Romero (1998), la DBO5 se refiere a la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para llevar a cabo la descomposición biológica de la materia orgánica, mediante procesos de oxidación. Esta medición se obtiene al incubar una muestra de agua durante cinco días a una temperatura constante de 20°C en condiciones de oscuridad. Este parámetro es fundamental para evaluar la calidad del agua en cuerpos hídricos naturales.

De acuerdo con López et al. (2016), la materia orgánica presente en un cuerpo de agua atraviesa un proceso de biodegradación llevado a cabo por microorganismos que se desarrollan en ambientes con oxígeno (aerobios). En este contexto, la DBO5 permite determinar la cantidad de oxígeno necesaria para que ocurra dicha descomposición de la materia

orgánica de forma bioquímica. Por su parte, Apha et al. (2005) señalan que esta prueba es una de las más relevantes para el seguimiento y control de las actividades que generan contaminación en los ríos.

b) Potencial de hidrógeno (pH)

El pH representa la concentración relativa de iones de hidrógeno presentes en el agua. Estos iones influyen, directa o indirectamente, en el comportamiento de otros componentes que interactúan en el recurso hídrico. Por ello, medir el pH resulta fundamental para describir los sistemas bióticos y químicos de las masas de agua naturales (Álvarez et al., 2006).

De acuerdo con Romero (1998), este parámetro se expresa en una escala de 0 a 14: un valor de 7 indica un pH neutro; valores menores a 7 corresponden a un medio ácido; mientras que valores superiores a 7 indican un medio básico o alcalino.

Es importante considerar que las mediciones de pH pueden variar en función de la temperatura. Generalmente, las aguas naturales no afectadas por actividades humanas presentan valores de pH en un rango de 5 a 9. Sin embargo, la mayoría de lagos, ríos y otras masas de agua dulce suelen registrar valores que oscilan entre 6,0 y 8,5 (Jiménez, 2000; Barrenechea, 2004).

c) Oxígeno disuelto (OD)

Díaz (2021) señala que el oxígeno disuelto (OD) representa la cantidad de oxígeno presente en el agua y constituye uno de los parámetros más vinculados a la vida acuática, ya que influye directamente en numerosos procesos biológicos y químicos. Las condiciones aeróbicas en los cuerpos de agua favorecen la supervivencia

de distintas especies, como los peces, que usualmente requieren concentraciones de OD superiores a 4 mg/L. Además, los resultados de las mediciones de OD pueden utilizarse como indicadores del grado de contaminación orgánica, al reflejar el nivel de degradación de sustancias orgánicas e inorgánicas susceptibles a oxidación.

La concentración de oxígeno disuelto (OD) en el agua está estrechamente relacionada con el intercambio de aire en el medio. La aireación depende principalmente de los movimientos del agua, como saltos y agitaciones, y también se ve influida por el proceso de fotosíntesis. Este parámetro varía según la temperatura: a medida que la temperatura aumenta, la concentración de oxígeno disminuye.

La presencia de grandes cantidades de bacterias y fenómenos como la eutrofización también reducen los niveles de oxígeno en las masas de agua. En términos generales, los valores de OD pueden fluctuar entre 0 y 18 mg/L. Para mantener una adecuada diversidad biológica, se requiere un mínimo de 5 a 6 mg/L; aguas de excelente calidad presentan concentraciones superiores a 12 mg/L, mientras que aquellas con valores inferiores a 5 mg/L se consideran de mala calidad (Romero, 1998; López et al., 2016).

d) Turbiedad

Según Mitchell et al. (1991), la turbiedad se refiere a la presencia de partículas sólidas suspendidas en el agua que disminuyen su capacidad de transmitir la luz. Estos sólidos pueden incluir limos, arcillas, materia orgánica, plancton e incluso residuos provenientes de drenajes e industrias (Sáenz, 1995). Un alto nivel de turbiedad afecta negativamente el ecosistema acuático, ya que las partículas suspendidas

absorben el calor solar, elevando la temperatura del agua. Esto provoca una reducción del oxígeno disuelto, debido a que el agua más cálida retiene menos oxígeno. Además, la menor penetración de luz limita la fotosíntesis, afectando la producción de oxígeno. Otros efectos asociados incluyen el daño a las agallas de los peces por la acumulación de partículas, lo que perjudica su crecimiento, su resistencia a infecciones y el desarrollo de huevos y larvas.

e) Temperatura

La Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2012) define la temperatura como una medida termodinámica que refleja el estado energético de un sistema. En cuerpos de agua, la temperatura influye en la cantidad de oxígeno disuelto: a mayor temperatura, aumenta la fotosíntesis y se acelera la descomposición de materia orgánica. Según Canter (2000), la temperatura es un parámetro fundamental para el desarrollo de la vida acuática, ya que regula las reacciones químicas y su velocidad, además de influir en la aptitud del agua para diversos usos. También condiciona otros parámetros de calidad, como el pH, el oxígeno disuelto, la conductividad eléctrica y diversas variables fisicoquímicas.

f) Características microbiológicas y parasitológicas

Henry y Heinke (1999) señalan que el agua destinada al consumo humano o uso doméstico debe estar libre de microorganismos patógenos, la mayoría de los cuales provienen de contaminación fecal. Según la APHA et al. (2005), las bacterias coliformes son el principal indicador de contaminación microbiológica del agua.

- **Coliformes totales (CT):** Estos se describen como bacilos Gram negativos, aerobios o anaerobios facultativos, no esporulados, incapaces de producir citocromo oxidasa. Tienen la capacidad de fermentar lactosa, generando ácido, gas y aldehído a 36 ± 1 °C en un periodo de 24 a 48 horas, y algunos pueden desarrollarse en presencia de sales biliares y otros agentes tensoactivos (OMS, 1998; OPS, 2012).

  Las bacterias coliformes son utilizadas como indicadores de contaminación porque se originan en el intestino y las heces de humanos y animales, sobreviven por largos periodos en el agua y son fáciles de detectar. Para agua de consumo humano, el nivel permitido es 0 NMP/100 mL, mientras que en aguas recreacionales se admiten concentraciones superiores a 1000 NMP/100 mL. Su presencia en aguas superficiales indica contaminación fecal, ya sea por residuos humanos o animales (Romero, 1998; López et al., 2016).

- **Coliformes termotolerantes (CTT)**

  Los coliformes termotolerantes (CTT) son microorganismos capaces de sobrevivir a temperaturas elevadas, alcanzando hasta 45 °C. Este grupo está compuesto por un número reducido de especies, utilizadas como indicadores de la calidad del agua según su origen. La mayoría de los CTT corresponden a *Escherichia coli*, aunque ocasionalmente pueden encontrarse especies como *Klebsiella pneumoniae* y *Citrobacter freundii*. Estos microorganismos pueden encontrarse tanto en el ambiente (suelo, vegetación y fuentes de agua) como, en menor medida, formando parte de la microbiota intestinal (Santiago et al., 2012; Badgley et al., 2011).

De acuerdo con Aurazo (2004), la presencia de CTT indica contaminación fecal proveniente de animales o seres humanos, ya que estos microorganismos forman parte de la flora intestinal. Entre un 90 % y 100 % de los CTT presentes en las heces corresponden a *Escherichia coli*; sin embargo, en aguas residuales o contaminadas este porcentaje puede disminuir hasta aproximadamente 60 %.

- **Escherichia coli**

Escherichia coli es una bacteria perteneciente a la familia *Enterobacteriaceae*. Se caracteriza por producir la enzima β-D-Glucuronidasa, la cual degrada el sustrato 4-metilumbeliferil-β-D-glucurónico (MUG). Este microorganismo habita de forma natural en el intestino de los animales de sangre caliente y en el ser humano (APHA et al., 1989; Aurazo, 2004).

Debido a su alta especificidad como indicador, la OMS (1995) la considera un parámetro confiable para detectar contaminación fecal reciente, lo que generalmente está asociado al vertimiento de aguas residuales domésticas. La presencia de *E. coli* en el agua sugiere contaminación con materia fecal de origen humano o animal y representa un riesgo sanitario, ya que puede causar diversas enfermedades patogénicas como diarreas, náuseas, cólicos abdominales, cefaleas y otros trastornos. Este riesgo es particularmente grave en niños, lactantes y personas inmunocomprometidas (APHA et al., 1989).

Formas parasitarias

- **Género *Cryptosporidium***

  Varias especies del género *Cryptosporidium* son responsables de la criptosporidiosis, una enfermedad de transmisión fecal-oral que afecta tanto a animales como a seres humanos y que tiene una amplia distribución mundial. Las especies *C. parvum* y *C. hominis* son responsables de aproximadamente el 90 % de los casos en humanos (Tosini et al., 2010). El ciclo biológico de *Cryptosporidium* incluye fases de reproducción sexual y asexual que ocurren dentro de un único hospedero en un lapso aproximado de dos días. La transmisión se produce mediante los ooquistes, que constituyen la forma infectante del parásito, completando su propagación a través de la ruta fecal-oral (Smith y Nichols, 2010; Waldron et al., 2011).

- **Índice de calidad del agua (ICA)**

  Según De acuerdo con García (2012), un índice de calidad es un valor cualitativo expresado mediante un número adimensional que se asigna a partir de un conjunto de variables medidas y combinadas matemáticamente. En términos generales, el ICA representa el estado del recurso hídrico mediante un único valor, obtenido al integrar diferentes parámetros de calidad del agua. Su aplicación facilita una interpretación rápida y eficiente, permitiendo identificar tendencias espaciales y temporales en la calidad del agua.

  El ICA actúa como un valor sintético que resume parámetros indicativos del deterioro del recurso, posibilitando la comunicación y evaluación de la condición de los cuerpos de agua. Para su uso práctico, es necesario simplificar la gran cantidad de parámetros existentes,

seleccionando los más relevantes; sin embargo, este proceso de reducción implica la pérdida de parte de la información original (León, 2000).

- **Índice de Calidad del Agua (ICA) propuesto por Dinius (1987)**

Según León (2000), el ICA desarrollado por Dinius (1987) se construyó utilizando el método Delphi, el cual tiene como finalidad reunir las opiniones de un grupo de especialistas y minimizar los sesgos propios de la evaluación en comités. A través de la interacción y el consenso entre expertos en temas ambientales, se diseñó un ICA de tipo multiplicativo que asigna pesos específicos a doce variables fisicoquímicas y microbiológicas, definiendo límites o rangos en función del uso previsto del recurso hídrico.

