

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE AGRONOMIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL



TESIS

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA ACTIVIDAD MINERA EN LA CALIDAD DE AGUA DE LAS QUEBRADAS DEL DISTRITO DE CAMANTI - QUISPICANCHI - CUSCO, 2023.

PRESENTADO POR:

Br. GISELA QUISPE MENDOZA
Br. ERIKA ELIZA YUCRA CHOQUE

**PARA OPTAR EL TITULO
PROFESIONAL DE INGENIERO
FORESTAL**

ASESOR:

DR. DAVID ORLANDO GONZALES
GAMARRA

MADRE DE DIOS – PERU

2026



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el Asesor DAVID ORLANDO GONZALEZ GAMARRA
..... quien aplica el software de detección de similitud al
trabajo de investigación/tesis titulada: EVALUACION DEL EFECTO DE LA ACTIVIDAD
MINERA EN LA CALIDAD DE AGUA DE LAS QUEBRADAS DEL
DISTRITO DE CAMANTI - QUISPICANCHIS CUSCO, 2023

Presentado por: QUISPE MENDOZA GISELA DNI N° 74606510;
presentado por: YUCRA CHOQUE ERIKA S/IA DNI N°: 70938444
Para optar el título Profesional/Grado Académico de INGENIERO FORESTAL

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el
Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de**
Similitud en la UNSAAC y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 4%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	☒
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	☐
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	☐

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 03 de AGOSTO de 2026


Firma

Post firma DAVID ORLANDO GONZALEZ GAMARRA

Nro. de DNI 23872153

ORCID del Asesor 0000-0002-3985-261X

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: oid: 27259;614645461

TESIS_GISELA Y ERIKA.docx



Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:611645461

Fecha de entrega

31 jul 2026, 6:05 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

31 jul 2026, 6:40 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

TESIS_GISELA Y ERIKA.docx

Tamaño del archivo

34.6 MB

160 páginas

32.713 palabras

197.456 caracteres

4% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)
- Trabajos entregados
- Fuentes de Internet
- Base de datos de Crossref

Exclusiones

- N.º de fuentes excluidas
- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 0%  Fuentes de Internet
- 4%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación, primeramente, a mi Señor “Dios”, quien ha sido mi guía, mi fortaleza y mi luz en los momentos más difíciles. A mis amados padres, **Marco A. Quispe y Rosa Mendoza**, por su amor inmenso, su sacrificio y por enseñarme a nunca rendirme. A mis hermanos Lourdes, Joaquín y Marco, y a mi pequeña adorada sobrina Sofía Ailani, por llenarme de fuerza, esperanza y motivos para seguir adelante. Y a mis amigos, por su compañía sincera, sus palabras de aliento y su apoyo cuando más lo necesité. A todos ustedes, que son mi refugio y mi mayor impulso, les entrego este logro con todo mi corazón.

Gisela Quispe Mendoza

A Dios y al Señor de Qoyllurit'i, fuente de mi fe, fortaleza y esperanza, por iluminar mi camino, sostenerme en los momentos de dificultad y concederme la sabiduría, la perseverancia y la fuerza necesarias para no rendirme jamás. En cada desafío sentí su presencia y su infinita misericordia, guiando mis pasos hasta hacer posible el cumplimiento de este sueño.

A mi querido padre, que hoy descansa en el cielo, por su amor, sus enseñanzas y los valores que sembró en mi vida. Aunque ya no esté físicamente conmigo, su recuerdo ha sido la inspiración que me impulsó a seguir adelante.

A mi querida madre, **Timotea Choque Ramos** por su amor incondicional, su sacrificio, su fortaleza y su apoyo constante. Gracias por creer siempre en mí y por ser el pilar fundamental que hizo posible este logro.

A mi familia, por su apoyo incondicional en cada paso de este camino. Este logro también les pertenece, porque es el reflejo de su amor y la fe que siempre depositaron en mí.

Erika Eliza Yucra Choque

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, por brindarnos la oportunidad de formarnos profesionalmente y por ser el espacio donde adquirimos los conocimientos, valores y herramientas que hicieron posible el desarrollo de esta investigación.

A nuestro asesor de tesis: Dr. David Gonzales Gamarra por aportar a la realización del presente estudio.

Al Centro Amazónico de Educación Ambiental e Investigación – ACEER, por brindarnos las facilidades y el apoyo necesario para llevar a cabo nuestra investigación. Nuestro especial agradecimiento al Ing. Therany Gonzales Ojeda, investigador responsable del proyecto de educación ambiental *“Paquete de Hojas: Ecología de Quebradas”*, cuya guía, conocimientos y compromiso fueron fundamentales para el desarrollo y fortalecimiento de este estudio.

Al laboratorio del Centro Amazónico de Educación Ambiental e Investigación – ACEER, por brindarnos el acceso a sus instalaciones y equipos, los cuales fueron fundamentales para el desarrollo y la culminación de esta tesis

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE.....	3
RESUMEN	12
ABSTRACT.....	13
INTRODUCCION	14
I. Planteamiento del Problema.....	15
1.1. Determinación del Problema.....	15
1.2.1. Problema General.....	17
1.2.2. Problemas Específicos	17
1.3. Objetivos de la Investigación.....	18
1.3.1. Objetivo General.....	18
1.3.2. Objetivos Específicos.....	18
1.4. Hipótesis	18
1.4.1. Hipótesis General.....	18
1.4.2. Hipótesis Especifico.....	19
1.5. Justificación	20
1.5.1 Justificación Ambiental	20
1.5.2. Justificación Económica	20

1.5.3. Justificación Social	20
II. MARCO TEORICO.....	21
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	21
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	21
2.1.2. Antecedentes Nacionales	24
2.1.3. Antecedentes Locales.....	26
2.2. Base Teórico	30
2.2.1. Minería.....	30
2.2.2. La Actividad Minera Fluvial y su Problemática Ambiental	30
2.2.3. Teoría del Continuo Fluvial	31
2.2.4. Paquetes de hojas (Leaf packs) como método de muestreo de macroinvertebrados acuáticos	32
2.2.5. Impacto Ambiental.....	33
2.2.6. Contaminación del Agua.....	34
2.2.7. Calidad de Agua.....	35
2.2.8. Influencia de la actividad minera sobre la calidad del agua	35
2.2.9. Bioindicadores	37
2.2.10. Macroinvertebrados Acuáticos	38
2.2.11. Principales Ordenes de Macroinvertebrados Acuáticos Comunes.	38
2.2.12. Influencia de la actividad minera sobre los macroinvertebrados acuáticos ..	41

2.2.13. Índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera).....	43
2.2.14. Índice BMWP'-CR (Biological Monitoring Party modificado para-Costa Rica).....	45
2.2.15. Índice de Simpson.....	46
2.2.16. Índice de Shannon.....	47
2.2.17. Parámetros fisicoquímicos	47
2.2.18. Ecosistemas loticos	52
2.2.19. normativa ambiental peruana.....	54
2.3. Marco conceptual.....	55
2.3.1. Actividad Minería	55
2.3.2. Calidad de agua.....	55
2.3.3. Bioindicadores	56
2.3.4. Macroinvertebrados bentónicos	57
2.3.5. Diversidad biológica	57
2.3.6. conductividad eléctrica	57
2.3.7. PH	57
2.3.8. Índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera).....	57
2.3.9. Índice de Shannon – Wiener (H').....	58
2.3.10. Índice BMWP'-CR (Biological Monitoring Working Party – adaptado).	58
2.3.11. Índice de Dominancia de Simpson	59

2.4. Lugar de Ejecución de Trabajo de Investigación.....	59
2.4.1. Ámbito de estudio	59
2.4.2. Limites	59
2.4.3. Altitud	60
2.4.4. Superficie	60
2.4.5. Clima.....	60
2.4.6. Temperatura	60
2.4.7. Ubicación geográfica	61
2.4.8. Periodo de Investigación.....	61
2.4.9. Ubicación de las Quebradas del Estudio.....	61
III. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION	63
3.1. Operacionalización de Variables.	63
3.2. Diseño de Investigación.....	64
3.3. Tipo de Investigación.....	65
3.4. Población y Tamaño de Muestra.....	65
3.4.1. Población.....	65
3.4.2. Tamaño de muestra.	66
3.4.3. Criterios de inclusión y exclusión de las quebradas	67
3.5. Materiales y equipos	68
3.6. Técnicas e instrumentos de colecta de datos.....	70

3.7. Procedimiento de la investigación	70
3.7.1. Fase de pre – campo.....	70
3.7.2. Fase de Campo.....	72
3.7.3. Fase de post- campo.....	74
IV. RESULTADOS.....	79
4.1. Resultados respecto a los objetivos específicos.....	79
4.1.1. Resultado respecto al primer objetivo específico	79
4.1.2. Resultado respecto al segundo objetivo específico.....	86
4.1.3. Resultado respecto al tercer objetivo específico.....	92
4.2. Resultados respecto al objetivo general.....	96
V. DISCUSIÓN	104
VI. CONCLUSIONES	109
VII.RECOMENDACIONES.....	112
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	115
IX. ANEXO	120
Anexo 1: Matriz de consistencia.....	120
Anexo 2: Ficha de campo	122
Anexo 3: Identificación de factores contaminantes en el distrito de Camanti - Quincemil.	123
Anexo 4 Remosion de los suelos para la actividad minera en uno de los sectores del distrito de Camanti - Quincemil.....	123

Anexo 5. Identificación de la quebrada pan de azúcar para su evaluación en el distrito de Camanti- Quincemil.	124
<i>Anexo 6:</i> Identificación de la Quebrada San Ramon para su evaluación en el distrito de Camanti - Quincemil.	124
Anexo 7: Identificación de la Quebrada Magdalena para su evaluación en el distrito de Camanti - Quincemil.	125
Anexo 8: Identificación de la Quebrada San Antonio para su evaluación en el distrito de Camanti - Quincemil.	125
Anexo 9. Identificación de la Quebrada Rumimayo para su evaluación en el distrito de Camanti – Quincemil.	126
Anexo 10. Identificación de la Quebrada Yanamayo para su evaluación en el distrito de Camanti - Quincemil. Anexo 8.	126
Anexo 11. Elaboración y pesado de paquetes de hoja para para su instalación en las quebradas.	127
Anexo 12. Instalación de paquetes de hojas en la quebrada pan de azúcar con intervención minera.	128
Anexo 13. Instalación de paquetes de hoja en la quebrada San Antonio sin intervención minera.	128
Anexo 14. Selección de macroinvertebrados obtenidos de los paquetes de hoja.	129
Anexo 15. Identificación de los macroinvertebrados En el laboratorio del Centro Amazónico de Educación Ambiental e Investigación – ACEER.	129

Anexo 16. Medición de la temperatura del agua en las seis quebradas evaluadas, como parte de la caracterización de los parámetros fisicoquímicos del estudio	130
Anexo 17. Medición del PH en la Quebrada Yanamayo sin intervención minera.	131
Anexo 18. Medición de la turbidez en la quebrada San Ramon con intervención minera	131
Anexo 19. Medición del fosfato en la quebrada Rumimayo sin intervención minera.	132
Anexo 20. Medición del oxígeno disuelto en la quebrada San Ramón con intervención minera.	132
Anexo 21. Medición del oxígeno disuelto en quebrada san Ramon con intervención minera.	133
Anexo 22. Medición del nitrato en quebrada Magdalena con intervención minera. ..	133
Anexo 23. Toma de muestra de agua para su análisis en el laboratorio de la universidad nacional san Antonio abad del cusco.	134
Anexo 24: Selección de datos de macroinvertebrados del ACEER.	135
Anexo 25: Constancia de Informe de análisis de los parámetros fisico químicos en el laboratorio de la UNSAAC. Quebradas sin intervención minera.	150
Anexo 26 : Constancia de Informe de análisis de los parámetros fisico químicos en el laboratorio de la UNSAAC. Quebradas con intervención minera	151
Anexo 27: Encuesta a la población de Camanti.....	152
Anexo 28: Certificado de identificación de Macroinvertebrados Bentonicos	159

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de los principales macroinvertebrados acuáticos.	39
Tabla 2. Calidad de agua de acuerdo al índice EPT.	44
Tabla 3. Índice BMWP'-CR.	45
Tabla 4. Coordenadas UTM WGS 84 de las quebradas de estudio.	61
Tabla 5. Operacionalización de variables.	63
Tabla 6. Parámetros fisicoquímicos del agua en quebradas no intervenidas por la actividad minera en Camanti – Quincemil (2023).	79
Tabla 7. Parámetros fisicoquímicos del agua en quebradas intervenidas por la actividad minera en Camanti – Quincemil (2023).	80
Tabla 8. Comparación de los parámetros fisicoquímicos del agua en quebradas intervenidas por la actividad minera en Camanti – Quincemil (2023).	81
Tabla 9. Evaluación de parámetros fisicoquímicos con el kit LaMotte	83
Tabla 10. Resultados de la prueba U de Mann–Whitney para los parámetros fisicoquímicos del agua en quebradas intervenidas y no intervenidas por actividad minera en Camanti – Quincemil (2023).	84
Tabla 11. Composición y abundancia de macroinvertebrados acuáticos por orden en quebradas sin intervención minera del distrito de Camanti – Quincemil, Cusco.	86
Tabla 12. Composición y abundancia de macroinvertebrados acuáticos por orden en quebradas con intervención minera del distrito de Camanti – Quincemil, Cusco.	87
Tabla 13. Comparación de la composición y abundancia de macroinvertebrados acuáticos por orden taxonómico en quebradas con y sin intervención minera en el distrito de Camanti – Quincemil, Cusco.	88
Tabla 14. Índice de Shannon de las quebradas sin intervención minera.	90
Tabla 15. Índice de Shannon de las quebradas con intervención minera.	90
Tabla 16. Comparación del Índice de Shannon de las quebradas con y sin intervención minera.	91
Tabla 17. Índice de Simpson de las quebradas sin intervención minera.	92
Tabla 18. Índice de Simpson de las quebradas con intervención minera.	92
Tabla 19. Comparación del Índice de Simpson de las quebradas con y sin intervención minera.	93
Tabla 20. Índice de EPT de las quebradas sin intervención minera.	93
Tabla 21. Índice de EPT de las quebradas con intervención minera.	94
Tabla 22. Comparación del Índice de EPT de las quebradas con y sin intervención minera.	95
Tabla 23. Índice BMWP'-CR en ambas situaciones	95
Tabla 24. Resultados de la prueba U de Mann–Whitney para los índices en quebradas intervenidas y no intervenidas por actividad minera en Camanti – Quincemil (2023).	96
Tabla 25. Encuesta sobre la percepción del aumento de la actividad minera.	97
Tabla 26. Encuesta sobre la presencia de la actividad minera en el distrito de Camanti – Quincemil.	99
Tabla 27. Encuesta sobre la percepción de cambios en los organismos en el distrito de Camanti – Quincemil.	100
Tabla 28. Encuesta sobre la percepción de la influencia minera en la calidad de agua en el distrito de Camanti – Quincemil.	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Ubicación de las quebradas.</i>	62
Figura 2. <i>Comparación de los parámetros fisicoquímicos del agua en quebradas intervenidas por la actividad minera en Camanti – Quincemil (2023).</i>	82
Figura 3. <i>Comparación de la composición y abundancia de macroinvertebrados acuáticos por orden taxonómico en quebradas con y sin intervención minera en el distrito de Camanti – Quincemil, Cusco.</i>	88

RESUMEN

El trabajo de investigación tuvo como objetivo Evaluar el efecto de la actividad minera sobre la calidad del agua en quebradas intervenidas, mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos y la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en el distrito de Camanti – Quincemil, Cusco, 2023. La investigación tuvo un diseño no experimental y transversal, con enfoque cuantitativo y nivel descriptivo-comparativo, ya que se evaluó y comparó la calidad del agua en quebradas con y sin intervención minera en Camanti-Quincemil. La población estuvo conformada por seis quebradas, con una muestra de 12 puntos de muestreo y 72 paquetes de hojas para el biomonitoreo de macroinvertebrados. Además, se incluyó un componente social con 50 familias seleccionadas mediante muestreo no probabilístico intencional para conocer su percepción sobre la calidad del agua. En los resultados se evidenciaron diferencias significativas entre las quebradas con intervención minera y aquellas sin actividad minera en Camanti – Quincemil. Los índices de biodiversidad Shannon, Simpson, EPT y BMWP'-CR presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), mostrando valores menores en las quebradas intervenidas. Asimismo, algunos parámetros fisicoquímicos como conductividad eléctrica, dureza, calcio, magnesio, sulfatos e hierro también mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$), mientras que pH, potasio, cloruros, bicarbonatos y boro no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ($p > 0,05$). Estos resultados evidencian que la actividad minera influye negativamente en la calidad del agua y en la biodiversidad acuática de las quebradas estudiadas.

Palabras clave: Calidad del agua, Actividad minera, Macroinvertebrados acuáticos, Parámetros fisicoquímicos

ABSTRACT

The study aimed to evaluate the effect of mining activity on water quality in impacted streams through the analysis of physicochemical parameters and the community of aquatic macroinvertebrates in the district of Camanti – Quincemil, Cusco, 2023. The research followed a non-experimental and cross-sectional design, with a quantitative approach and a descriptive–comparative level, as water quality was assessed and compared in streams with and without mining intervention in Camanti–Quincemil. The population consisted of six streams, with a sample of 12 sampling points and 72 leaf packs used for macroinvertebrate biomonitoring. In addition, a social component was included, involving 50 families selected through non-probabilistic purposive sampling to understand their perception of water quality.

The results showed significant differences between streams with mining intervention and those without mining activity in Camanti – Quincemil. The biodiversity indices Shannon, Simpson, EPT, and BMWP'-CR presented statistically significant differences ($p < 0.05$), showing lower values in the impacted streams. Likewise, some physicochemical parameters such as electrical conductivity, hardness, calcium, magnesium, sulfates, and iron also showed significant differences ($p < 0.05$), while pH, potassium, chlorides, bicarbonates, and boron did not show statistically significant differences between groups ($p > 0.05$). These results indicate that mining activity negatively influences water quality and aquatic biodiversity in the studied streams.

Keywords: Water quality, Mining activity, Aquatic macroinvertebrates, Physicochemical parameters.

INTRODUCCION

El distrito de Camanti alberga uno de los bosques más biodiversos del mundo; sin embargo, enfrenta serias amenazas derivadas de la actividad minera aurífera y la deforestación. La construcción de la Carretera Interoceánica Sur facilitó la expansión de la minería artesanal, la cual posteriormente se intensificó mediante actividades informales e ilegales con el uso de maquinaria pesada. Esta actividad genera la remoción de sedimentos y el empleo de sustancias químicas que alteran la calidad del agua y afectan la biodiversidad acuática, por lo que resulta necesario fortalecer las acciones orientadas a la gestión ambiental, la formalización minera y la conservación de los ecosistemas.

El propósito de la presente investigación fue evaluar el efecto de la actividad minera sobre la calidad del agua de las quebradas del distrito de Camanti, región Cusco. El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental de corte transversal y un nivel descriptivo-comparativo, permitiendo describir y comparar los parámetros fisicoquímicos del agua, así como la composición, diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos entre quebradas intervenidas y no intervenidas por la actividad minera. Asimismo, para determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos se aplicó la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney.

La metodología empleada se basó en la evaluación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos y fisicoquímicos. Para ello se utilizaron los índices bióticos EPT y BMWP'-CR, complementados con la medición de parámetros fisicoquímicos como temperatura, pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, turbidez y sólidos disueltos totales, entre otros. El estudio comprendió tres quebradas intervenidas por la actividad minera y tres quebradas sin

intervención minera, considerando que la integración de indicadores biológicos y fisicoquímicos proporciona una evaluación más completa del estado ecológico de los ecosistemas acuáticos.

El presente trabajo de investigación se estructura en cinco capítulos. El Capítulo I comprende el planteamiento del problema, la formulación del problema, los objetivos, la justificación y las hipótesis. El Capítulo II desarrolla los antecedentes, las bases teóricas, el marco conceptual y el marco legal. El Capítulo III presenta la metodología, incluyendo el enfoque, el tipo, el diseño de investigación, la población y muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos y el procedimiento para el análisis de la información. El Capítulo IV expone y analiza los resultados obtenidos a partir de la evaluación de los parámetros fisicoquímicos y de los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua. Finalmente, el Capítulo V presenta la discusión de los resultados, las conclusiones y las recomendaciones. El documento concluye con las referencias bibliográficas y los anexos correspondientes.

I. Planteamiento del Problema

1.1. Determinación del Problema

El presente problema de investigación se centra en evaluar el efecto de la actividad minera sobre la calidad del agua en quebradas cercanas a zonas de explotación aurífera del distrito de Camanti, región Cusco, mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos y de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores. Esta problemática reviste especial importancia debido a que las actividades mineras generan la remoción de suelos, el incremento de sedimentos en suspensión y la incorporación de contaminantes al medio acuático, alterando las características físicas, químicas y biológicas del agua, con efectos directos sobre el equilibrio ecológico de los ecosistemas fluviales.

En el Perú, la calidad de los recursos hídricos está regulada por los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua), establecidos mediante el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, siendo la Autoridad Nacional del Agua (ANA) la entidad responsable de la gestión, monitoreo y protección de estos recursos. Asimismo, el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) desarrolla evaluaciones ambientales del componente agua en diferentes cuencas del país, cuyos resultados evidencian la necesidad de un monitoreo continuo de los cuerpos de agua expuestos a actividades extractivas.

En regiones donde se desarrolla actividad minera, especialmente de carácter aurífero, diversos monitoreos ambientales han identificado alteraciones en la calidad del agua asociadas al incremento de sedimentos y a la presencia de sustancias provenientes de las actividades extractivas, lo que puede ocasionar modificaciones en parámetros como el pH, el oxígeno disuelto, la conductividad eléctrica y la temperatura, afectando la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos. Estas condiciones representan una presión ambiental permanente que requiere ser evaluada mediante indicadores fisicoquímicos y biológicos.

Los macroinvertebrados acuáticos constituyen organismos ampliamente utilizados como bioindicadores de la calidad del agua debido a su sensibilidad frente a las alteraciones ambientales, su permanencia en el hábitat y su capacidad para reflejar los efectos acumulativos de la contaminación. La composición, abundancia y diversidad de estas comunidades permiten determinar el estado ecológico de los cuerpos de agua y evaluar el grado de perturbación ocasionado por las actividades antrópicas.

No obstante, pese a la importancia ambiental y económica del distrito de Camanti, existe una limitada disponibilidad de investigaciones científicas que evalúen de manera conjunta los parámetros fisicoquímicos del agua y la comunidad de macroinvertebrados acuáticos como

indicadores del efecto de la actividad minera en las quebradas de esta zona. Esta ausencia de información restringe la comprensión del impacto ecológico local y limita la generación de evidencia científica que respalde la toma de decisiones para la gestión sostenible de los recursos hídricos.

En ese contexto, la presente investigación busca determinar la influencia de la actividad minera sobre los parámetros fisicoquímicos del agua y la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en quebradas del distrito de Camanti, con el propósito de estimar el nivel de alteración ambiental, generar información científica que fortalezca los programas de monitoreo y biomonitoreo, y contribuir a la gestión sostenible de los recursos hídricos, al cumplimiento de la normativa ambiental vigente y a la formulación de estrategias orientadas a la conservación de los ecosistemas acuáticos.

1.2.1. Problema General

¿Existen diferencias en la calidad del agua de las quebradas con actividad minera y las quebradas sin actividad minera del distrito de Camanti–Quincemil, Cusco, evaluadas mediante parámetros fisicoquímicos y la comunidad de macroinvertebrados acuáticos durante el año 2023?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Existen diferencias en los parámetros fisicoquímicos del agua entre las quebradas con actividad minera y las quebradas sin actividad minera del distrito de Camanti–Quincemil, Cusco, durante el año 2023?
- ¿Existen diferencias en la composición y estructura de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos entre las quebradas con actividad minera y las quebradas sin actividad minera del distrito de Camanti–Quincemil, Cusco, durante el año 2023?