Para calcular este índice, Dinius (1987) propuso una fórmula en la cual los subíndices de cada variable se multiplican, empleando los pesos correspondientes como exponentes en cada caso (León, 2000).

Fórmula 1:

$$ICA = \prod_{i=1}^{n} [Q_i^{W_i}] = (Q_1^{W_1})(Q_2^{W_2}) \dots (Q_n^{W_n})$$

Donde W_i son los pesos específicos asignados a cada parámetro (i), y ponderados entre 0 y 1, de tal forma que la sumatoria sea igual a uno. I_i es la calidad del parámetro (i), en función de su concentración y cuya calificación se encuentra entre 0 - 100. El ICA se obtendrá a través de la operación multiplicativa de las variables Q elevadas a la W,

considerando las funciones y los pesos relativos como se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1 Clasificación del ICA en función al uso recreacional

Rango ICA	Edo Símbolo	Uso recreativo
70-100	E	Cualquier tipo de deporte acuático
50-70	A	Restringir los deportes de inmersión, precaución si se ingiere dada la posibilidad de presencia de bacterias.
40-50	LC	Dudosa para contacto con el agua
30-40	C	Evitar contacto, sólo con lanchas.
20-30	FC	Contaminación visible, evitar cercanía
0-20	EC	Inaceptable para recreación.

Fuente: LEÓN (2000) adaptado de Dinius (1987)

Además de los lineamientos establecidos, es fundamental realizar un análisis individual de cada parámetro evaluado, con el propósito de identificar si el deterioro de la calidad del agua se debe a factores específicos, como el exceso de nutrientes, la disminución de oxígeno disuelto, la presencia elevada de bacterias peligrosas para la salud, entre otros. Asimismo, resulta esencial complementar esta evaluación con los valores de los límites permisibles correspondientes a los parámetros incluidos en el cálculo, así como de aquellos que no fueron considerados. Esto se debe a que es posible obtener un valor aceptable del ICA que, sin embargo, esté acompañado de concentraciones de compuestos nocivos que excedan los límites establecidos (León, 2000).

3 Selección de parámetros

De acuerdo con García (2012), la selección de variables debe realizarse eligiendo aquellas que proporcionen la mayor información

posible sobre las variaciones en la calidad del agua y su efecto en los diferentes usos del recurso. Se recomienda incluir parámetros pertenecientes a distintas categorías ambientales, de modo que se cubran todos los aspectos necesarios para identificar posibles cambios en la calidad del agua. En la siguiente tabla se presenta la clasificación de estos parámetros agrupados en cinco categorías ambientales.

Tabla 2 Variables consideradas en un ICA

Categoría	**Parámetros a considerarse**
Nivel de oxígeno	OD, DBO, DQO
Eutrofización	NO_2, NO_3, fosfatos
Aspectos de salud	Coliformes totales y fecales
Características físicas	Temperatura, transparencia, sólidos totales
Sustancias disueltas	Cloruros, sulfatos, pH, conductividad

Fuente: SAMBONI *et al.* (2007)

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Acuífero:** Formación geológica subterránea que almacena y transmite agua en cantidades significativas, utilizada comúnmente como fuente de abastecimiento (Custodio & Llamas, 2014).
- **Aguas residuales:** Líquidos generados por actividades humanas (domésticas, industriales o agrícolas) que contienen contaminantes físicos, químicos o biológicos (MINAM, 2017).
- **Amoníaco (NH_3):** Compuesto derivado de la descomposición de materia orgánica con contenido de nitrógeno; su presencia en el agua puede indicar contaminación (APHA, 2017).

- **Análisis fisicoquímico:** Evaluación de laboratorio que permite determinar las propiedades físicas y químicas del agua, tales como el pH, la conductividad, la turbidez, entre otros (APHA, 2017).
- **Bacterias coliformes:** Microorganismos indicadores de contaminación fecal potencial, cuya presencia implica riesgo sanitario en el uso del agua (OMS, 2019).
- **Calidad del agua:** Conjunto de características físicas, químicas y biológicas del agua que determinan su idoneidad para un uso específico (MINAM, 2017).
- **Conductividad eléctrica:** Capacidad del agua para conducir electricidad, relacionada directamente con la concentración de sales disueltas (iones) (APHA, 2017).
- **Contaminación:** Presencia de sustancias o agentes en el agua que alteran negativamente su composición natural y afectan su uso o a los ecosistemas (Tchobanoglous & Schroeder, 2019).
- **DBO_5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días):** Cantidad de oxígeno requerida por los microorganismos para degradar la materia orgánica presente en el agua durante cinco días a 20 °C (Romero, 1998).
- **Eutrofización:** Enriquecimiento excesivo de nutrientes en cuerpos de agua que provoca proliferación de algas, reducción de oxígeno y deterioro ecológico (Wetzel, 2001).
- **Escherichia coli:** Bacteria intestinal cuya presencia en el agua indica contaminación fecal reciente; se utiliza como indicador microbiológico en análisis de calidad (OMS, 2019).

- **Estándares de Calidad Ambiental (ECA):** Límites legales establecidos por el Ministerio del Ambiente (MINAM) para parámetros de calidad del agua según su uso (D.S. N.° 004-2017-MINAM).
- **ICA (Índice de Calidad del Agua):** Herramienta que integra varios parámetros de calidad para clasificar el estado general del agua mediante una escala numérica interpretativa (Brown et al., 1970).
- **Monitoreo:** Actividad periódica y sistemática de recolección de datos para evaluar el estado de los cuerpos de agua a través de muestreo y análisis (ANA, 2016).
- **Nitrógeno total:** Parámetro que representa la suma de todas las formas de nitrógeno presentes en el agua: amoníaco, nitratos, nitritos y compuestos orgánicos nitrogenados (APHA, 2017).
- **Oxígeno disuelto (OD):** Concentración de oxígeno molecular presente en el agua, esencial para la vida acuática y como indicador de contaminación orgánica (Díaz, 2021).
- **Parámetro:** Variable o propiedad medible utilizada para evaluar las condiciones o calidad del agua, clasificada en física, química o biológica (APHA, 2017).
- **pH:** Medida de la acidez o alcalinidad del agua, expresada en una escala de 0 a 14, donde valores inferiores a 7 indican acidez y superiores alcalinidad (APHA, 2017).
- **Protocolo de monitoreo:** Conjunto de procedimientos técnicos y estandarizados utilizados para la toma, conservación y análisis de muestras de agua (ANA, 2016).

- **Turbidez:** Grado de opacidad del agua causado por partículas en suspensión, expresada en Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT) (APHA, 2017).
- **Vertimiento:** Descarga directa o indirecta de sustancias residuales en cuerpos de agua, con potencial de afectar negativamente la calidad del recurso hídrico (MINAM, 2017).

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación empleó el método hipotético-deductivo, ya que se partió de la formulación de hipótesis basadas en antecedentes teóricos y estudios previos, las cuales fueron contrastadas mediante la recolección y análisis de datos empíricos relacionados con la calidad del agua de la quebrada El Milagro.

El **diseño metodológico** adoptado fue no experimental, de tipo descriptivo, transversal y con enfoque cuantitativo. El estudio no manipula las variables en estudio, sino que se limita a observar y medir los parámetros físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua en un momento determinado. Esta información fue comparada con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA AGUA) para uso recreacional, establecidos en la normativa nacional vigente.

El enfoque cuantitativo permitió el procesamiento estadístico de los datos recolectados, así como la aplicación del Índice de Calidad del Agua (ICA) para clasificar el estado del recurso hídrico en función de su aptitud para fines recreativos.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.

3.2.1. Población

La población, también denominada universo, estuvo constituida por la totalidad del cuerpo de agua de la quebrada El Milagro, ubicada en el caserío El Milagro, distrito de Manantay, provincia de Coronel Portillo, región Ucayali. Esta quebrada presenta

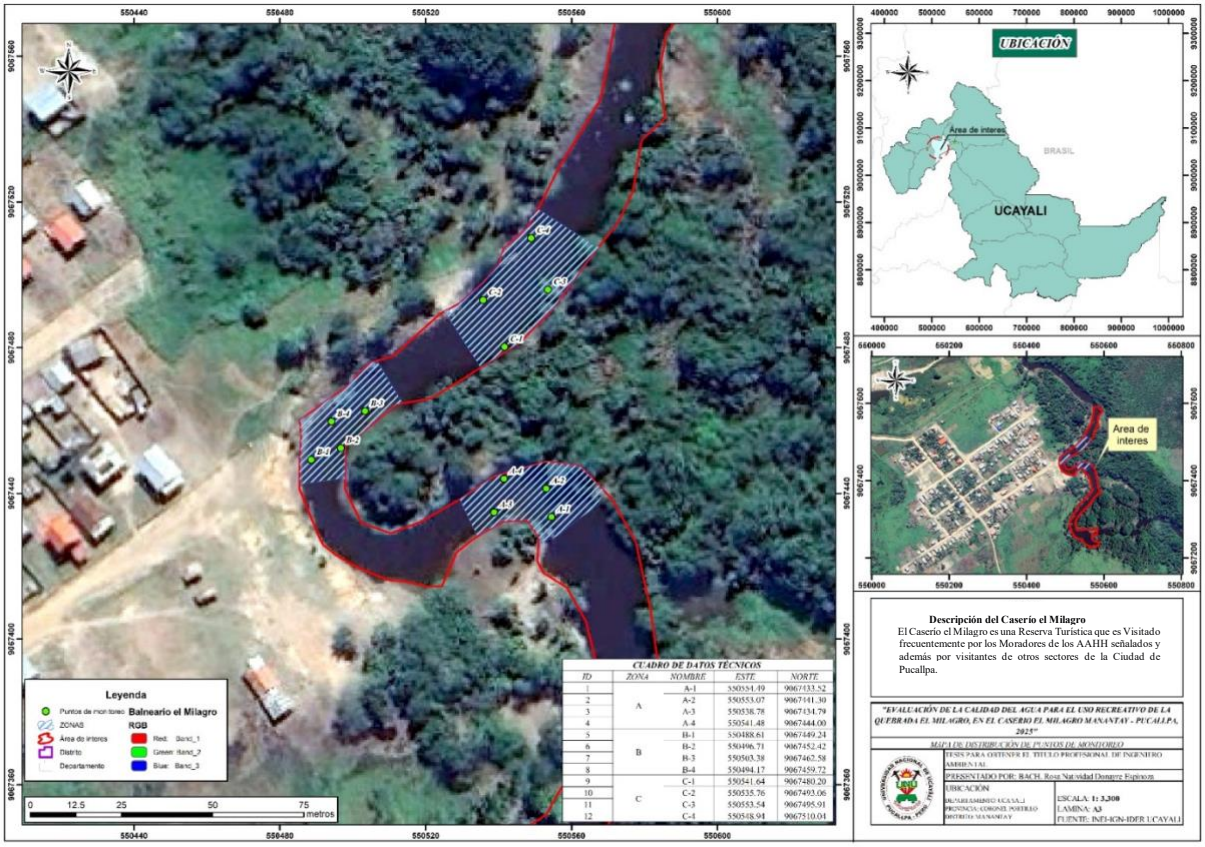
una longitud aproximada de 6.320 kilómetros y representa el contexto geográfico e hidrológico sobre el cual se desarrolló la presente investigación.