- ¿Existen diferencias en la diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos entre las quebradas con actividad minera y las quebradas sin actividad minera del distrito de Camanti–Quincemil, Cusco, durante el año 2023?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de la actividad minera sobre la calidad del agua de las quebradas, mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos y la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en el distrito de Camanti – Quincemil, Cusco, 2023.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Evaluar la influencia de la actividad minera sobre los parámetros fisicoquímicos del agua, mediante el análisis del pH, conductividad eléctrica, dureza, calcio, magnesio, sodio, potasio, cloruros, sulfatos, bicarbonatos, carbonatos, hierro, boro y sales solubles totales en las quebradas del distrito de Camanti – Quincemil, Cusco, 2023.
- Comparar la composición y estructura de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos presentes en las quebradas del distrito de Camanti – Quincemil, Cusco, 2023.
- Comparar la diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos en el distrito de Camanti – Quincemil, Cusco, 2023.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis General

Ho: La actividad minera no genera diferencias significativas en la calidad del agua de las quebradas del distrito de Camanti – Quincemil, Cusco, 2023.

Ha: La actividad minera genera diferencias significativas en la calidad del agua de las quebradas del distrito de Camanti – Quincemil, 2023.

1.4.2. Hipótesis Específico.

- Ho: La actividad minera no influye significativamente en la calidad fisicoquímica del agua, determinada mediante el análisis del pH, conductividad eléctrica, dureza, calcio, magnesio, sodio, potasio, cloruros, sulfatos, bicarbonatos, carbonatos, hierro, boro y sales solubles totales en las quebradas del distrito de Camanti – Quincemil, Cusco, 2023.
- Ha: La actividad minera influye significativamente en la calidad fisicoquímica del agua, determinada mediante el análisis del pH, conductividad eléctrica, dureza, calcio, magnesio, sodio, potasio, cloruros, sulfatos, bicarbonatos, carbonatos, hierro, boro y sales solubles totales en las quebradas del distrito de Camanti – Quincemil, Cusco, 2023.
- Ho: Las comunidades de macroinvertebrados acuáticos no presentan diferencias significativas en su composición y estructura entre las quebradas del distrito de Camanti – Quincemil, Cusco, 2023.
- Ha: Las comunidades de macroinvertebrados acuáticos presentan una composición y estructura diferenciada en las quebradas del distrito de Camanti – Quincemil, Cusco, 2023.
- Ho: No existen diferencias significativas en los niveles de diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos entre las quebradas con influencia minera y aquellas sin actividad extractiva en el distrito de Camanti – Quincemil, Cusco, 2023.
- Ha: Los niveles de diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos son menores en las quebradas con influencia minera en comparación con aquellas sin actividad extractiva en el distrito de Camanti – Quincemil, Cusco, 2023.

1.5. Justificación

1.5.1 Justificación Ambiental

Esta investigación es relevante porque permite evaluar el impacto de la actividad minera sobre los ecosistemas acuáticos en el distrito de Camanti. El uso combinado de parámetros fisicoquímicos y macroinvertebrados acuáticos proporciona una visión integral de la calidad del agua. Mientras los primeros permiten identificar contaminantes y alteraciones químicas, los segundos actúan como indicadores biológicos sensibles a los cambios ambientales. Esta información es clave para la conservación de los recursos hídricos y la gestión ambiental en zonas de alta biodiversidad.

1.5.2. Justificación Económica

Esta investigación es importante porque permite evidenciar los costos ocultos del deterioro ambiental ocasionado por la actividad minera en Camanti, especialmente la informal e ilegal. Aunque la minería genera ingresos y empleo local, también impacta negativamente en recursos clave como el agua, afectando a sectores como la agricultura, la ganadería y hasta la salud pública. Evaluar estos efectos contribuye a promover un desarrollo económico más equilibrado, que articule productividad y sostenibilidad ambiental en la zona.

1.5.3. Justificación Social

Esta investigación adquiere relevancia al abordar un problema que afecta directamente a la calidad de vida de la población local del distrito de Camanti. La contaminación del agua causada por la actividad minera compromete el acceso a un recurso esencial para el riego en la agricultura y la ganadería, actividades que constituyen la base del sustento económico de muchas familias de la zona. Sin embargo, gran parte de la población no muestra un interés activo ni una conciencia

clara sobre los impactos ambientales que esta actividad genera, lo que refleja una limitada cultura ambiental y una baja participación en la gestión sostenible del recurso hídrico.

En este sentido, el estudio no solo busca generar información científica, sino también contribuir a la sensibilización de la comunidad y a la promoción de una mayor responsabilidad social frente al cuidado del ambiente. Los resultados pueden servir como herramienta para impulsar programas de educación ambiental, fortalecer la participación ciudadana y fomentar una gestión más equitativa y sostenible del agua destinada al riego, en beneficio de las generaciones presentes y futuras.

II. MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Munyai et al. (2024), realizaron un estudio con el objetivo de analizar la influencia de la química de los sedimentos y las variables fisicoquímicas del agua sobre la composición de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en el sistema fluvial Mutshundudi, ubicado en una región subtropical de Sudáfrica. La investigación fue de enfoque cuantitativo y diseño no experimental, desarrollándose mediante el muestreo en doce estaciones durante dos temporadas climáticas. Se recolectaron muestras de macroinvertebrados bentónicos y sedimentos para determinar la concentración de metales pesados, además de evaluar parámetros fisicoquímicos como pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto. Los resultados evidenciaron que la acumulación de metales pesados en los sedimentos y las variaciones de los parámetros fisicoquímicos influyeron significativamente en la composición, diversidad y abundancia de los macroinvertebrados, observándose una disminución de las especies sensibles en los sitios con mayor contaminación. Los autores concluyeron que la combinación del análisis fisicoquímico y

biológico constituye una herramienta confiable para evaluar el estado ecológico de los ecosistemas acuáticos afectados por actividades antrópicas. Este estudio representa un antecedente importante para la presente investigación, debido a que emplea macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores para determinar el efecto de la contaminación sobre la calidad del agua.

realizaron un estudio con el objetivo de evaluar el impacto de la minería artesanal de oro sobre la estructura de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos y la calidad del agua en la cuenca de Nakanbe, Burkina Faso. La investigación fue de enfoque cuantitativo y diseño no experimental, en la que se efectuaron muestreos de macroinvertebrados y mediciones de parámetros fisicoquímicos del agua en zonas con diferente intensidad de actividad minera. Como resultado, se identificaron 28 taxones, con predominio de insectos (88,41 %), destacando los órdenes Hemiptera (37,28 %) y Diptera (36,08 %) en las áreas más afectadas por la minería. Asimismo, se evidenció una disminución de la diversidad biológica y de los índices sensibles a la contaminación conforme aumentó la intensidad de la actividad minera. Además, se encontró una relación significativa entre la composición de las comunidades de macroinvertebrados y los parámetros fisicoquímicos del agua, lo que demuestra que la minería artesanal genera alteraciones en el ecosistema acuático. Los autores concluyeron que los macroinvertebrados constituyen bioindicadores confiables para evaluar los efectos de la actividad minera sobre la calidad del agua, debido a su sensibilidad frente a los cambios ambientales.

Kaboré et al. (2023), en su investigación titulada "Impacto de la actividad de extracción artesanal de oro en la estructura de los macroinvertebrados en la cuenca del Nakanbe, Burkina Faso (África Occidental)" *Impact of Gold Panning Activity on the Structure of Macroinvertebrates in Nakanbe Catchment in Burkina Faso (West Africa)*, tuvieron como objetivo evaluar el impacto de la minería artesanal de oro sobre la estructura de las comunidades de macroinvertebrados en la

cuenca del río Nakanbe, en Burkina Faso. El estudio se desarrolló con un enfoque cuantitativo y de campo, mediante el muestreo de macroinvertebrados utilizando una red manual, complementado con la medición de variables ambientales para analizar la relación entre las condiciones del hábitat y la composición biológica. Se identificaron 28 taxones de macroinvertebrados, de los cuales los insectos representaron el 88,41 % del total, predominando los órdenes Hemiptera (37,28 %) y Díptera (36,08 %), caracterizados por su tolerancia a la contaminación. Asimismo, los índices de diversidad y las métricas de organismos sensibles disminuyeron significativamente en los sitios con mayor intensidad de actividad minera, evidenciando una alteración de la estructura de las comunidades biológicas. Los autores concluyeron que la minería artesanal degrada el hábitat acuático y modifica la organización de los macroinvertebrados, confirmando la utilidad de estos organismos como bioindicadores del estado ecológico de los ecosistemas fluviales y la necesidad de fortalecer las políticas de gestión ambiental para reducir los impactos de esta actividad.

Aguilar et al. (2022), en su estudio titulado Efecto de la contaminación minera aurífera en la ciénaga Plaza Seca, cuenca media del Atrato, Chocó – Colombia, tuvieron como objetivo evaluar la estructura y dinámica de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos como indicadores del impacto de la actividad minera sobre la calidad del agua. La investigación fue de enfoque cuantitativo y diseño no experimental. Para la recolección de los organismos se realizaron muestreos en diferentes sustratos, como macrófitas, sedimentos y vegetación de ribera, conservándose las muestras en alcohol al 70 %. Asimismo, se determinaron parámetros fisicoquímicos e hidrológicos del agua y se aplicó el índice de diversidad de Shannon-Wiener para evaluar el estado ecológico del ecosistema. Como resultado, se registraron 175 organismos, distribuidos en 2 clases, 7 órdenes, 22 familias y 27 géneros, siendo el orden Odonata el más

representativo (34 %), seguido de Coleoptera (28 %). El índice de Shannon-Wiener presentó un valor de 1,92 bits/ind, evidenciando una baja diversidad biológica asociada a la influencia de la actividad minera. Los autores concluyeron que la contaminación generada por la minería aurífera alteró las características fisicoquímicas del agua y afectó negativamente la composición y diversidad de los macroinvertebrados acuáticos, confirmando que estos organismos constituyen bioindicadores eficientes para evaluar la calidad ecológica de los ecosistemas acuáticos.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Tinco y Ommia (2023), desarrollaron la investigación titulada "Determinación del efecto de la acción minera aluvial sobre la calidad del agua en quebradas de la Comunidad Nativa San José de Karene", con el objetivo de evaluar el impacto de la minería aluvial sobre la calidad del agua mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos y macroinvertebrados bentónicos. La investigación fue de enfoque cuantitativo, con diseño no experimental y alcance descriptivo-comparativo. Para la recolección de macroinvertebrados se utilizó la metodología de paquetes de hojas y se aplicaron los índices biológicos BMWP'-CR y EPT%, complementándose con el análisis de variables fisicoquímicas del agua. Los resultados mostraron la identificación de 6693 individuos distribuidos en 44 familias, observándose una mayor riqueza y abundancia en las quebradas conservadas respecto a las intervenidas por actividad minera. Asimismo, los índices biológicos clasificaron las quebradas impactadas con una calidad de agua mala y las quebradas conservadas con buena calidad. Los autores concluyeron que la actividad minera altera significativamente las características ecológicas de las quebradas, disminuyendo la diversidad de macroinvertebrados y deteriorando la calidad del agua. Este antecedente guarda estrecha relación con la presente investigación, ya que utiliza indicadores biológicos y parámetros fisicoquímicos para evaluar los efectos de la actividad minera sobre ecosistemas acuáticos.

Tarrillo (2021), en su estudio titulado “Evaluación de macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico del río Tingo, provincia de Hualgayoc, Cajamarca”, tuvo como objetivo determinar el estado ecológico del río a través del uso de macroinvertebrados e índices biológicos, complementado con parámetros fisicoquímicos. La investigación fue cuantitativa, no experimental, y se realizaron muestreos en tres estaciones utilizando red Surber y la información se analizó de acuerdo al Índice Biótico para los Ríos del Norte del Perú (nPeBMWP).

Como resultados, se identificaron 366 individuos de macroinvertebrados pertenecientes a 3 clases, 7 órdenes y 12 familias. En las estaciones cercanas al origen del río se registró una calidad biológica regular en época de lluvia, y mala en época seca. En las estaciones posteriores al vertido de aguas residuales mineras, no se hallaron macroinvertebrados, lo que indicó una calidad biológica pésima. Además, los análisis fisicoquímicos mostraron altos niveles de metales pesados (manganeso y plomo), pH ácido y bajo oxígeno disuelto.

En conclusión, el estudio evidenció una fuerte alteración en la calidad del agua del río Tingo como resultado de actividades mineras, reflejada tanto en los parámetros fisicoquímicos como en la baja o nula presencia de macroinvertebrados, lo que demuestra su utilidad como indicadores ecológicos.

Rondan (2020) en su investigación titulada Evaluación del impacto de la actividad minera en la calidad del agua y la diversidad de macroinvertebrados bentónicos en quebradas del sector La Pampa, Tambopata - Madre de Dios, tuvo como objetivo evaluar el impacto de la actividad minera sobre la calidad del agua y la diversidad de macroinvertebrados bentónicos. La investigación fue de enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo, con diseño no experimental y comparativo. Para la recolección de los macroinvertebrados se empleó el método del "paquete de

hojas" y, para la evaluación de la calidad biológica del agua, se utilizaron los índices EPT y BMWP'-CR.

El estudio comprendió seis quebradas, de las cuales tres estaban impactadas por la actividad minera (QR1, QR2 y QR3) y tres no presentaban intervención minera (QR4, QR5 y QR6). En las quebradas impactadas se registraron 3 264 individuos, distribuidos en 23 familias y 9 órdenes, con predominio de ostrácodos. En contraste, en las quebradas no impactadas se identificaron 869 individuos pertenecientes a 29 familias y 12 órdenes, destacando las familias Hydropsychidae, Chironomidae y Perlidae, así como representantes de los órdenes Odonata, Trichoptera, Ephemeroptera y Coleoptera.

Los resultados de los índices bióticos evidenciaron una mala calidad del agua en las quebradas afectadas por la actividad minera y una buena calidad en aquellas no intervenidas. El autor concluyó que las microcuencas con presencia de minería presentan un mayor porcentaje de deforestación (77 %) y una menor cobertura vegetal (13 %), condiciones que repercuten negativamente en la calidad del agua y en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos.

2.1.3. Antecedentes Locales

Mejicano (2024) en la investigación titulada Cuantificación de macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad del sistema río Vilcanota - Sicuani, tuvo como objetivo cuantificar los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad del agua del río Vilcanota, en la zona de Sicuani. La investigación fue de enfoque cuantitativo, con diseño no experimental y descriptivo. Se realizaron muestreos en cuatro zonas (La Raya, Aguas Calientes, San Cristóbal y Chihuaco) durante los meses de enero, febrero y marzo de 2023. Para la evaluación de la calidad del agua se utilizaron los índices biológicos ABI y EPT, complementados con el

análisis de parámetros fisicoquímicos como pH, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales, conductividad eléctrica, salinidad y temperatura.

Los resultados mostraron que La Raya presentó la mayor abundancia de macroinvertebrados bentónicos, destacando las familias Hyalellidae (109 individuos), Gripopterygidae (49 individuos) y Elmidae (44 individuos). Asimismo, el Índice Biótico Andino (ABI) clasificó la calidad del agua como muy buena en La Raya, buena en Aguas Calientes, moderada en Chihuaco y mala en San Cristóbal, debido a la mayor influencia de factores antrópicos. El índice EPT indicó una calidad de agua baja y levemente impactada, mientras que los parámetros fisicoquímicos evidenciaron que la estación San Cristóbal presentó valores de pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y sólidos suspendidos totales que excedieron los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua. La autora concluyó que los macroinvertebrados bentónicos constituyen bioindicadores eficaces para evaluar la calidad del agua y detectar el impacto de las actividades antrópicas sobre los ecosistemas acuáticos.

(Mendoza-Muñoz, 2023) en el artículo científico titulado Macroinvertebrados como bioindicadores del tipo de contaminación del río Huila-Huila tributario de la fuente de agua potable Piuray, Cusco, tuvieron como objetivo determinar los principales grupos taxonómicos de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores del tipo de contaminación del río Huila-Huila, afluente de la laguna de Piuray, en la región Cusco. La investigación fue de enfoque cuantitativo, con diseño no experimental y descriptivo. Para evaluar la calidad biológica del agua se emplearon los índices ABI, BMWP/Col y nPeBMWP, además del análisis de parámetros fisicoquímicos.

Los resultados indicaron que el río presentó una calidad de agua intermedia según los índices biológicos. Asimismo, los análisis fisicoquímicos evidenciaron altas concentraciones de

sulfatos, sólidos suspendidos totales, sólidos disueltos totales, conductividad eléctrica y dureza, lo que reflejó un proceso de contaminación asociado a materia orgánica. En cuanto a la comunidad de macroinvertebrados, predominó la familia Physidae, la cual representó el 80 % del total de individuos colectados, evidenciando la presencia de organismos tolerantes a condiciones de contaminación. Los autores concluyeron que el río Huila-Huila presenta una afectación significativa por actividades antrópicas, manifestada en el deterioro de la calidad del agua y en la dominancia de macroinvertebrados resistentes a la contaminación.

Quispe y Pérez (2022) en la investigación titulada Evaluación de la calidad de agua del río Vilcanota utilizando macroinvertebrados – Cusco, tuvieron como objetivo evaluar la calidad del agua del río Vilcanota mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores. La investigación fue de enfoque cuantitativo, con diseño no experimental y descriptivo. El estudio se desarrolló en cuatro puntos de muestreo durante las temporadas de estiaje y avenida (2020-2021). Para la evaluación biológica se emplearon los índices Índice Biótico Andino (ABI), Biological Monitoring Working Party (BMWP) e Índice Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT), identificándose los macroinvertebrados hasta el nivel de familia.

Los resultados evidenciaron diferencias en la calidad del agua entre los puntos de muestreo, asociadas a distintos niveles de intervención antrópica. Los índices biológicos permitieron identificar sectores con mejor condición ecológica y otros con mayor grado de alteración. Los autores concluyeron que los macroinvertebrados constituyen bioindicadores confiables para evaluar la calidad del agua y que los índices BMWP y EPT son herramientas eficaces para el monitoreo ambiental de ecosistemas acuáticos.

En conjunto, los antecedentes internacionales, nacionales y locales evidencian que la actividad minera altera significativamente la calidad del agua y la estructura de las comunidades

de macroinvertebrados acuáticos, confirmando la utilidad de estos organismos como bioindicadores del estado ecológico de los ecosistemas lóticos. Asimismo, se observa que la mayoría de las investigaciones combinan el análisis de parámetros fisicoquímicos con índices biológicos para evaluar el impacto de la contaminación minera; sin embargo, existen diferencias en los ecosistemas estudiados, los métodos de muestreo empleados y los tipos de actividad minera evaluados. Los estudios internacionales se han desarrollado principalmente en ecosistemas tropicales y subtropicales de África y Colombia, mientras que en el ámbito nacional predominan investigaciones realizadas en Madre de Dios y Cajamarca, enfocadas en minería aurífera aluvial y contaminación por metales pesados. A nivel local, los estudios disponibles se concentran principalmente en la evaluación de la calidad del agua del río Vilcanota y otros cuerpos de agua afectados por actividades antrópicas, sin abordar específicamente quebradas de cabecera sometidas a influencia minera.

En ese contexto, se identifica un vacío científico relacionado con la escasa información sobre el efecto de la actividad minera en la calidad del agua de las quebradas del distrito de Camanti–Quincemil, una zona de transición andino-amazónica caracterizada por una intensa actividad minera aurífera y una alta importancia ecológica. Además, no se han encontrado investigaciones que integren de manera simultánea el análisis de parámetros fisicoquímicos (pH, conductividad eléctrica, dureza, calcio, magnesio, sodio, potasio, cloruros, sulfatos, bicarbonatos, carbonatos, hierro, boro y sales solubles totales) con la evaluación de la composición, diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos en dichas quebradas. Por ello, la presente investigación busca contribuir al conocimiento científico sobre los efectos de la minería aurífera en ecosistemas acuáticos tropicales, proporcionando información que fortalezca el biomonitoreo ambiental y la gestión sostenible de los recursos hídricos en la región Cusco.

2.2. Base Teórico

2.2.1. Minería

La minería en el Perú constituye una actividad económica estratégica por su contribución a las exportaciones, divisas e inversión, especialmente en la producción de cobre, oro y zinc. No obstante, su relevancia económica debe analizarse conjuntamente con los desafíos socioambientales que genera, sobre todo en zonas donde existe minería informal o limitada fiscalización, lo que incrementa los riesgos de degradación ambiental y conflictos socioambientales (MINEM, 2023). En este sentido, la minería no solo representa un motor de desarrollo económico, sino también una actividad antrópica que ejerce presión sobre los ecosistemas naturales, particularmente sobre los recursos hídricos ubicados en áreas de explotación.

Desde una perspectiva ambiental, la actividad minera puede alterar la calidad del agua al modificar los parámetros fisicoquímicos y aumentar la carga de sedimentos y contaminantes en los cuerpos de agua superficiales. Estas alteraciones repercuten en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, afectando la diversidad y abundancia de macroinvertebrados bentónicos, organismos sensibles a los cambios en el hábitat. Por ello, la actividad minera se considera un factor de perturbación ambiental que influye directamente en la calidad del agua y en las comunidades biológicas de las quebradas, siendo un elemento clave para la evaluación ecológica en zonas intervenidas.

2.2.2. La Actividad Minera Fluvial y su Problemática Ambiental

Las actividades antrópicas, especialmente la minería fluvial, han generado impactos ambientales significativos sobre los ecosistemas acuáticos, al alterar las condiciones naturales de ríos y quebradas mediante la remoción de sedimentos, el uso de sustancias químicas y la liberación

de metales pesados como el plomo y el mercurio, los cuales constituyen fuentes importantes de contaminación. Estas acciones, desarrolladas frecuentemente sin criterios de sostenibilidad, provocan la degradación progresiva de los sistemas bióticos y abióticos, afectando no solo la calidad del agua, sino también la biodiversidad y las comunidades humanas que dependen del recurso hídrico para sus actividades sociales, culturales y económicas (Sánchez Bustamante, 2018)

La perturbación mecánica del lecho fluvial y la disposición inadecuada de residuos mineros generan la pérdida de hábitat, la disminución de especies sensibles y la simplificación de la estructura ecológica del ecosistema acuático. En consecuencia, un río contaminado evidencia cambios en su biota acuática, especialmente en las comunidades de macroinvertebrados, cuya composición, diversidad y abundancia varían en función de parámetros como el pH, el oxígeno disuelto, la conductividad y otros factores fisicoquímicos alterados por la actividad minera, convirtiéndose así en indicadores directos del grado de deterioro ambiental y de las modificaciones del hábitat ocasionadas por la intervención antrópica.

La minería fluvial modifica parámetros fisicoquímicos como el pH, el oxígeno disuelto y la conductividad, lo que impacta la estructura biológica del ecosistema acuático. En consecuencia, la diversidad y composición de los macroinvertebrados acuáticos disminuyen o se simplifican, convirtiéndose en indicadores directos del grado de alteración ambiental en quebradas intervenidas.

2.2.3. Teoría del Continuo Fluvial

Teoría del Continuo Fluvial (River Continuum Concept). propuesta por Vannote et al. (1980), explica que los ecosistemas fluviales constituyen un sistema continuo en el que las características físicas, químicas y biológicas cambian gradualmente desde la cabecera hasta la desembocadura. En este gradiente longitudinal, la fuente de energía, el tipo de materia orgánica

disponible y la composición de las comunidades de macroinvertebrados varían según el orden del cauce (Vannote et al., 1980). En las quebradas de cabecera predominan los aportes de hojarasca provenientes de la vegetación ribereña y la actividad de los organismos fragmentadores, mientras que en los tramos inferiores adquieren mayor importancia los organismos recolectores y filtradores (Allan & Castillo, 2007). Esta teoría constituye la base para comprender la dinámica ecológica de los ríos y justifica el uso de paquetes de hojas como método para evaluar los procesos de descomposición y la actividad de los macroinvertebrados bentónicos (Hauer & Lamberti, 2017).

2.2.4. Paquetes de hojas (Leaf packs) como método de muestreo de macroinvertebrados acuáticos

Los paquetes de hojas (leaf packs) constituyen un método de muestreo pasivo ampliamente utilizado en investigaciones ecológicas para evaluar la estructura y composición de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en ecosistemas lóticos. Este método consiste en colocar hojas secas de especies vegetales dentro de bolsas o mallas permeables y sumergirlas en ríos o quebradas durante un período determinado, permitiendo la colonización natural por organismos bentónicos. Posteriormente, los macroinvertebrados asociados son recuperados, identificados y analizados como indicadores del estado ecológico del cuerpo de agua.