3.2.2. Muestra

Debido a limitaciones de tiempo, recursos y logística, no fue posible trabajar con la totalidad de la población, por lo que se optó por aplicar un muestreo compuesto, técnica que permite obtener resultados más representativos al combinar diversas muestras simples tomadas en distintas condiciones temporales y espaciales (ANA, 2016). La muestra estuvo conformada por 24 unidades de análisis, obtenidas mediante la recolección de agua en tres puntos de muestreo estratégicamente distribuidos a lo largo de la quebrada, separados entre sí por una distancia promedio de 1.2 kilómetros siguiendo el curso de la corriente.

En cada punto, se tomaron tres muestras simples de agua en dos horarios distintos (11:00 a. m. y 4:00 p. m.), tanto en época de creciente como en vaciante del caudal. La recolección se efectuó en dos fechas por mes (un martes y un domingo), durante los meses de mayo y julio, totalizando dos repeticiones mensuales por punto, lo cual dio como resultado un total de 24 muestras. Todas las muestras fueron debidamente etiquetadas, conservadas y enviadas a laboratorios certificados para el análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos, garantizando así la confiabilidad de los resultados.

Figura N° 1. *Mapa para la toma de muestras de agua superficial*



Fuente: Elaboración propia

3.3. PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Los procedimientos de recolección de datos se realizaron conforme al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (ANA, 2016), siguiendo criterios de representatividad, preservación y control de calidad. Las actividades comprendieron las siguientes etapas:

1. **Identificación y georreferenciación de los puntos de muestreo**

   Se seleccionaron los puntos estratégicos a lo largo de la quebrada El Milagro, considerando zonas de uso recreativo y posibles focos de contaminación. La ubicación fue registrada mediante GPS con precisión de ±5 metros.

2. **Preparación de materiales y equipos**

   Se verificó la calibración de los equipos portátiles de medición (pH-metro, turbidímetro y conductímetro) y se aseguró la esterilización del material de muestreo. Los recipientes fueron previamente enjuagados con agua destilada y con la muestra a recolectar, para evitar contaminación cruzada.

3. **Toma de muestras in situ**

   Las muestras se recolectaron manualmente a 30 cm de profundidad, evitando la remoción del fondo. Se emplearon frascos plásticos estériles de polietileno de alta densidad (HDPE) para todos los análisis (físicos, químicos y microbiológicos). El uso de frascos plásticos se justificó en función de la disponibilidad local certificada por el laboratorio EMAPACOPSA y su recomendación técnica, ya que dichos frascos fueron previamente esterilizados, sellados y certificados para uso microbiológico**,** garantizando la no adsorción de microorganismos ni alteración de resultados durante el transporte.

4. **Mediciones directas in situ**

   Se efectuaron mediciones inmediatas de parámetros como pH, temperatura, conductividad eléctrica y turbidez**,** utilizando equipos portátiles calibrados de acuerdo con los procedimientos del fabricante.

5. **Rotulación y conservación de muestras**

   Cada recipiente fue rotulado con código, fecha, hora y punto de muestreo. Las muestras se conservaron a una temperatura aproximada de 4 °C, en **hieleras térmicas con bolsas de hielo** para preservar sus características originales hasta su análisis.

6. **Transporte y cadena de custodia**

El traslado se realizó el mismo día de la recolección, garantizando el cumplimiento de la cadena de custodia según el Protocolo de la ANA (2016), para evitar alteraciones en los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos.

7. **Análisis en laboratorio**

Las muestras fueron remitidas al Laboratorio de Control de Calidad de Agua de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Coronel Portillo S.A. (EMAPACOPSA)**,** el cual cuenta con acreditación vigente y aplica métodos de análisis reconocidos por la American Public Health Association (APHA, 2017)**.**

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. Técnicas

Se aplicaron técnicas de observación directa, toma de muestras in situ y análisis de laboratorio, de acuerdo con el enfoque cuantitativo de la investigación. Estas técnicas se desarrollaron conforme a lo establecido en el **Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (ANA, 2016)** y la **Guía Técnica: Procedimiento de Toma de Muestra del Agua de Mar en Playas de Baño y Recreación (MINAM, 2018)**, la cual se adaptó metodológicamente a las condiciones de la Quebrada El Milagro, por tratarse de un estudio de uso recreativo de contacto primario. La aplicación combinada de ambos lineamientos permitió garantizar la representatividad, confiabilidad y validez de los datos obtenidos, así como prevenir la contaminación cruzada durante el muestreo.

3.4.2. INSTRUMENTOS

Los instrumentos empleados para la recolección y análisis de datos fueron los siguientes:

- Frascos plásticos estériles de polietileno de alta densidad (HDPE) de 1 litro para las muestras fisicoquímicas y microbiológicas, conforme a las especificaciones del laboratorio EMAPACOPSA, entidad acreditada encargada de los análisis. El uso de recipientes plásticos se justificó por su inercia química, resistencia a impactos y menor riesgo de rotura durante el transporte; además, el laboratorio garantizó la esterilidad y compatibilidad del material con los parámetros evaluados.
- Medidores portátiles: termómetro digital, medidor multiparamétrico (pH, conductividad y oxígeno disuelto) y turbidímetro.
- Microscopio y espectrofotómetro, para la identificación microbiológica y la determinación de parámetros químicos específicos.
- Reactivos químicos certificados, utilizados en los procedimientos de análisis de nutrientes y metales, según las normas de referencia APHA (2017).
- Software estadístico Microsoft Excel, empleado para el procesamiento, sistematización y análisis descriptivo de los resultados.

3.5. PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

Las muestras recolectadas fueron codificadas y clasificadas según zona, fecha y hora de recolección. El análisis de laboratorio se llevó a cabo bajo protocolos validados por la normativa nacional y estándares internacionales (OMS, 2017). Los resultados fueron consolidados en matrices de datos, organizados por tipo de parámetro:

- Físicos: temperatura, pH, turbidez, sólidos disueltos.
- Químicos: nitratos, nitritos, fosfatos, hierro, manganeso.
- Microbiológicos: coliformes totales, coliformes fecales.

Los datos fueron depurados para descartar valores atípicos no atribuibles al fenómeno natural y se validó su consistencia antes de proceder al análisis estadístico.

3.6. TRATAMIENTO DE DATOS

Para el análisis estadístico se utilizó el software Microsoft Excel 365. El tratamiento de los datos incluyó:

- Estadística descriptiva: cálculo de promedios, máximos, mínimos y desviaciones estándar por zona de muestreo.
- Estadística inferencial: se aplicó la prueba de correlación de Pearson (r) para identificar relaciones significativas entre parámetros y zonas de muestreo.
    - Se calculó el Índice de Calidad del Agua (ICA) bajo el modelo ICA-CCME, combinando múltiples parámetros en una única métrica, con el fin de clasificar el agua según su aptitud para uso recreativo.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados y análisis de los parámetros físicos del agua superficial de la Quebrada El Milagro

El análisis de los parámetros físicos permitió caracterizar la calidad del agua de la Quebrada El Milagro en sus tres zonas de monitoreo. Los resultados promedio se compararon con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua – Categoría 4, Subcategoría B1 (uso recreativo con contacto primario), con el propósito de evaluar su aptitud sanitaria. En la Tabla Nº 2 se presentan los valores obtenidos, junto con las medidas de dispersión y los límites de referencia normativos.

Tabla 3 Determinaciones físicas del agua superficial en la quebrada El Milagro: Promedios zonales, medidas de dispersión y comparación con los valores de referencia del ECA–Categoría B1.

ANALISIS	UNIDAD DE MEDIDA	PROMEDIO ZONA A	PROMEDIO ZONA B	PROMEDIO ZONA C	PROMEDIO	VARIANZA	DESVIACIÓN ESTANDAR	COEFICIENTE DE VARIACION	VALOR NORMATIVO ECA-B1.
Oxígeno Disuelto	mg/L	7.43	6.78	6.62	6.9433333	0.122689	0.35026974	5.0446914	**≥5**
Turbiedad	UNT	72.2	40.8	38.4	50.466667	237.1289	15.3989899	30.51319	100
Color Verdadero	UCV escala Pt/Co	296	104	98	166	8456	91.9565115	55.395489	Normal
Temperatura	°C	21.4	21.6	21.5	21.5	0.006667	0.08164966	0.3797659	Normal
Solidos disueltos totales	mg/L	34.3	34.9	32.5	33.9	1.04	1.0198039	3.0082711	500
pH	Unidad de pH	5.92	5.85	5.78	5.85	0.003267	0.05715476	0.9770045	6.0 a 9.0
Olor	Factor de dilución a 25 °C	Normal	Normal	Normal					Aceptable

Nota: La tabla N° 3 indica que los parámetros físicos del agua en la quebrada El Milagro, ubicada en el caserío El Milagro, distrito de Manantay, Pucallpa. El oxígeno

disuelto presentó un valor promedio de 6.94 mg/L, superando el mínimo establecido por el ECA-B1 (≥ 5 mg/L), lo cual indica una adecuada oxigenación del agua, compatible con la vida acuática y apta para actividades recreativas. En cuanto a la turbiedad, el promedio fue de 50.47 UNT, dentro del límite permitido (100 UNT); sin embargo, la zona A presentó un valor relativamente alto (72.2 UNT), aunque sigue siendo aceptable para recreación con contacto primario. El color verdadero alcanzó un promedio de 166 UCV, valor elevado respecto a lo considerado como visualmente normal. La zona A mostró un valor notablemente alto (296 UCV), lo que podría estar relacionado con materia orgánica en descomposición u otras fuentes contaminantes, aunque sin representar un riesgo inmediato según los valores referenciales del ECA. La temperatura del agua se mantuvo estable con un promedio de 21.5 °C, adecuada para el clima tropical de la región y sin fluctuaciones relevantes. Los sólidos disueltos totales registraron un promedio de 33.9 mg/L, muy por debajo del valor límite de 500 mg/L, lo que refleja baja presencia de sales o minerales disueltos, favorable para el uso recreativo. El pH mostró un promedio de 5.85, levemente por debajo del rango aceptable (6.0 a 9.0), lo cual indica una ligera acidez en el agua posiblemente asociada a procesos naturales o intervención antrópica, situación que debe ser monitoreada. Respecto al olor, en todas las zonas fue catalogado como normal, cumpliendo con los criterios de aceptabilidad establecidos. En cuanto al análisis estadístico, los parámetros con mayor variabilidad fueron el color verdadero y la turbiedad, evidenciado por sus altos valores de varianza y coeficiente de variación. Por otro lado, la temperatura, el pH y los sólidos disueltos totales mostraron una alta estabilidad entre las zonas evaluadas, reflejada en su baja desviación estándar. En conclusión, la calidad física del agua en la quebrada El Milagro se encuentra mayoritariamente dentro de los límites establecidos por la normativa para uso recreativo, aunque se

recomienda un seguimiento continuo, especialmente del pH y del color en la zona A, para prevenir posibles riesgos asociados a la contaminación orgánica.