La aplicación de los paquetes de hojas se fundamenta en que la hojarasca representa una fuente esencial de materia orgánica en los ecosistemas acuáticos. Durante su descomposición, las hojas proporcionan alimento, refugio y sustrato para numerosos macroinvertebrados, favoreciendo el establecimiento de diferentes grupos funcionales, especialmente organismos fragmentadores y recolectores. En consecuencia, las variaciones en la composición y abundancia de estas comunidades reflejan los cambios en las condiciones ambientales y en la calidad del agua (Bezerra, 2021)

Asimismo, la materia orgánica acumulada en forma de hojarasca desempeña un papel fundamental en el funcionamiento ecológico de los ecosistemas dulceacuícolas, ya que constituye una importante fuente de carbono y energía para la fauna bentónica. (Wissinger, 2021) señalan que la hojarasca no solo actúa como recurso alimenticio, sino también como hábitat para numerosos macroinvertebrados, cuya participación contribuye al reciclaje de nutrientes y al mantenimiento de los procesos ecológicos en los cuerpos de agua.

Una de las principales ventajas del uso de paquetes de hojas es que permiten estandarizar el sustrato de muestreo, reduciendo la variabilidad asociada a las diferencias naturales del lecho de ríos y quebradas. Esto facilita la comparación de la composición y diversidad de macroinvertebrados entre sitios con diferentes niveles de perturbación ambiental, como quebradas con actividad minera y quebradas sin intervención minera.

En la presente investigación, los paquetes de hojas fueron utilizados como método de muestreo para favorecer la colonización natural de macroinvertebrados acuáticos y comparar las comunidades presentes en quebradas con y sin actividad minera. La información obtenida permitió complementar la evaluación de la calidad del agua mediante la aplicación de los índices BMWP-CR, EPT, Shannon-Wiener y Simpson.

2.2.5. Impacto Ambiental

El impacto ambiental se define como el conjunto de efectos o alteraciones que las actividades humanas generan sobre el medio ambiente, afectando los componentes físicos, químicos y biológicos de los ecosistemas. En este sentido, las legislaciones ambientales establecen la obligatoriedad de realizar evaluaciones de impacto ambiental (EIA) antes del desarrollo de proyectos que puedan ocasionar daños al entorno, con la finalidad de prevenir, mitigar y controlar

los efectos negativos sobre la biodiversidad y los recursos naturales, promoviendo una relación equilibrada entre las actividades humanas y la conservación del ambiente.

En el caso de la actividad minera, los impactos ambientales se manifiestan principalmente en la degradación del agua, suelo y aire, así como en la alteración de la flora, fauna y salud humana (Remy, 2014). Particularmente, en ecosistemas acuáticos, estos impactos se reflejan en cambios en la calidad del agua, el aumento de contaminantes y la modificación del hábitat, lo que afecta la estabilidad ecológica y la biodiversidad. Por ello, el análisis del impacto ambiental asociado a la minería resulta fundamental para comprender las alteraciones en los parámetros fisicoquímicos y en las comunidades biológicas, como los macroinvertebrados acuáticos, que permiten evidenciar el grado de perturbación ambiental en cuerpos de agua intervenidos.

2.2.6. Contaminación del Agua

En el Perú, la contaminación del agua se entiende como la presencia de sustancias físicas, químicas o biológicas en los cuerpos de agua superficiales y subterráneos que deterioran su calidad y limitan su uso para consumo humano, riego, recreación y conservación de los ecosistemas (MINAM, 2023). Esta problemática adquiere mayor relevancia en cuencas donde se desarrollan actividades antrópicas intensivas, ya que dichas intervenciones incrementan la carga de contaminantes y alteran las condiciones naturales del recurso hídrico, afectando la salud pública, la biodiversidad y el desarrollo sostenible.

La contaminación del agua en zonas con actividad minera se relaciona con el aumento de sedimentos, contaminantes y alteraciones en los parámetros fisicoquímicos, lo que afecta la estabilidad del ecosistema acuático. Estas modificaciones deterioran el hábitat y reducen la presencia de organismos sensibles, por lo que el análisis conjunto de parámetros fisicoquímicos y

macroinvertebrados acuáticos permite evidenciar el grado de deterioro ambiental en quebradas intervenidas.

2.2.7. Calidad de Agua

La calidad del agua se entiende como el conjunto de características físicas, químicas y biológicas que determinan su aptitud para diferentes usos y su capacidad para mantener el equilibrio ecológico de los ecosistemas acuáticos. En el Perú, su evaluación se rige por los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua), los cuales establecen valores de referencia para parámetros como pH, turbidez, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y metales pesados (Ministerio del Ambiente , 2017).

En ecosistemas intervenidos por actividad minera, la calidad del agua puede verse afectada por cambios en estos parámetros fisicoquímicos, lo que repercute en el hábitat acuático y en la biodiversidad. Por ello, su evaluación integral requiere considerar tanto los parámetros fisicoquímicos como los indicadores biológicos, como los macroinvertebrados acuáticos, que permiten identificar el grado de alteración ambiental en quebradas impactadas.

2.2.8. Influencia de la actividad minera sobre la calidad del agua

La actividad minera constituye una de las principales fuentes de alteración de los ecosistemas acuáticos debido a la modificación de las características físicas, químicas y biológicas de los cuerpos de agua. Durante las etapas de extracción, remoción de suelos, lavado de minerales y disposición de materiales de desecho, se generan sedimentos y sustancias químicas que pueden incorporarse a ríos y quebradas, alterando la calidad del agua y afectando la biodiversidad acuática (MINAM, 2023)

Uno de los efectos más evidentes de la actividad minera es el incremento de la carga de sedimentos. La remoción de la cobertura vegetal y el movimiento de grandes volúmenes de suelo

favorecen la erosión y el transporte de partículas hacia los cuerpos de agua. El aumento de sedimentos incrementa la turbidez, reduce la penetración de la luz y modifica la composición del sustrato, afectando el hábitat de los macroinvertebrados bentónicos y disminuyendo la disponibilidad de refugios y recursos alimenticios (Bae, 2021)

Asimismo, la actividad minera produce un aumento de la conductividad eléctrica debido a la disolución y liberación de sales e iones presentes en los minerales expuestos durante la explotación. La conductividad eléctrica es un indicador de la concentración de sólidos disueltos en el agua; por ello, valores elevados reflejan procesos de alteración de origen natural o antrópico, siendo frecuentes en cuerpos de agua influenciados por actividades mineras (Jiménez-Broncano, 2025)

Otro efecto importante es la disminución del oxígeno disuelto, ocasionada por el incremento de sólidos suspendidos y materia orgánica, que limita el intercambio gaseoso entre el agua y la atmósfera. La reducción del oxígeno afecta principalmente a los organismos acuáticos más sensibles, como muchas familias de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT), provocando cambios en la composición y diversidad de las comunidades de macroinvertebrados (Croijmans, 2021)

La explotación minera también puede provocar el incremento de sulfatos, especialmente cuando se exponen minerales sulfurados al contacto con el oxígeno y el agua. Este proceso favorece la oxidación de los sulfuros y la liberación de sulfatos al medio acuático, modificando la composición química del agua y contribuyendo, en algunos casos, a la formación de drenaje ácido de mina (MINAM, 2023)

De igual manera, la minería puede ocasionar alteraciones en el pH del agua. Dependiendo del tipo de yacimiento y de los minerales presentes, el pH puede disminuir como consecuencia de

la formación de compuestos ácidos o incrementarse por la presencia de materiales alcalinos. Estas variaciones afectan la disponibilidad de nutrientes y metales, así como la supervivencia y distribución de numerosas especies acuáticas (Bae, 2021)

Finalmente, la actividad minera genera una pérdida y degradación del hábitat acuático debido a la modificación del cauce, la eliminación de la vegetación ribereña, el depósito de sedimentos y la alteración del sustrato natural. Estos cambios reducen la heterogeneidad del hábitat y limitan la disponibilidad de refugios y sitios de alimentación para los macroinvertebrados acuáticos, ocasionando una disminución de la diversidad biológica y favoreciendo el predominio de organismos tolerantes a la contaminación (Ouma, 2025)

En conjunto, estas alteraciones fisicoquímicas y ecológicas repercuten directamente sobre la calidad del agua y la estructura de las comunidades de macroinvertebrados, razón por la cual la comparación entre quebradas con actividad minera y quebradas sin intervención minera constituye una estrategia ampliamente utilizada para evaluar el impacto ambiental de la minería sobre los ecosistemas acuáticos.

2.2.9. Bioindicadores

En los ecosistemas acuáticos, los macroinvertebrados bentónicos son bioindicadores eficaces debido a su diferente grado de sensibilidad frente a contaminantes, variaciones en el oxígeno disuelto y cambios en las condiciones fisicoquímicas del agua. Su presencia, ausencia o abundancia permite evaluar de manera integral el estado ecológico de los cuerpos de agua y detectar alteraciones asociadas a actividades antrópicas. Estos organismos se emplean en la aplicación de índices bióticos como el BMWP'-CR, EPT o ABI, los cuales facilitan la clasificación de la calidad ecológica del agua. En contextos de quebradas intervenidas por actividad minera, el uso de macroinvertebrados como bioindicadores permite evidenciar el grado de perturbación

ambiental, ya que responden directamente a las modificaciones del hábitat y a los cambios en la calidad del agua (Bonada, Prat, Resh, & Statzner, 2020).

2.2.10. Macroinvertebrados Acuáticos

Los macroinvertebrados acuáticos son organismos que habitan en el fondo de ríos, quebradas y arroyos, adaptados a diversos tipos de sustrato como sedimentos, rocas, hojas y material orgánico sumergido. Su amplia distribución y diversidad en los ecosistemas fluviales los convierten en componentes fundamentales de la biomasa acuática y en elementos clave para el funcionamiento ecológico, ya que participan en procesos como la descomposición de materia orgánica y la transferencia de energía dentro de la cadena trófica (Minchola, 2021).

Estos organismos cumplen un rol importante en el monitoreo de la calidad del agua, debido a que presentan distintos niveles de tolerancia a la contaminación. Algunas especies requieren aguas bien oxigenadas y de buena calidad, mientras que otras son más resistentes y predominan en ambientes impactados. Por ello, su presencia, diversidad y abundancia permiten evaluar el estado ecológico de los cuerpos de agua y evidenciar alteraciones asociadas a actividades antrópicas, como la actividad minera en ecosistemas fluviales (MINAM, 2016).

2.2.11. Principales Ordenes de Macroinvertebrados Acuáticos Comunes.

a). Orden Diptera.

El orden Diptera incluye organismos como mosquitos y quironómidos, cuyas larvas se desarrollan en ambientes acuáticos con alto contenido de materia orgánica. Estos organismos presentan alta tolerancia a condiciones de bajo oxígeno disuelto y contaminación, siendo comúnmente utilizados como indicadores de baja calidad de agua en cuerpos hídricos impactados.

b). Orden Hydrachnidia.

Los ácaros acuáticos del orden Hydrachnidia habitan principalmente en ecosistemas lóticos y cumplen funciones ecológicas importantes dentro de la cadena trófica. Aunque su uso como bioindicadores es limitado, su presencia suele asociarse a hábitats estructuralmente complejos y relativamente conservados.

c). Orden Hemiptera

Los Hemíptera acuáticos son depredadores activos que se distribuyen en una amplia variedad de hábitats dulceacuícolas. Su sensibilidad a la contaminación es intermedia, siendo más abundantes en zonas con vegetación sumergida y aguas poco perturbadas.

d). Otros Ordenes

Tabla 1. Descripción de los principales macroinvertebrados acuáticos.

ORDEN DE INSECTO	CARACTERIZACION	Rasgos clave
Ephemeroptera 	• Nombre común: Eñimeras (Familias más comunes: Baetidae, Leptohyphidae, Caenidae). • Fase de vida: hemimetábolos (ninfas acuáticas y adultos voladores). • Periodo de indicación: ninfas. • Nutrición: Las ninfas son herbívoras y se nutren de algas y tejidos de plantas acuáticas. • hábitat: En aguas de corrientes, limpias y bien oxigenadas; solo algunas especies parecen resistir cierto grado de contaminación.	Abdomen generalmente con 2 cercos largos y un filamento central normalmente visibles: Uñas tarsales únicas.

Plecoptera 	• Nombre común: Moscas de las piedras (Familia más común: Perlidae). • Fase de vida: hemimetábolos (ninfas acuáticas y adultos voladores). • Periodo de indicación: ninfas muy sensibles a la contaminación. • Nutrición: Ninfas se nutren de carne. • Hábitat: En ríos de corrientes rápidas, con alto oxígeno, bajo las rocas, tallos, ramas y hojas.	Abdomen con un par de cercos sencillos largas antenas, uñas tarsales pares.
Trichoptera 	• Nombre común: Friganeas (Familias más comunes: Hydropsychidae, Hydroptilidae, Leptoceridae). • Fase de vida: holometábolos (ninfas y pupas: acuáticas y adultos voladores). • Periodo de indicación: ninfas. • Nutrición: ninfas depredadoras o herbívoras. • Hábitat: aguas corrientes, limpias y mucho oxígeno debajo de rocas, tallos y material vegetal, algunas especies habitan en aguas quietas y pozas de ríos y arroyos.	La estructura y el tipo de componente de las casas o refugios es una particularidad de valor taxonómico a nivel familiar.

Odonata 	• Nombre común: Libélulas, caballitos del diablo (Familias más comunes: Libellulidae, Coenagrionidae). • Fase de vida: hemimetábolos (larvas acuáticas y adultos voladores). • Periodo de indicación: larvas • Nutrición: ninfas depredadoras. • Hábitat: pozos, pantanos, márgenes de lagos y corrientes lentas y poco profundas.	Ojos compuestos prominentes. Branquias plumosas externas en la parte posterior del abdomen.
Coleoptera 	• Nombre común: escarabajos (Familias más comunes: Elmidae, Phesenidae, Hydrophilidae). • Ciclo de vida: hemimetábolos (larvas, pupas y adultos). • Periodo de indicación: larvas. • Nutrición: ninfas herbívoras y depredadoras. • Hábitat: en aguas salinas y en lagos.	Patas grandes y camina por el fondo del agua. Respiran aire con el extremo del abdomen o disponen de apéndices filamentosos.

Fuente: (Minchola,2021).

2.2.12. Influencia de la actividad minera sobre los macroinvertebrados acuáticos

Los macroinvertebrados acuáticos son organismos bentónicos que responden de manera diferenciada a las alteraciones del ambiente, razón por la cual son considerados excelentes bioindicadores de la calidad del agua. La actividad minera constituye una de las principales fuentes de perturbación de los ecosistemas lóticos, ya que modifica las características físicas, químicas y biológicas de los cuerpos de agua, afectando directamente la composición, abundancia y diversidad de estas comunidades (Vilca, 2022).

Las actividades de extracción minera generan cambios en el cauce de ríos y quebradas mediante la remoción de sedimentos, la eliminación de la vegetación ribereña y el depósito de materiales provenientes de la explotación. Estas alteraciones modifican el sustrato natural utilizado por los macroinvertebrados para refugiarse, alimentarse y completar su ciclo de vida, ocasionando una reducción de la heterogeneidad del hábitat y, en consecuencia, una disminución de la riqueza de especies (Bae, 2021).

Asimismo, el incremento de sedimentos finos reduce los espacios intersticiales entre rocas y grava, limitando la disponibilidad de microhábitats para numerosas familias de macroinvertebrados sensibles. Paralelamente, las modificaciones en parámetros fisicoquímicos como el oxígeno disuelto, la conductividad eléctrica, el pH y la concentración de sulfatos generan condiciones desfavorables para organismos con altos requerimientos ecológicos, favoreciendo la dominancia de especies tolerantes a la contaminación (Croijmans, 2021)

Diversos estudios han demostrado que las comunidades de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT) presentan alta sensibilidad a las alteraciones ocasionadas por la minería, debido a que requieren aguas bien oxigenadas, baja concentración de sedimentos y hábitats estables para su desarrollo. En contraste, grupos como Diptera, especialmente las larvas de la familia Chironomidae, y algunos oligoquetos poseen mayor tolerancia a ambientes degradados y suelen incrementar su abundancia en cuerpos de agua impactados por actividades antrópicas (Jiménez-Broncano, 2025)

La modificación de la estructura de las comunidades de macroinvertebrados también se refleja en los índices biológicos utilizados para evaluar la calidad ecológica del agua. Una disminución de la riqueza de familias sensibles ocasiona valores bajos del índice BMWP-CR y del índice EPT, mientras que la reducción de la diversidad y el aumento de la dominancia de pocas

especies tolerantes producen cambios en los índices de Shannon-Wiener y Simpson. En conjunto, estos indicadores permiten identificar el grado de perturbación ambiental y evaluar los efectos de la actividad minera sobre los ecosistemas acuáticos (Dallas, 2021)

Por ello, la comparación entre quebradas con actividad minera y quebradas sin intervención minera constituye una estrategia ampliamente utilizada en estudios de biomonitoreo, ya que permite identificar las modificaciones que la actividad extractiva produce sobre la estructura de las comunidades de macroinvertebrados y, en consecuencia, sobre la calidad ecológica de los cuerpos de agua. En la presente investigación, este enfoque permitió evaluar el efecto de la actividad minera mediante el análisis conjunto de los parámetros fisicoquímicos y de los índices biológicos BMWP-CR, EPT, Shannon-Wiener y Simpson.

2.2.13. Índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera).

El índice EPT es un indicador biológico utilizado para evaluar la calidad ecológica del agua mediante la presencia y abundancia de organismos pertenecientes a los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, considerados grupos altamente sensibles a la contaminación y a las alteraciones ambientales. Debido a sus elevados requerimientos de oxígeno disuelto y condiciones favorables del hábitat, estos organismos son ampliamente utilizados en programas de biomonitoreo de ecosistemas acuáticos (Vilca, 2022)

Las familias incluidas en este índice varían según la región de estudio, pero generalmente comprenden taxones pertenecientes a los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, los cuales son reconocidos como indicadores de buena calidad del agua. La presencia de estos organismos refleja ambientes acuáticos con adecuadas condiciones fisicoquímicas y baja perturbación antrópica.

La importancia ecológica del índice EPT radica en que permite detectar cambios en la estructura de las comunidades de macroinvertebrados frente a procesos de contaminación o degradación ambiental. Por ello, es considerado una herramienta eficaz para evaluar el estado de conservación de ríos y quebradas.

La interpretación del índice se basa en que valores altos indican una mayor riqueza de organismos sensibles y, por tanto, una mejor calidad ecológica del agua; mientras que valores bajos reflejan condiciones ambientales alteradas y una posible disminución de la calidad del ecosistema acuático (Jiménez-Broncano, 2025)

$$EPT = \frac{E + P + T}{N^{\circ} \text{ total de macroinvertebrados}} \times 100$$

E= número total de macroinvertebrados del orden Ephemeroptera.

P= número total de macroinvertebrados del orden Plecoptera.

T= número total de macroinvertebrados del orden Trichoptera.

N°= número total de individuos muestreados (macroinvertebrados).

Tabla 2. *Calidad de agua de acuerdo al índice EPT.*

INTERVALOS %	CALIDAD
75-100	MUY BUENA
50'-74	BUENA
25-49	REGULAR
0-24	MALA

Fuente: (Carrera & Fierro, 2001).

2.2.14. Índice BMWP'-CR (*Biological Monitoring Party modificado para-Costa Rica*).

El índice BMWP'-CR es un indicador biológico que evalúa la calidad del agua mediante la presencia de familias de macroinvertebrados acuáticos. A cada familia se le asigna una puntuación según su sensibilidad a la contaminación; la suma de estos valores permite determinar el estado ecológico del cuerpo de agua (Vilca, 2022)

Este índice considera familias pertenecientes a diferentes órdenes, como Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Odonata y Megaloptera, entre otros. Las familias más sensibles reciben puntuaciones más altas, mientras que las más tolerantes obtienen valores bajos.

El BMWP'-CR es una herramienta ampliamente utilizada en programas de biomonitoreo, ya que permite evaluar el impacto de actividades antrópicas, como la minería, sobre la calidad ecológica de ríos y quebradas. En esta investigación, el índice permitió comparar la calidad del agua entre quebradas con actividad minera y quebradas sin actividad minera, a partir de la composición de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos.

Tabla 3. *Índice BMWP'-CR.*

BMWP'	COLOR	NIVEL DE CALIDAD
> 120	Excelente	Aguas de calidad excelente
101-120	Muy bueno	Aguas de calidad buena, no contaminadas o no alteradas de manera sensible
61-100	Bueno	Aguas de calidad regular, eutrofia, contaminación moderada
36-60	Regular	Aguas de calidad mala, contaminadas
16-35	Pobre	Aguas de calidad mala, muy contaminadas
<15	Muy pobre	Aguas de calidad muy mala, extremadamente contaminadas

2.2.15. Índice de Simpson.

El índice de Simpson (D) es un indicador ecológico utilizado para medir la diversidad biológica de una comunidad, considerando la dominancia de las especies presentes. Este índice estima la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie o taxón. Valores bajos de dominancia indican una comunidad con mayor diversidad, mientras que valores altos reflejan el predominio de una o pocas especies (Magurran, 2021)

En los ecosistemas acuáticos, el índice de Simpson permite evaluar la estructura de las comunidades de macroinvertebrados y detectar cambios ocasionados por alteraciones ambientales. La contaminación y otras perturbaciones, como la actividad minera, suelen favorecer el incremento de organismos tolerantes y la disminución de especies sensibles, lo que modifica los valores del índice y evidencia cambios en la calidad ecológica del agua (Jiménez-Broncano, 2025)

En la presente investigación, el índice de Simpson se utilizó para comparar la dominancia y diversidad de los macroinvertebrados acuáticos entre quebradas con actividad minera y quebradas sin actividad minera, complementando la evaluación de la calidad del agua mediante los índices BMWP-CR, EPT y Shannon-Wiener.

n_i = el número de individuos de la especie

N = el número total de total de individuos de todas las especies.

$$D_s = \frac{\sum n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

2.2.16. Índice de Shannon

El **índice de Shannon-Wiener (H')** es un índice ecológico utilizado para medir la diversidad biológica de una comunidad, considerando tanto la riqueza de especies como la distribución de los individuos entre ellas. Un valor elevado del índice indica una comunidad con mayor diversidad y una distribución más uniforme de los organismos, mientras que valores bajos reflejan menor diversidad y predominio de pocas especies (Magurran, 2021)

En los ecosistemas acuáticos, el índice de Shannon-Wiener es ampliamente utilizado para evaluar la estructura de las comunidades de macroinvertebrados y detectar cambios ocasionados por alteraciones ambientales. La disminución de este índice suele asociarse con perturbaciones como la contaminación del agua, el aumento de sedimentos y los efectos de la actividad minera, los cuales favorecen la dominancia de organismos tolerantes y reducen la presencia de especies sensibles (Jiménez-Broncano, 2025)

En la presente investigación, el índice de Shannon-Wiener permitió comparar la diversidad de macroinvertebrados entre quebradas con actividad minera y quebradas sin actividad minera, constituyendo un indicador de la calidad ecológica de los cuerpos de agua.

$$H' = - \sum P_i \ln P_i$$

Dónde:

H' = Diversidad

P_i = proporción de individuos de la especie

2.2.17. Parámetros fisicoquímicos

los parámetros fisicoquímicos constituyen indicadores fundamentales para evaluar la calidad del agua, ya que permiten conocer las características físicas y químicas de un cuerpo

hídrico y detectar alteraciones ocasionadas por procesos naturales o actividades antrópicas, como la minería. La medición de estos parámetros complementa la evaluación biológica mediante macroinvertebrados, proporcionando información sobre las condiciones ambientales que influyen en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos (Ministerio del Ambiente (MINAM, 2017)

El potencial de hidrógeno (pH) es un parámetro que mide el grado de acidez o alcalinidad del agua en una escala de 0 a 14. Este parámetro influye en la disponibilidad de nutrientes, la solubilidad de los metales y el desarrollo de los organismos acuáticos.

La actividad minera puede alterar el pH debido a la oxidación de minerales sulfurados o a la liberación de compuestos alcalinos durante la explotación, modificando las condiciones naturales del ecosistema acuático y afectando la biodiversidad.

De acuerdo con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua), el rango recomendado para la conservación del ambiente acuático es de 6,5 a 8,5 unidades de pH (MINAM, 2017)

Temperatura es una propiedad física que determina el contenido de calor del agua y regula numerosos procesos biológicos y químicos. Influye en la solubilidad del oxígeno, el metabolismo de los organismos y la velocidad de las reacciones químicas. La actividad minera puede incrementar la temperatura por la pérdida de cobertura vegetal y la alteración del cauce. El ECA-Agua no establece un valor fijo, sino que recomienda mantener las condiciones naturales del cuerpo de agua.