4.1.1. Determinaciones Resultados y análisis de los parámetros químicos del agua superficial de la Quebrada El Milagro

El análisis químico del agua superficial de la Quebrada El Milagro permitió identificar el comportamiento de diversos compuestos inorgánicos y metales presentes en las tres zonas de estudio. Los resultados obtenidos fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua – Categoría 4, Subcategoría B1 (uso recreativo con contacto primario), establecidos por el Ministerio del Ambiente (D.S. N.º 004-2017-MINAM). En la Tabla Nº 3 se presentan los valores promedio zonales, medidas de dispersión y límites de referencia normativos.

Tabla 4 Determinaciones químicas del agua superficial en la quebrada El Milagro: Promedios zonales, medidas de dispersión y comparación con los valores de referencia del ECA–Categoría B1

ANALISIS	UNIDAD DE MEDIDA	PROMEDIO ZONA A	PROMEDIO ZONA B	PROMEDIO ZONA C	PROMEDIO	VARIANZA	DESVIACIÓN ESTANDAR	COEFICIENTE DE VARIACION	VALOR NORMATIVO ECA-B1.
Nitratos	ppm N - NO3	0.1	0.1	0.1	0.1	1.93E-34	1.3878E-17	1.388E-14	10
Nitritos	ppm N - NO2	0.001	0.001	0.001	0.001	0	0	0	1
Cloruros	ppm CL-	17.5	16.5	16.2	16.733333	0.308889	0.55577773	3.3213809	
Sulfatos	ppm SO4=	0	0	0	0	0	0	0	
Calcio	ppm CaCO3	26	28	24	26	2.666667	1.63299316	6.2807429	
METALES									
Hierro	ppm Fe	2.86	2.92	2.68	2.82	0.0104	0.10198039	3.6163259	0.3
Arsénico	ppm As	0	0	0	0	0	0	0	0.01
Manganeso	ppm Mn	0.002	0.001	0.002	0.0016667	2.22E-07	0.0004714	28.284271	0.1
Zinc	ppm Zn	0	0	0	0	0	0	0	3
Cobre	ppm Cu	0.01	0	0.01	0.0066667	2.22E-05	0.00471405	70.710678	2

Nota: La tabla N° 3 indica que el análisis químico de las aguas de la quebrada El Milagro, los valores obtenidos para los principales parámetros evaluados se encuentran, en su mayoría, dentro de los límites permitidos por la normativa ambiental peruana, salvo una excepción crítica en la concentración de hierro. Los **nitratos** presentan un valor promedio de 0.1 ppm, muy por debajo del límite establecido de 10 ppm. Este resultado indica un bajo nivel de contaminación por residuos orgánicos o fertilizantes nitrogenados. Del mismo modo, los nitritos alcanzaron una concentración uniforme de 0.001 ppm en todas las zonas, lo cual es insignificante frente al valor límite de 1 ppm y no representa ningún riesgo. Los cloruros presentan un valor promedio de 16.73 ppm. Aunque el ECA no establece un límite específico para este parámetro en la Subcategoría B, este valor se encuentra en un rango aceptable, ya que concentraciones elevadas de cloruros (usualmente por encima de 250 ppm) pueden causar efectos adversos en organismos acuáticos y en la calidad estética del agua. En cuanto a los sulfatos, el valor promedio fue de 0 ppm, lo cual indica ausencia de este ion en las muestras analizadas. Esto puede deberse a la escasa influencia de aguas residuales industriales o a condiciones naturales del entorno sin aporte significativo de compuestos sulfatados. El contenido de calcio fue de 26 ppm en promedio, lo cual sugiere una dureza baja a moderada del agua, sin riesgo para el uso recreativo, aunque tampoco existe un valor referencial específico en el ECA para este parámetro en esta categoría.

En relación con los metales, se observa una concentración promedio de hierro de 2.82 ppm, que supera ampliamente el límite permitido por el ECA-B1 (0.3 ppm). Este exceso puede deberse a procesos de lixiviación natural del suelo, actividades antrópicas cercanas o posibles descargas no controladas. Su presencia en estas concentraciones representa un riesgo para la salud en caso de contacto prolongado y

puede generar manchas, sabor metálico y problemas en la flora acuática. El arsénico, zinc y manganeso se encuentran por debajo de los límites de detección o en concentraciones muy bajas: 0 ppm para arsénico y zinc; 0.0017 ppm para manganeso, cuyo valor está muy por debajo del límite permitido de 0.1 ppm. Por tanto, estos metales no representan riesgo en este contexto. En cuanto al cobre, se registra un valor promedio de 0.0067 ppm, también muy por debajo del límite de 2 ppm. Sin embargo, se observa una alta variabilidad relativa (coeficiente de variación elevado), lo que sugiere fluctuaciones en su presencia que deben monitorearse, aunque no representan un riesgo actual. En el análisis estadístico, se identificó que los metales como cobre y manganeso presentan los coeficientes de variación más altos, indicando que sus concentraciones varían significativamente entre zonas, aunque siguen estando por debajo de los límites permisibles. En contraste, los parámetros como nitratos, nitritos, sulfatos y arsénico presentan valores constantes, con varianza y desviación estándar nula.

4.1.2. Resultados y análisis de los parámetros microbiológicos del agua superficial de la Quebrada El Milagro

El análisis microbiológico del agua superficial de la Quebrada El Milagro permitió evaluar la presencia de microorganismos indicadores de contaminación fecal y ambiental, conforme a los criterios establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua – Categoría 4, Subcategoría B1 (uso recreativo con contacto primario), según el D.S. N.° 004-2017-MINAM. En la Tabla N° 4 se presentan los valores promedio zonales, medidas de dispersión y comparación con los límites de referencia.

Nota: la tabla N° 5 indica que los resultados bacteriológicos de las muestras analizadas en la quebrada El Milagro muestran, en general, una condición favorable para el uso recreativo, cumpliendo con los valores de referencia establecidos por el

Tabla 5 Determinaciones microbiológicas del agua superficial en la quebrada El Milagro: Promedios zonales, medidas de dispersión y comparación con los valores de referencia del ECA–Categoría B1

ANALISIS	UNIDAD DE MEDIDA	PROMEDIO ZONA A	PROMEDIO ZONA B	PROMEDIO ZONA C	PROMEDIO	VARIANZA	DESVIACIÓN ESTANDAR	COEFICIENTE DE VARIACION	VALOR NORMATIVO ECA-B1.
Coliformes Totales	UFC/100 ml	182	196	172	183.33333	96.88889	9.84321537	5.3690266	
Coliformes Termotolerantes	UFC/100 ml	166	188	158	170.66667	160.8889	12.6841984	7.4321475	200
Bacterias Aerobias Mesófitas Viables	UFC/ ml	448	486	434	456	482.6667	21.9696761	4.8179114	500

ECA-B1, con algunas consideraciones importantes sobre la calidad sanitaria del cuerpo de agua. Los coliformes totales presentaron un promedio de 183.33 UFC/100 ml. Aunque el ECA no establece un valor específico para este parámetro en la Subcategoría B, su presencia es un indicador general de contaminación de origen fecal o ambiental. Si bien los valores registrados no son excesivos, su presencia constante y relativamente elevada sugiere la necesidad de mantener vigilancia, especialmente en zonas cercanas a asentamientos humanos o actividades ganaderas. Respecto a los coliformes termotolerantes, su concentración promedio fue de 170.67 UFC/100 ml, lo cual se encuentra por debajo del valor límite de 200 UFC/100 ml establecido por la normativa. Este parámetro es clave porque está directamente relacionado con la contaminación fecal reciente. Aunque los valores registrados no superan el límite, la cercanía al valor máximo (especialmente en la zona B con 188 UFC/100 ml) indica un posible riesgo sanitario si no se controla adecuadamente. En cuanto a las bacterias aerobias mesófitas viables, el promedio fue de 456 UFC/ml, dentro del límite referencial de 500 UFC/ml. Estas bacterias son indicadores de la carga microbiológica general del agua, incluyendo bacterias ambientales no necesariamente patógenas. Su concentración sugiere una calidad aceptable, aunque con una presencia microbiana notable que puede estar asociada a materia orgánica en descomposición o aguas residuales diluidas. Desde el punto de vista estadístico, se

observa que el parámetro con mayor variabilidad es el de coliformes termotolerantes, seguido por los coliformes totales, lo cual podría deberse a variaciones en el nivel de exposición a fuentes de contaminación fecal en cada zona. Aun así, los coeficientes de variación en todos los casos son moderados, lo que indica cierta homogeneidad en las condiciones bacteriológicas del agua entre zonas.

4.1.3. Determinaciones Físicas, Químicas y Bacteriológicas

Tabla del Índice de Calidad del Agua (ICA) para Zonas A, B y C usando subíndices (Iq) estimados con base en estándares conocidos (como Dinius, NSFWQI, y adaptaciones en Perú).