La conductividad eléctrica (CE) mide la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica, la cual depende de la concentración de sales e iones disueltos.

Valores elevados de conductividad indican un incremento de sustancias disueltas y pueden evidenciar procesos de contaminación o alteraciones originadas por actividades antrópicas.

La actividad minera incrementa la conductividad debido a la liberación de minerales y metales durante la extracción y el lavado del material, aumentando la concentración de iones presentes en el agua.

El ECA-Agua no establece un valor máximo para la conductividad eléctrica; sin embargo, este parámetro es ampliamente utilizado como indicador complementario de la calidad del agua y de posibles procesos de contaminación (MINAM, 2017)

El oxígeno disuelto (OD) corresponde a la cantidad de oxígeno disponible en el agua para la respiración de los organismos acuáticos.

Altas concentraciones de oxígeno favorecen el desarrollo de macroinvertebrados sensibles y reflejan buenas condiciones ecológicas, mientras que concentraciones bajas limitan la supervivencia de numerosas especies.

La actividad minera puede disminuir el oxígeno disuelto debido al incremento de sedimentos y materia orgánica, reduciendo el intercambio gaseoso entre el agua y la atmósfera.

Según el ECA-Agua, la concentración recomendada para la conservación del ambiente acuático es mayor o igual a 5 mg/L (MINAM, 2017)

La turbidez representa la cantidad de partículas suspendidas presentes en el agua, las cuales disminuyen la transparencia del cuerpo hídrico.

El incremento de la turbidez reduce la penetración de la luz, afecta la fotosíntesis y altera el hábitat de los organismos acuáticos.

La actividad minera constituye una de las principales causas del aumento de la turbidez debido a la remoción del suelo y al arrastre de sedimentos hacia ríos y quebradas.

El ECA-Agua no establece un valor único para la turbidez en todas las categorías ambientales; por ello, este parámetro se utiliza principalmente como indicador de alteración física del agua (MINAM, 2017)

Los sulfatos (SO_4^{2-}) son compuestos presentes de forma natural en el agua por la disolución de minerales, aunque sus concentraciones pueden incrementarse por actividades antrópicas.

En concentraciones elevadas, los sulfatos modifican la composición química del agua y pueden estar asociados a procesos de drenaje ácido de mina.

La actividad minera favorece la oxidación de minerales sulfurados, incrementando la concentración de sulfatos en los cuerpos de agua.

El ECA-Agua establece para la Categoría 4 (Conservación del Ambiente Acuático) un valor de referencia de ≤ 250 mg/L para sulfatos (MINAM, 2017)

El hierro (Fe) es un elemento presente de forma natural en rocas y suelos, cuya concentración en el agua puede aumentar por procesos de erosión o por actividades mineras.

Concentraciones elevadas de hierro afectan las propiedades fisicoquímicas del agua y pueden ocasionar efectos negativos sobre los organismos acuáticos y la calidad del ecosistema.

La explotación minera incrementa la movilización del hierro debido a la exposición y oxidación de minerales metálicos.

El ECA-Agua establece para la conservación del ambiente acuático un valor máximo de 1 mg/L de hierro total (MINAM, 2017)

Sólidos disueltos totales (SDT) corresponden al conjunto de sales, minerales y otras sustancias disueltas presentes en el agua. Su concentración influye en las propiedades fisicoquímicas y en la supervivencia de los organismos acuáticos. La minería puede incrementar

los SDT mediante la disolución de minerales expuestos durante la extracción. El ECA-Agua establece valores de referencia según la categoría de uso del agua.

Dureza total expresa la concentración de calcio y magnesio presentes en el agua. Este parámetro influye en las propiedades químicas del agua y en algunos procesos biológicos. La actividad minera puede modificar la dureza al aumentar la concentración de minerales disueltos. El ECA-Agua no establece un valor específico para la conservación del ambiente acuático.

Calcio es un catión presente de forma natural en el agua y contribuye a la dureza. Es esencial para numerosos procesos biológicos de los organismos acuáticos. La minería puede incrementar su concentración mediante la disolución de minerales calcáreos. El ECA-Agua no establece un valor máximo para este elemento.

Magnesio es un componente natural del agua que participa en la dureza total y en diversos procesos biológicos. Su concentración puede aumentar debido a la alteración de rocas y minerales durante las actividades mineras. El ECA-Agua no establece un valor límite específico.

Sodio es un ion presente naturalmente en las aguas superficiales. Concentraciones elevadas pueden indicar procesos de contaminación o incremento de sales disueltas. La minería puede aumentar su concentración mediante la lixiviación de minerales. El ECA-Agua no establece un valor específico para este parámetro.

Potasio es un catión presente en bajas concentraciones en el agua y participa en procesos biológicos. La actividad minera puede incrementar su concentración por la alteración de minerales ricos en potasio. El ECA-Agua no establece un límite específico.

Cloruros son aniones presentes de forma natural en el agua y contribuyen a su composición química. Concentraciones elevadas pueden indicar contaminación por actividades

humanas. La minería puede aumentar los cloruros mediante la disolución de minerales y efluentes. El ECA-Agua establece un valor máximo de 250 mg/L.

Carbonatos forman parte del sistema de alcalinidad del agua y contribuyen a la regulación del pH. La minería puede alterar su concentración al modificar el equilibrio químico del agua. El ECA-Agua no establece un valor específico para este parámetro.

Bicarbonatos son compuestos que regulan la capacidad amortiguadora del agua y ayudan a mantener estable el pH. Su concentración puede variar por procesos geológicos y por actividades mineras. El ECA-Agua no establece un valor límite específico.

Boro es un elemento traza presente en bajas concentraciones en las aguas naturales. Niveles elevados pueden afectar algunos organismos acuáticos y alterar la calidad del agua. La minería puede incrementar su concentración por la disolución de minerales. El ECA-Agua establece un valor de referencia de 0,75 mg/L para la conservación del ambiente acuático.

2.2.18. Ecosistemas lóticos

Los ecosistemas lóticos son cuerpos de agua caracterizados por el flujo continuo de la corriente, como ríos, arroyos y quebradas. En estos ecosistemas, el movimiento permanente del agua condiciona los procesos físicos, químicos y biológicos, determinando la estructura y funcionamiento de las comunidades acuáticas (Allan, 2007)

Las Quebradas son cursos naturales de agua de menor tamaño que los ríos, generalmente localizados en zonas montañosas y con pendientes pronunciadas. Su caudal puede ser permanente o estacional, dependiendo del régimen de precipitaciones, la infiltración y el aporte de aguas subterráneas. Debido a su estrecha relación con la cuenca hidrográfica, las quebradas son ecosistemas altamente sensibles a las alteraciones ocasionadas por actividades antrópicas, como la minería, la agricultura y la deforestación (Ministerio del Ambiente (MINAM, 2017)

Característica de las quebradas. Las quebradas presentan características que las diferencian de otros ecosistemas acuáticos. Entre ellas destacan el flujo unidireccional del agua, la variabilidad del caudal según la estacionalidad, la elevada oxigenación debido a la turbulencia, el predominio de sustratos como rocas, grava, arena y materia orgánica, así como la presencia de comunidades biológicas adaptadas a la corriente. Estas condiciones favorecen el desarrollo de macroinvertebrados bentónicos, organismos ampliamente utilizados como indicadores de la calidad ecológica del agua (Allan, 2007)

Dinámica hidrológica de las quebradas está influenciada por el ciclo hidrológico, las precipitaciones, la infiltración, la escorrentía superficial y las características geológicas y topográficas de la cuenca. Durante la temporada de lluvias aumenta el caudal y la velocidad del flujo, incrementándose el transporte de sedimentos y nutrientes; mientras que en la época seca disminuye el volumen de agua y la capacidad de dilución de contaminantes. Las actividades humanas, especialmente la minería, pueden modificar estos procesos mediante la remoción de la cobertura vegetal, el incremento de la erosión y el aporte de sedimentos y sustancias contaminantes (MINAM, 2017)

Importancia ecológica. Las quebradas cumplen un papel fundamental en la conservación de la biodiversidad y en el mantenimiento del equilibrio ecológico de las cuencas hidrográficas. Estos ecosistemas proporcionan hábitat para numerosas especies de flora y fauna, regulan el transporte de agua, sedimentos y nutrientes, y contribuyen a la recarga de acuíferos. Asimismo, albergan comunidades de macroinvertebrados bentónicos que participan en la descomposición de la materia orgánica, el reciclaje de nutrientes y la transferencia de energía dentro de la cadena trófica. Debido a su sensibilidad frente a los cambios ambientales, estos organismos son

considerados excelentes bioindicadores de la calidad del agua y del estado ecológico de los ecosistemas lóticos (Roldán-Pérez, 2016)

2.2.19. normativa ambiental peruana.

Ley General del Ambiente (Ley N.º 28611) constituye la norma marco de la gestión ambiental en el Perú. Su finalidad es garantizar el derecho de toda persona a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida, promoviendo la conservación de los recursos naturales, la prevención de la contaminación y el aprovechamiento sostenible del ambiente. Asimismo, establece los principios que orientan la política ambiental nacional y las responsabilidades de las entidades públicas y privadas en la protección del ambiente. En la presente investigación, esta ley sustenta la importancia de evaluar los impactos de la actividad minera sobre la calidad del agua y la conservación de los ecosistemas acuáticos.

Ley de Recursos Hídricos (Ley N.º 29338) regula la gestión integrada y sostenible de los recursos hídricos en el Perú, considerando al agua como un recurso natural esencial para la vida, el desarrollo económico y la conservación de los ecosistemas. La ley promueve el uso eficiente del recurso hídrico, la prevención de su contaminación y la protección de las fuentes de agua superficiales y subterráneas. En el contexto de esta investigación, constituye el sustento legal para la protección de las quebradas evaluadas y para la conservación de su calidad ambiental frente a las actividades mineras.

Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua), aprobados mediante el **Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM**, establecen los valores de referencia que deben cumplir los parámetros físicos, químicos y biológicos del agua para proteger la salud de las personas y conservar los ecosistemas acuáticos. Estos estándares constituyen el principal instrumento técnico para evaluar la calidad del agua en el Perú. En la presente investigación, los resultados de los

parámetros fisicoquímicos fueron comparados con los valores establecidos en el ECA-Agua, permitiendo determinar el estado de conservación de las quebradas con actividad minera y sin actividad minera.

Normativa ambiental aplicable a la actividad minera. La actividad minera en el Perú se desarrolla bajo un conjunto de normas orientadas a prevenir, controlar y mitigar los impactos ambientales derivados de la exploración, explotación y beneficio de los recursos minerales. Entre las principales disposiciones se encuentra el Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería, aprobado mediante el Decreto Supremo N.º 014-92-EM, el cual establece las obligaciones ambientales de los titulares mineros. Asimismo, el Reglamento de Protección Ambiental para las Actividades de Exploración Minera, aprobado por el Decreto Supremo N.º 042-2017-EM, dispone medidas para prevenir y reducir los impactos sobre el agua, el suelo, la flora y la fauna durante las actividades de exploración. Estas normas respaldan la necesidad de evaluar el efecto de la actividad minera sobre la calidad del agua y contribuyen a la protección de los ecosistemas acuáticos en zonas de influencia minera.

2.3. Marco conceptual.

2.3.1. Actividad Minería

La actividad minera comprende el conjunto de operaciones destinadas a la exploración, extracción, beneficio y procesamiento de recursos minerales, las cuales pueden generar modificaciones en el suelo, el agua y los ecosistemas circundantes cuando no se desarrollan bajo criterios adecuados de gestión ambiental (Ministerio de Energía y Minas . (MINEM, 2023).

2.3.2. Calidad de agua.

La definición de la calidad de agua. Según con la OMS y otros organismos internacionales, se puede recapitular como las condiciones en que se encuentran el agua con relación a sus

características físicas, químicas y biológicas, después de ser alterada por la acción humana. Sin la acción humana, la calidad del agua vendría determinada fundamentalmente por la erosión del substrato mineral, los procesos atmosféricos de evapotranspiración y sedimentación de lodos y sales, la lixiviación natural de la materia orgánica y los nutrientes del suelo por los factores hidrológicos, y los procesos biológicos en el medio acuático que pueden alterar la composición física y química del agua (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2016).