Cálculo del Índice de Calidad del Agua (ICA) por zona

El ICA se obtiene con la fórmula:

$$ICA = \frac{\sum Iq}{\mathrm{n}}$$

Donde:

- **Iq** = subíndice de calidad del agua para cada parámetro
- **n** = número total de parámetros evaluados (en este caso, 9)

Tabla 6 Estimación de subíndices de calidad de agua (Iq) por parámetro y zona en la quebrada El Milagro

Parámetro	Valor Zona A	Iq Aprox.	Valor Zona B	Iq Aprox.	Valor Zona C	Iq Aprox.	Observación
Oxígeno Disuelto (mg/L)	7.43	90	6.78	85	6.62	80	Excelente si OD >7, bueno si >6.5
Ph	5.92	40	5.85	35	5.78	30	Bajo pH (fuera de 6.5–8.5)
Turbidez (UNT)	72.2	25	40.8	35	38.4	40	Ideal <5-10; valores altos bajan el Iq
Temperatura (°C)	21.4	90	21.6	90	21.5	90	Dentro de rango natural
Sólidos Disueltos Totales	34.3	95	34.9	95	32.5	95	Menos de 500 mg/L es excelente
Color verdadero (Pt/Co)	296	20	104	40	98	45	Muy alto en zona A (>50 es crítico)
Nitratos (mg/L)	0.1	95	0.1	95	0.1	95	Muy por debajo del límite (<10)
Coliformes Totales (UFC/100ml)	182	60	196	55	172	65	Límite según ECA: 1000 (UFC/100 ml)

Coliformes Termotolerantes	166	60	188	55	158	65	Límite según OMS recreacional: 1000 UFC/100ml

Nota: La tabla N° 6 indica que las tres zonas de la quebrada El Milagro presentan un Índice de Calidad del Agua clasificado como *regular*. Este resultado se debe principalmente a valores ácidos de pH, turbidez moderada a alta, coliformes presentes y, especialmente en la Zona A, un color verdadero muy elevado. A pesar de que los parámetros químicos como OD, nitratos y TDS son buenos, los indicadores físicos y bacteriológicos reducen significativamente el puntaje global.

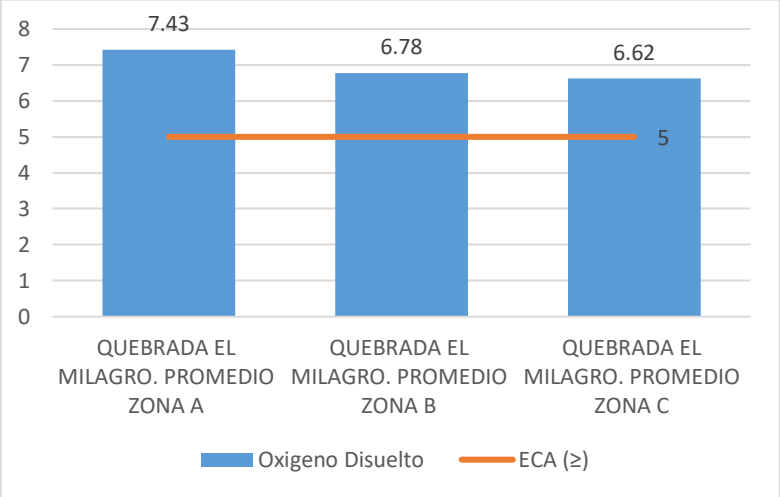
Tabla 7 Resultados del Índice de Calidad del Agua (ICA) Global por Zona en la quebrada El Milagro

Zona	ICA Global	Clasificación (NSF)
Zona A	66.85	Calidad Regular / Media
Zona B	65.65	Calidad Regular / Media
Zona C	67.95	Calidad Regular / Media

Nota: La tabla N° 7 indica que los valores del ICA Global fueron calculados a partir de los subíndices individuales por parámetro, utilizando el método de ponderación del National Sanitation Foundation Water Quality Index (NSF-WQI). La clasificación "Regular / Media" indica que el agua presenta condiciones aceptables para ciertos usos, aunque pueden requerirse medidas de mejora para fines recreativos o de consumo humano directo, especialmente debido a valores críticos como pH bajo, color elevado y presencia de bacterias coliformes.

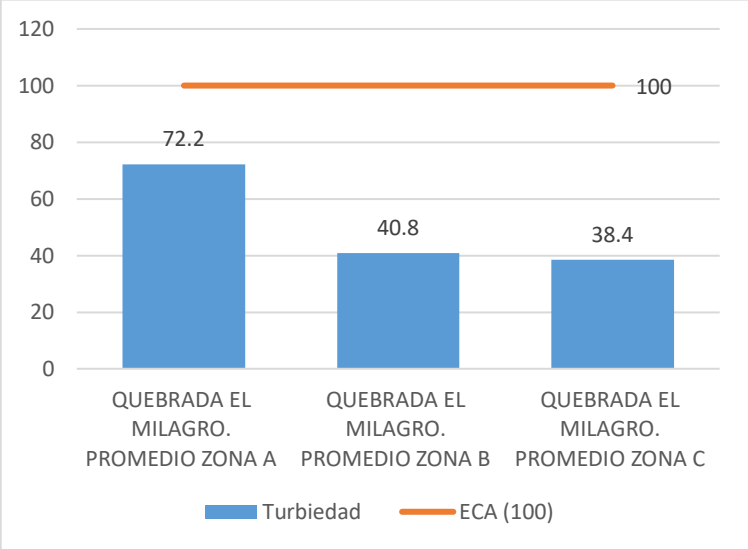
4.1.4. Gráficos de los resultados del análisis físico, químico y microbiológico

Figura 1. **Oxígeno Disuelto mg/L**



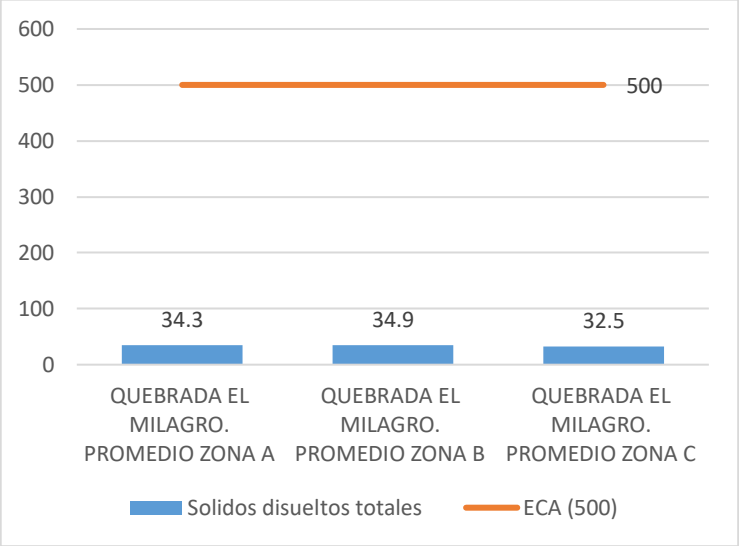
Nota: la figura presenta los niveles de oxígeno disuelto en la Quebrada El Milagro son aceptables en las tres zonas, aunque se observa una disminución en la Zona C. Es importante monitorear la Zona C para asegurar que no caiga por debajo del estándar.

Figura 2. **Turbiedad UNT**



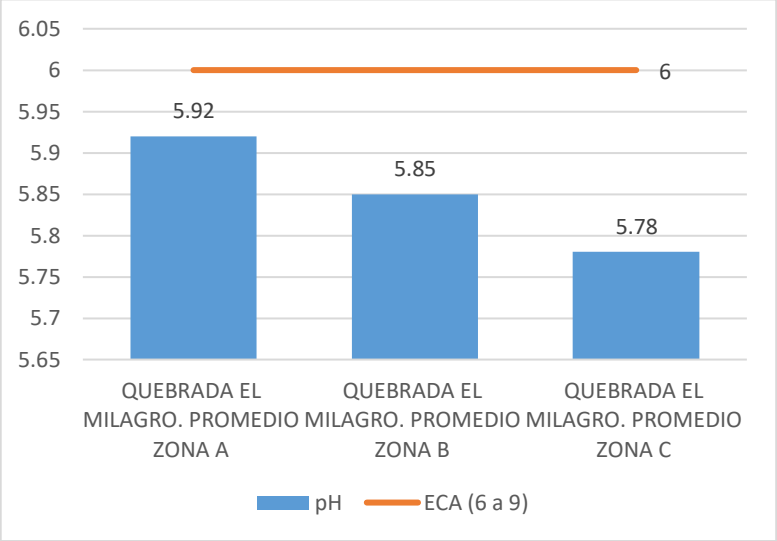
Nota: La figura presenta que todos los valores de turbiedad están dentro del límite permitido (100 UNT), por lo que el agua de la quebrada El Milagro cumple con el ECA para uso recreativo. La Zona C presenta la mayor turbiedad (72.2 UNT), aunque aún en niveles seguros. Se sugiere su monitoreo preventivo.

Figura 3. **Solidos Disueltos Totales mg/L**



Nota: la figura indica que todos los valores de sólidos disueltos totales están muy por debajo del límite permitido (500 mg/L), cumpliendo ampliamente con el ECA. Los niveles bajos y consistentes (32.5–34.9 mg/L) indican baja mineralización y ausencia de contaminación significativa.

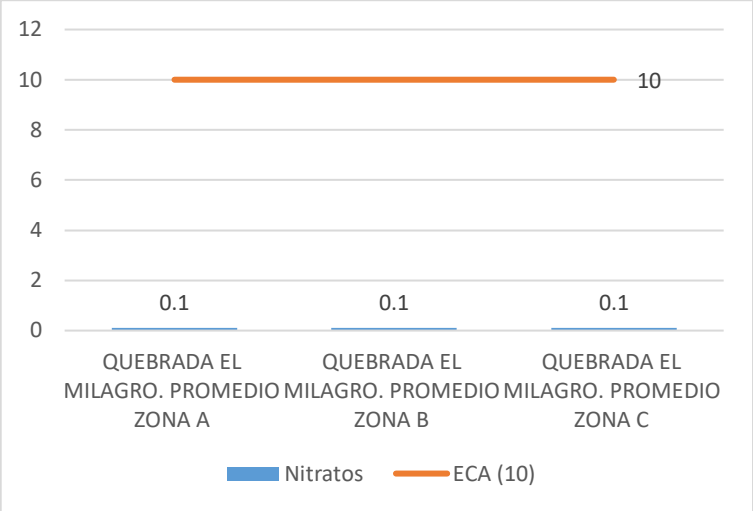
Figura 4. **pH Unidad de pH**



Nota: La figura indica que los valores de pH (5.78–5.85) están por debajo del rango permitido (6.0–9.0), indicando acidez leve pero constante en las aguas de la Quebrada

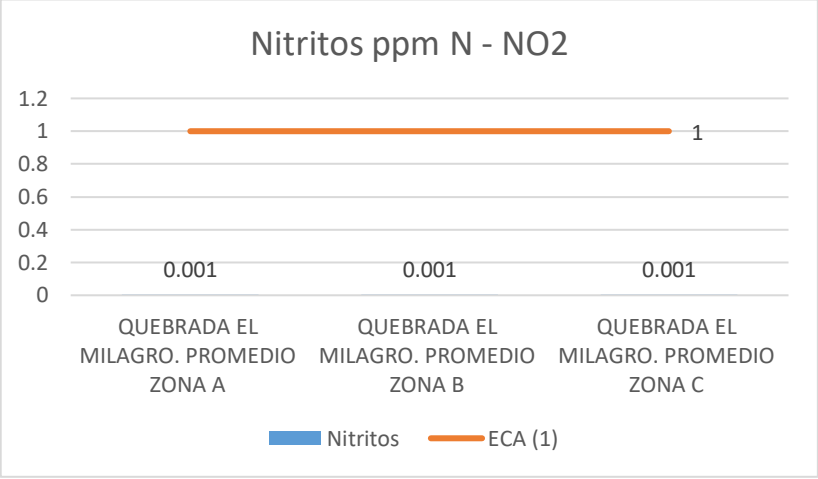
El Milagro. Esto sugiere posibles influencias naturales o antrópicas, por lo que se recomienda monitoreo regular y medidas correctivas.

Figura 5. **Nitratos (NO_3) ppm**



Nota: Los valores de nitratos (0.1 ppm) están muy por debajo del límite permitido (10 ppm), lo que indica cumplimiento total del ECA y ausencia de contaminación por fuentes antrópicas. Esto refleja una buena calidad del agua respecto a este parámetro.

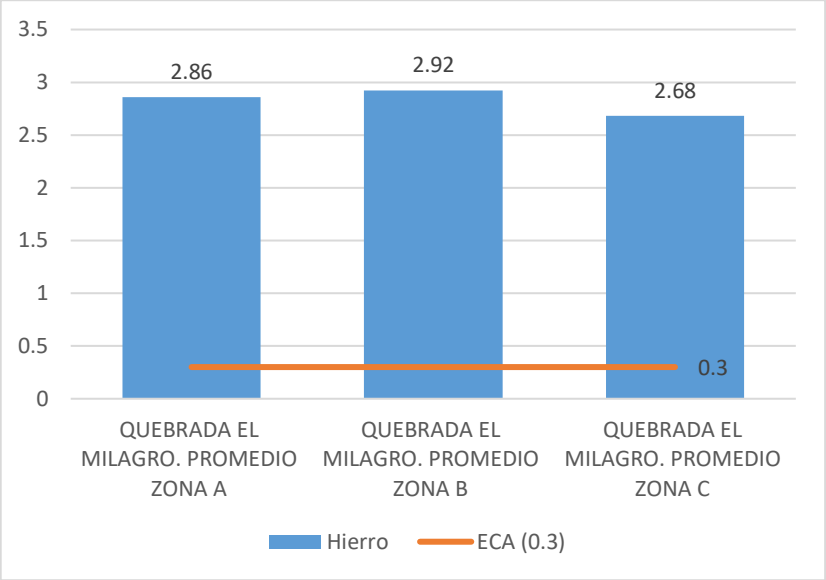
Figura 6. **Nitritos (NO_2) ppm**



Nota: la figura presenta que los valores de nitritos (0.001 ppm) están muy por debajo del límite permitido (1 ppm), lo que refleja un cumplimiento sobresaliente del ECA.

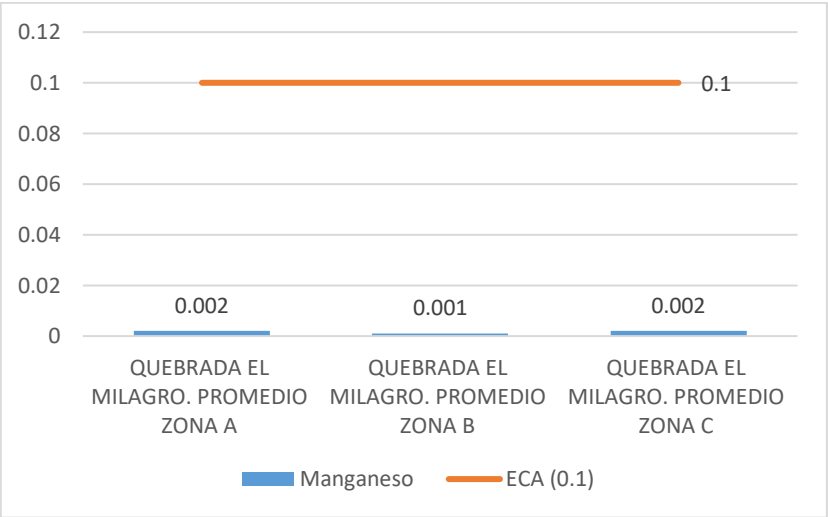
Esto indica ausencia de contaminación reciente y buen funcionamiento de los procesos naturales de depuración.

Figura 7. **Hierro (Fe) ppm**



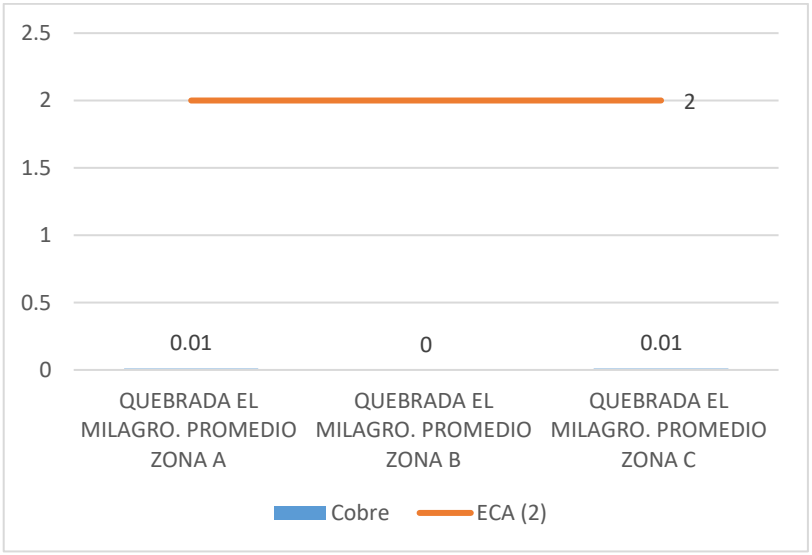
Nota: la figura presenta que los niveles de hierro superan ampliamente el límite del ECA, evidenciando contaminación significativa en todas las zonas. Esto sugiere una fuente común de origen antrópico y representa un riesgo para la salud y el ecosistema, por lo que se requiere intervención urgente.

Figura 8. **Manganeso (Mn) ppm**



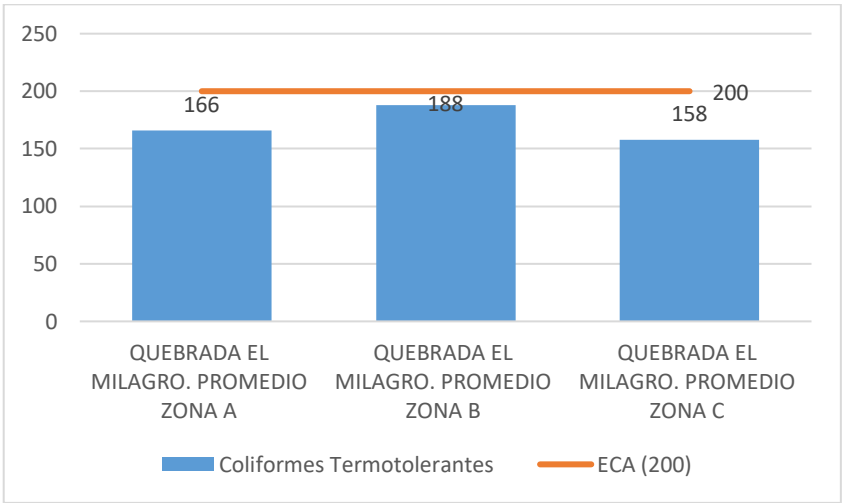
Nota: la figura presenta que los niveles de manganeso están muy por debajo del límite del ECA, lo que indica ausencia de contaminación y un origen natural, sin riesgos para la calidad del agua.

Figura 9. **Cobre (Cu) ppm**



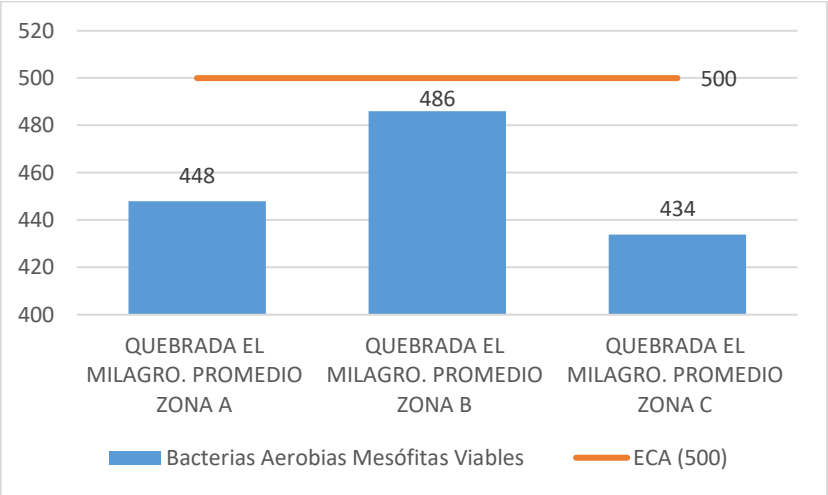
Nota: la figura indica que los niveles de cobre están muy por debajo del límite del ECA, lo que refleja una excelente calidad del agua sin indicios de contaminación ni riesgos asociados a este metal.

Figura 10. **Coliformes Termotolerantes UFC/100 ml**



Nota: la figura indica que los niveles de coliformes termotolerantes cumplen con el ECA, aunque el valor en la Zona B se aproxima al límite permitido, lo que sugiere una posible fuente de contaminación localizada. Se recomienda mantener el monitoreo constante.

Figura 11. Bacterias Aerobias Mesófitas Viables



Nota: la figura indica que los recuentos de bacterias aerobias mesófitas viables están dentro del límite permitido por el ECA, aunque la Zona B se aproxima al umbral, lo que sugiere reforzar el monitoreo. La Zona C presenta una menor carga bacteriana, lo cual es favorable.

4.2. DISCUSIÓN

Los resultados del análisis físico, químico y microbiológico del agua superficial de la quebrada El Milagro muestran, en términos generales, una calidad aceptable para cuerpos de agua dulce, aunque con algunas observaciones que ameritan atención, principalmente por su implicancia en la salud pública y el equilibrio ecológico, considerando su clasificación como agua superficial destinada al uso recreacional con contacto primario (Categoría 1 – Subcategoría B) según el MINAM (2017). En primer lugar, el oxígeno

disuelto presentó una concentración promedio de 6.94 mg/L, superando el valor mínimo establecido por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para esta subcategoría (≥5.0 mg/L) (MINAM, 2017). Este resultado es consistente con lo reportado por Mendoza et al. (2021), quienes encontraron niveles similares en cuerpos de agua no impactados significativamente por actividades antrópicas. La adecuada oxigenación puede favorecer la biodiversidad acuática y limitar la proliferación de microorganismos patógenos. No obstante, se observó un pH promedio de 5.85**,** ligeramente por debajo del límite inferior establecido por el ECA para la Subcategoría B (6.5–8.5). Esta acidez podría estar asociada a la descomposición de materia orgánica o al arrastre de suelos ácidos por escorrentía superficial. Resultados similares fueron registrados por Castillo y Ramírez (2020) en microcuencas amazónicas con cobertura vegetal intermedia. Un pH bajo puede alterar la solubilidad de metales, afectando la biota acuática (Rivera & Gómez, 2022), y comprometiendo el uso recreativo seguro del recurso, ya que puede causar irritación en ojos y mucosas humanas. En cuanto al color verdadero**,** especialmente en la zona A (296 UCV), se identificó un valor elevado, lo que afecta negativamente las características estéticas del agua. Aunque el ECA no establece un límite específico para este parámetro en aguas recreativas, un color elevado suele estar vinculado a la presencia de ácidos húmicos, taninos u otros compuestos orgánicos derivados de procesos naturales (Quispe et al., 2023). Estas alteraciones visuales pueden reducir el atractivo recreativo y señalar la presencia de materia orgánica disuelta que, en algunos casos, puede favorecer la proliferación microbiana.

El análisis químico reveló concentraciones muy bajas de nitratos, nitritos y sulfatos**,** lo que sugiere una baja carga contaminante de origen agrícola o

doméstico. Esto coincide con lo reportado por Vargas et al. (2022), quienes observaron resultados similares en cuerpos de agua con escasa intervención antrópica. Además, el contenido de sólidos disueltos totales (SDT) fue inferior a 50 mg/L, lo que refleja una mineralización baja y una buena calidad fisicoquímica. Sin embargo, se detectó una concentración de hierro total de 2.82 mg/L**,** superando ampliamente el valor máximo permitido por el ECA para la Subcategoría B (0.3 mg/L). Este hallazgo representa un potencial riesgo tanto para la salud humana durante actividades recreativas (por efectos dermatológicos o ingestión accidental), como para el ecosistema acuático. Alarcón et al. (2021) argumentan que valores altos de hierro pueden derivar de procesos naturales de lixiviación geológica, pero también de actividades humanas mal gestionadas, como la urbanización sin infraestructura de saneamiento.

Respecto al análisis microbiológico, la presencia de coliformes totales y termotolerantes fue constante en las tres zonas, aunque no superó los límites del ECA para recreación (1,000 NMP/100 mL para coliformes termotolerantes)**.** No obstante, su presencia indica una posible contaminación fecal puntual o intermitente, derivada de la fauna silvestre, escorrentía con residuos orgánicos o uso humano del entorno. Rodríguez et al. (2020) sugieren que los coliformes termotolerantes son un buen indicador temprano de contaminación microbiológica con riesgo sanitario. En contraste, la presencia de bacterias mesófilas aeróbicas dentro de rangos aceptables sugiere que el sistema aún posee mecanismos de autorregulación biológica.

Por último, el Índice de Calidad del Agua (ICA) obtenido (entre 65.65 y 67.95) clasifica al agua de la quebrada como de calidad media o regular**,**

compatible con ciertos usos recreativos bajo vigilancia. Este nivel de calidad coincide con lo señalado por Fernández et al. (2021), quienes evaluaron cuerpos de agua en zonas de transición urbano-rural, donde se mantienen condiciones aceptables, aunque con signos de presión ambiental creciente. En síntesis, aunque la quebrada El Milagro mantiene condiciones fisicoquímicas y microbiológicas razonablemente aceptables para uso recreativo, hay indicadores que requieren especial atención: el pH ácido**,** la elevada concentración de hierro y la presencia de coliformes**.** Estos factores pueden comprometer tanto la salud de los usuarios como el equilibrio del ecosistema. Por ello, se recomienda reforzar el monitoreo, aplicar planes de educación ambiental para la población local y establecer medidas preventivas y correctivas frente a posibles fuentes de contaminación.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La evaluación integral de la calidad del agua de la quebrada El Milagro, ubicada en el caserío El Milagro – Manantay, Pucallpa, durante el año 2025, permitió establecer que el recurso hídrico presenta una calidad media o regular para su uso recreativo con contacto primario, según los estándares establecidos en los ECA para agua – Categoría 1, Subcategoría

B. Sin embargo, se identificaron ciertos parámetros fuera de los límites normativos que podrían representar un riesgo potencial para la salud pública y la sostenibilidad ambiental.

- Los análisis realizados evidenciaron que, si bien la mayoría de los parámetros físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos se encuentran dentro de los rangos aceptables, algunos como el pH (promedio de 5.85) y el hierro total (2.82 mg/L) superan los límites permitidos para uso recreativo. Además, la presencia de coliformes termotolerantes, aunque dentro del umbral normativo, sugiere contaminación fecal intermitente. Estas alteraciones podrían estar relacionadas con fuentes de contaminación como escorrentía superficial, actividades humanas cercanas, residuos orgánicos y presencia de fauna silvestre.
- Al comparar los resultados obtenidos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 1, Subcategoría B, se determinó que los parámetros oxígeno disuelto, sólidos disueltos totales, nitratos, nitritos y sulfatos cumplen con los valores establecidos. Sin embargo, el pH y el hierro total exceden los límites permisibles, lo que implica la necesidad de aplicar medidas correctivas y monitoreos periódicos para mitigar posibles riesgos al uso recreativo del agua.
- El cálculo del Índice de Calidad del Agua (ICA) arrojó valores entre 65.65 y 67.95, lo que clasifica la calidad del agua como media o regular, según la escala de categorización del índice. Esta clasificación indica que el agua es potencialmente apta para uso recreativo, pero requiere acciones de prevención y control ambiental, así como seguimiento continuo, para evitar su progresivo deterioro.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar un programa de monitoreo ambiental continuo en la quebrada El Milagro, que permita vigilar la evolución de la calidad del agua para uso recreativo. Este monitoreo debe considerar épocas de lluvia y estiaje, con el fin de identificar patrones estacionales de contaminación. Asimismo, se sugiere involucrar a las autoridades locales y a la comunidad en actividades de sensibilización sobre la importancia de conservar los cuerpos hídricos.
- Dado que se identificaron parámetros alterados como el pH y el hierro total, se recomienda realizar un estudio hidrogeoquímico más detallado para determinar el origen de estos contaminantes. Igualmente, se deben aplicar medidas de control frente a fuentes de contaminación identificadas, como vertimientos domésticos no tratados, acumulación de residuos sólidos y actividades agrícolas cercanas, mediante estrategias de gestión integrada del recurso hídrico (Mendoza et al., 2021).
- Para garantizar el cumplimiento de los ECA para uso recreativo, se propone instalar infraestructura básica de saneamiento ambiental, como baños ecológicos y puntos de recolección de residuos sólidos en las zonas aledañas a la quebrada. Además, se recomienda que las entidades competentes (como la Autoridad Nacional del Agua y la Municipalidad de Coronel Portillo) desarrollen campañas educativas y de fiscalización (Torres & Ramírez, 2023).
- Considerando que el Índice de Calidad del Agua (ICA) es “regular”, se sugiere realizar acciones correctivas preventivas como la reforestación de la ribera, control del ingreso de animales al cuerpo de agua y regulación del uso recreativo intensivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACONSA. (2023). *Parámetros físicos de calidad del agua.* Madrid - España.

Alava, M. (2021). *Evaluación de la calidad del agua para consumo humano en la cuenca baja del rio Lelía (Santo Domingo de los Tsáchilas – Ecuador).* Ecuador : Las Ciencias .

Alvarez, H. (2021). *Evaluación de calidad del agua en la Quebrada Jui, afluente del río Sinú, Colombia.* COLOMBIA: Revista U.D.C.A.

BALEARS. (2024). Los Nitratos en el agua de Consumo. *Salud Ambiental* , 8.

CALDERON, L. M. (2025). *"Evaluación de los parámetros Fisicoquímicos para determinar la calidad del agua con fines recreacionales y percepción de la población sobre la situación actual en el sector la Restinga, Laguna de Yarinacocha, Región Ucayali"* . Pucallpa - Peru : Universidad Nacional de Ucayali .

Castro Solórzano, F. A. (2022). *Desarrollo en la Optimizacion de la red de agua Potable del sector urbano de la ciudad de Latacunga* . Ecuador .

Diagnora Brito, J. (2020). *ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE LA LAGUNA GRANDE, PARROQUÍA LA PICA, MATURÍN - ESTADO MONAGAS, VENEZUELA.* Maturin - Venezuela : Universidad de Oriente, Venezuela.

DIGESA. (2023). *DIGESA hace reflexión sobre la importancia de contar con agua para consumo humano y recreacional de calidad.* Lima - Perú .

Duran, T. (2022). *CALIDAD DEL AGUA PARA USO RECREATIVO DEL RIO BARRANCO CENTRO POBLADO SUTE.* Tingo Maria - Peru .

Escobar, S. (2022). *Calidad fisicoquímica del agua de la laguna colta. chimborazo, Ecuador.* Cimborazo- Ecuador : Investigacion y desarrollo.

HANNA INSTRUMENTS. (25 de Agosto de 2024). *Demanda quimica de oxigeno* . Obtenido de https://www.hannacolombia.com/blog/post/587/que-es-la-demanda-quimica-oxigeno#:~:text=La%20Demanda%20Qu%C3%ADmica%20de%20Ox%C3%ADgeno%20(DQO)%20es%20un%20par%C3%A1metro%20que,(mg%20O2%2Fl).

HERNANDEZ. (2019). *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION* . MEXICO.

ICAHUATE, E. J. (2023). *"Evaluación de los parámetros fisicoquímicos para determinar la calidad de agua, en la laguna de Yarinacocha, en la Amazonia Peruana."* . PUcallpa - Peru : UNIA.

Lloclla Rosillo, P. D. (2020). *"Evaluación de la calidad del agua del río Uquihua, en uso como aguas recreativas Rioja – San Martín"* . San Martin - Peru: San Marcos .

Marín, G. N. (2020). "Calidad de agua para uso recreativo del Río Ctalamochita en Villa María, Córdoba, Argentina" . *Tecnologia y Ciencias del Agua* , 32.

MINAM. (2017). *Evaluacion para la Calidad de Aguas Superficiales* . Lima _ Peru.

MINAN. (2017). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.* LIma - Peru .

OMS. (2021). *La OMS publica las Directrices sobre la calidad del agua para usos recreativos.* Ginebra - Suiza .

Pérez-López, M. (2022). "La calidad del agua como determinante de la salud en comunidades rurales". *Revista Internacional de Salud Pública*.

Reyna Garrido, O. A. (2021). *"Monitoreo de la calidad del agua en la ciudad de Pucallpa".* Pucallpa - Peru : EMAPACOPSA.

Ríos-Tobón, S. (2020). *Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano.* Colombia .

Rivero, C. (2019). *Analis de la calidad del agua para uso recreacional en la microcuenca del Arroyo Cuñapari(Rivera, Uruguay).* Uruguay : Libero Americana .

Ruiz Alania, E. Y. (2022). *Análisis fisicoquímico y microbiológico de la calidad del agua para consumo humano del Centro Poblado de Buena Vista, Distrito De*

Pozuzo, Provincia De Oxapampa - Perú, 2021. Oxapampa-Perú : Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

Uchupaille, L. A. (2020). *Análisis microbiológico y físico-químico, del agua tratada en la parroquia Sinaí del cantón Morona.* Morona Santiago - Ecuador: Ciencias Quimicas.

Vidal, L. (2020). *"Calidad del agua de suministro y salud humana en la microcuenca del río Carrizal. Factibilidad de un prototipo de potabilización".* . Peru : San Marcos .

Vilcahuaman, M. C. (2020). *Análisis fisicoquímico y microbiológico para la evaluación de la calidad del agua de mina de drenajes efluentes de la estación 2210 CÍA Minera Casapalca S. A.* Huancayo - Perú : Universidad Continental .

ANEXOS

Anexo 1: Ficha de Muestreo de Agua – Quebrada El Milagro

Ítem	Descripción
Código del Punto	M1
Ubicación	Caserío El Milagro, distrito de Manantay, provincia de Coronel Portillo, Ucayali
Fecha de Muestreo	20 de mayo de 2025
Hora de Muestreo	10:00 a.m. – 12:00 m.
Coordenadas UTM	18L 568923E – 9276234N
Coordenadas Geográficas	Latitud: -8.436877 / Longitud: -74.540673
Tipo de Cuerpo de Agua	Quebrada (agua superficial natural)
Tipo de Muestreo	Puntual – Estratificado
Condiciones Climáticas	Soleado, sin lluvias las últimas 24 horas
Categoría ECA	Categoría 4 – Conservación del ambiente acuático
Instrumentos Utilizados	Termómetro digital, pH-metro portátil, turbidímetro, frascos esterilizados
Parámetros In Situ	Temperatura, pH, Turbidez

Observaciones Generales	Presencia de bañistas, residuos orgánicos visibles en la orilla, actividad agrícola cercana.
Personal Responsable	Rosa Natividad Donayre Espinosa

Anexo 2. Clasificación del ICA en función al uso recreacional

Rango ICA	Edo Símbolo	Uso recreativo
70-100	E	Cualquier tipo de deporte acuático
50-70	A	Restringir los deportes de inmersión, precaución si se ingiere dada la posibilidad de presencia de bacterias.
40-50	LC	Dudosa para contacto con el agua
30-40	C	Evitar contacto, sólo con lanchas.
20-30	FC	Contaminación visible, evitar cercanía
0-20	EC	Inaceptable para recreación.

Fuente: LEÓN (2000) adaptado de Dinius (1987)

Anexo 3: Resultados de análisis de parámetros por la empresa EMAPACOPSA

EMAPACOP S.A.
EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE CORONEL PORTILLO S.A.

"AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA"

#EPS en RAT

REPORTE DE MUESTRA DE AGUA

I.- INFORMACION GENERAL

Solicitante	Rosa Natividad Donayre Espinoza
Ubicación	Muestra N°02 - Quebrada El Milagro de Manantay
Muestreado por	Solicitante
Fecha de Muestreo	15 de Junio del 2025 / 10:55 AM
Fecha de análisis	15 de Junio del 2025 / 15:40 PM

II.- DETERMINACIONES FISICAS

Análisis	Unidad de Medida	L.M.P.	Muestra N°02 - Quebrada El Milagro de Manantay
Oxigeno Disuelto	mg/L	6≥	6.780
Turbiedad	UNT	≤ 5	40.800
Color Verdadero	UCV escala Pt/Co	15	104
Temperatura	°C	-	21.600
Conductividad	µmho/cm *	1,500	69.200
Sólidos disueltos totales	mg/L	1,000	34.900
pH		6.50 - 8.50	5.850
Salinidad	ppt	0.90	0.030

III.- DETERMINACIONES QUIMICAS

Análisis	Unidad de Medida	L.M.P.	Muestra N°02 - Quebrada El Milagro de Manantay
Dureza	ppm $CaCO_3$	500.00	-
Cloro Residual	ppm Cl	> 0,5	-
Nitratos	ppm N - NO_3	50.000	0.100
Nitritos	ppp N - NO_2	3.000	0.001
Cloruros	ppm CL-	250.000	16.500
Sulfatos	ppm SO4=	250.000	0.000
Calcio	ppm $CaCO_3$	150.000	28.000
METALES			
Hierro	ppm Fe	0.300	2.920
Arsénico	ppm As	0.010	0.000
Manganeso	ppm Mn	0.400	0.001
Zinc	ppm Zn	3.000	0.000
Sodio	ppm Na	200.000	-
Cobre	ppm Cu	2.000	0.000

IV.- DETERMINACIONES BACTERIOLOGICAS

Análisis	Unidad de Medida	L.M.P.	Muestra N°02 - Quebrada El Milagro de Manantay
Coliformes Totales	UFC/100 ml	0	196.000
Coliformes Termotolerantes	UFC/100 ml	0	188.000
Bacterias Aerobias Mesófitas Viables	UFC/ml	500	486.000

NOTA.-

L.M.P.: Limites Máximos Permisibles, para agua de consumo humano.

Basado en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA.

(*) : La conductancia medida a 25 °C.

Anexo 4: Resultados de análisis EMAPACOPSA

EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE CORONEL PORTILLO S.A.

"AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA"

RAI

REPORTE DE MUESTRA DE AGUA

I.- INFORMACION GENERAL

Solicitante	Rosa Natividad Donayre Espinoza
Ubicación	Muestra N°01 - Quebrada El Milagro de Manantay
Muestreado por	Solicitante
Fecha de Muestreo	15 de Junio del 2025 / 08:25 AM
Fecha de análisis	15 de Junio del 2025 / 10:40 AM

II.- DETERMINACIONES FISICAS

Análisis	Unidad de Medida	L.M.P.	Muestra N°01 - Quebrada El Milagro de Manantay
Oxigeno Disuelto	mg/L	6≥	7.430
Turbiedad	UNT	≤ 5	72.200
Color Verdadero	UCV escala Pt/Co	15	296
Temperatura	°C	-	21.400
Conductividad	µmho/cm *	1,500	68.400
Sólidos disueltos totales	mg/L	1,000	34.300
pH		6.50 - 8.50	5.920
Salinidad	ppt	0.90	0.030

III.- DETERMINACIONES QUIMICAS

Análisis	Unidad de Medida	L.M.P.	Muestra N°01 - Quebrada El Milagro de Manantay
Dureza	ppm $CaCO_3$	500.00	-
Cloro Residual	ppm Cl	> 0,5	-
Nitratos	ppm N - NO_3	50.000	0.100
Nitritos	ppp N - NO_2	3.000	0.001
Cloruros	ppm CL-	250.000	17.500
Sulfatos	ppm SO4=	250.000	0.000
Calcio	ppm $CaCO_3$	150.000	26.000
METALES			
Hierro	ppm Fe	0.300	2.860
Arsénico	ppm As	0.010	0.000
Manganeso	ppm Mn	0.400	0.002
Zinc	ppm Zn	3.000	0.000
Sodio	ppm Na	200.000	-
Cobre	ppm Cu	2.000	0.010

IV.- DETERMINACIONES BACTERIOLOGICAS

Análisis	Unidad de Medida	L.M.P.	Muestra N°01 - Quebrada El Milagro de Manantay
Coliformes Totales	UFC/100 ml	0	182.000
Coliformes Termotolerantes	UFC/100 ml	0	166.000
Bacterias Aerobias Mesófitas Viables	UFC/ml	500	448.000

NOTA.-

L.M.P.: Limites Máximos Permisibles, para agua de consumo humano.

Basado en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA.

(*) : La conductancia medida a 25 °C.

Anexo 5: Panel fotográfico



Figura 12. Muestras recolectadas en un cooler



Figura 13. Toma de muestras Laguna el Milagro



Figura 14. Muestra colectada



Figura 15. Muestra de la orilla de la laguna



Figura 16. Muestra zona profunda de la laguna



Figura 17. Muestra por el centro de la laguna



Figura 18. Muestra de agua de la laguna



Figura 19. Vista panorámica de la laguna el milagro