La calidad del agua se define como el conjunto de características físicas, químicas y biológicas que determinan su aptitud para un uso específico y el mantenimiento de las funciones ecológicas de los ecosistemas acuáticos. En el Perú, el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, establece que los cuerpos naturales de agua se clasifican en categorías según el uso que se les asigna. Para investigaciones orientadas a la protección de los ecosistemas acuáticos, corresponde la Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, la cual comprende cuerpos naturales de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y zonas de amortiguamiento, cuyas características requieren ser protegidas. Esta categoría incluye la subcategoría E2: Ríos, donde se establecen los valores máximos permitidos para parámetros físicos, químicos y biológicos con el fin de preservar la vida acuática y el equilibrio ecológico (Ministerio del Ambiente , 2017).

2.3.3. Bioindicadores

El concepto de bioindicador aplicado a la evaluación de calidad de agua es definido como: especie (o ensamble de especies) que posee requerimientos particulares con relación a uno o un conjunto de variables físicas o químicas, tal que los cambios de presencia/ausencia, número, morfología o de conducta de esa especie en particular, indique que las variables físicas o químicas consideradas, se encuentran cerca de sus límites de tolerancia (Cheneaux, 2020)

2.3.4. Macroinvertebrados bentónicos

Los macroinvertebrados bentónicos son organismos invertebrados visibles a simple vista que habitan el fondo de ríos, quebradas y otros cuerpos de agua. Debido a su diferente tolerancia frente a los contaminantes y a los cambios ambientales, constituyen excelentes bioindicadores de la calidad del agua (Roldán-Pérez, 2016)

2.3.5. Diversidad biológica

Los macroinvertebrados bentónicos son organismos invertebrados visibles a simple vista que habitan el fondo de ríos, quebradas y otros cuerpos de agua. Debido a su diferente tolerancia frente a los contaminantes y a los cambios ambientales, constituyen excelentes bioindicadores de la calidad del agua (Roldán-Pérez, 2016)

2.3.6. conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica es un parámetro fisicoquímico que mide la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica como consecuencia de la concentración de iones disueltos. Valores elevados pueden indicar un incremento de sales disueltas asociado a procesos naturales o actividades antrópicas, como la minería (American Public Health Association, 2023)

2.3.7. PH

El pH es un indicador del grado de acidez o alcalinidad del agua, expresado mediante una escala de 0 a 14. Este parámetro influye en la disponibilidad de nutrientes, la movilidad de metales y la supervivencia de los organismos acuáticos (American Public Health Association, 2017)

2.3.8. Índice EPT (*Ephemeroptera*, *Plecoptera* y *Trichoptera*).

El índice EPT se basa en el número de taxones de tres órdenes de insectos acuáticos: *Ephemeroptera*, *Plecoptera* y *Trichoptera*, considerados altamente sensibles a la contaminación.

Un alto porcentaje o abundancia de estos grupos indica alta calidad del agua, mientras que su ausencia o escasez sugiere contaminación (Bonada, Prat, Resh, & Statzner, 2020).

2.3.9. Índice de Shannon – Wiener (H')

El índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') mide la riqueza y la equitatividad de especies en una comunidad. Cuanto mayor es el valor de H' , mayor es la diversidad y, por lo general, mejor es la calidad ecológica del sistema acuático. Valores bajos reflejan ambientes degradados o dominados por pocas especies tolerantes.

2.3.10. Índice BMWP'-CR (Biological Monitoring Working Party – adaptado).

El índice BMWP'-CR es un método biológico que evalúa la calidad del agua asignando puntajes a las familias de macroinvertebrados según su tolerancia o sensibilidad a la contaminación orgánica. Cada familia recibe un valor entre 1 y 10; la suma total de estos valores proporciona un indicador del estado ecológico del cuerpo de agua. Valores altos del BMWP'-CR indican aguas limpias o poco contaminadas, mientras que valores bajos reflejan contaminación orgánica significativa (Roldán, 2003).

Así mismo el índice BMWP'-CR fue seleccionado para la presente investigación por ser una adaptación del índice BMWP desarrollada para ecosistemas tropicales de Centroamérica, cuyas condiciones ecológicas son más similares a las de la vertiente amazónica del Perú que las del índice BMWP original. Este índice permite evaluar la calidad biológica del agua mediante la sensibilidad de las familias de macroinvertebrados acuáticos frente a la contaminación y ha sido ampliamente utilizado en estudios de biomonitoreo en países latinoamericanos, constituyendo una herramienta adecuada para evaluar el efecto de la actividad minera sobre la calidad del agua en las quebradas del distrito de Camanti–Quincemil.

2.3.11. Índice de Dominancia de Simpson

El índice de Simpson (D) evalúa el grado de dominancia o concentración de especies en una comunidad. Valores cercanos a 0 indican alta diversidad (baja dominancia de una sola especie), mientras que valores cercanos a 1 reflejan baja diversidad y posible alteración ambiental. Se utiliza como complemento al índice de Shannon para obtener una visión completa de la estructura biológica.

2.4. Lugar de Ejecución de Trabajo de Investigación.

El presente estudio de investigación se realizó en seis quebradas: tres quebradas afectadas por la minería y tres quebradas no afectadas por esta actividad, las cuales se ubicaron en el distrito de Camanti – Quincemil, en la carretera Interoceánica Sur.

2.4.1. Ámbito de estudio

Localización política

Departamento	: Cusco
Provincia	: Quispicanchi
Distrito	: Camanti

2.4.2. Límites

Los límites del Distrito de Camanti son:

Por el Norte: con el distrito de Huaypetue provincia del Manu – Madre de dios.

Por el Este: con el distrito de ayapata y san Gaban, provincia Carabaya – puno.

Por el sur: con el Distrito de Marcapata – provincia Quispicanchi.

Por el Oeste: con el distrito de kosñipata – provincia Paucartambo.

2.4.3. *Altitud*

EL distrito de Camanti se encuentra a 643 m.s.n.m. tomando como referencia la estación de Quincemil. Ubicado entre la latitud sur 13° 10' 06" y la longitud Oeste 70° 36' 22", por su altitud se halla ubicado en la zona de ceja de la selva baja amazónica, y por encima de los 2, 620 m.s.n.m, se encuentra el cerro Camanti mirador turístico con ruinas incaicas (CODISEC, 2020).

2.4.4. *Superficie*

El distrito de Camanti cuenta con una extensión superficial de 3, 174.93 km², que representa el 41.96 % (1.28 Hab/km²) de la superficie de la provincia de Quispicanchi constituida por 7,5564.79 km², y corresponde al 11.94% en relación con la superficie total de la región cusco que es de 63,345.39 km²; presentando una densidad poblacional de 8.2 habitantes/km (CODISEC, 2020).

2.4.5. *Clima*

El distrito de Camanti presenta un clima cálido y húmedo, si bien llueve casi todo el año la distribución de las precipitaciones es claramente estacional, ya que en el verano (diciembre a marzo) ocurre la mayor cantidad de lluvias. Producto de las condiciones climáticas existentes, el paisaje alcanza una vista boscosa selvático propio de las regiones amazónicas sumamente lluviosas (CODISEC, 2020).

2.4.6. *Temperatura*

Su temperatura promedio es de 25°C y su precipitación promedio es de 5,868, m.s.n.m. una particularidad térmica es de zona es la ocurrencia de friajes, que hacen descender la temperatura en periodos cortos e irregulares que suceden entre mayo y agosto (CODISEC, 2020).

2.4.7. Ubicación geográfica

El distrito de Camanti es uno de los doce distritos de la provincia de Quispicanchi, que se encuentra ubicado en la zona ceja de selva baja, en los límites con la región de madre de dios, (distrito de Huaypetue- provincia de manu) y la región de puno, (distritos de Ayapata y san Gaban Provincia de Carabaya), atravesado por la vía interoceánica sur tramo II-vía Urcos – puerto Maldonado; desde el punto de vista físico, el territorio distrital se sitúa sobre la cuenca del rio arazá (CODISEC, 2020).

2.4.8. Periodo de Investigación

Se va a realizar en seis quebradas, tres quebradas cerca de la minería y tres quebradas sin contacto a la minería en el distrito de Camanti, provincia de Quispicanchi del departamento de cusco a partir del mes de abril del 2024 hasta el mes de noviembre 2024.

2.4.9. Ubicación de las Quebradas del Estudio.

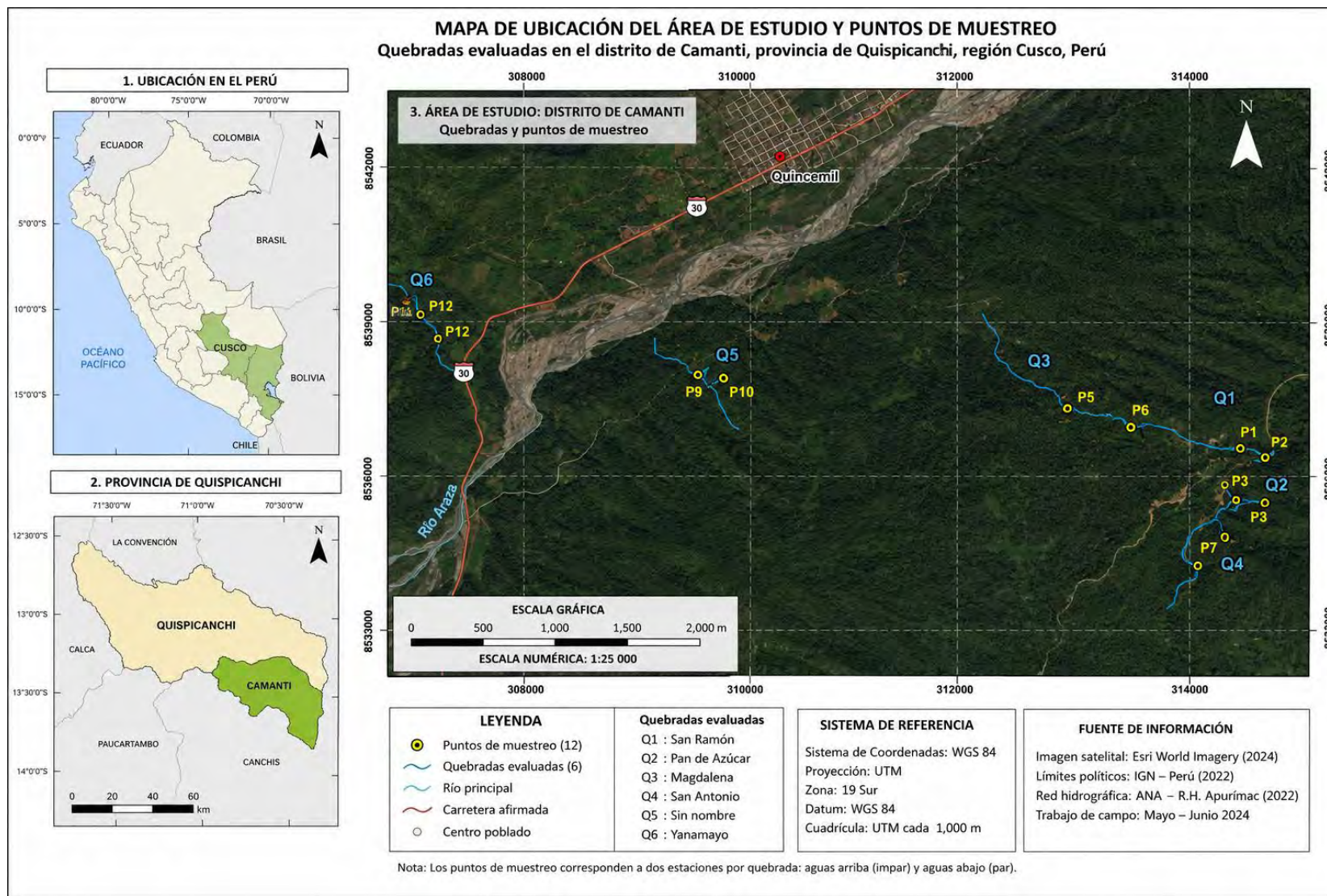
Para este estudio se seleccionó seis quebradas donde: tres quebradas que comprenden con presencia de minería y tres quebradas sin presencia de contaminación minera.

Tabla 4. *Coordenadas UTM WGS 84 de las quebradas de estudio.*

	Vértices	Este (x)	Norte (x)
1.	Q. San Ramon	313481	8533880
2.	Q. Pan de Azúcar	313518	8533851
3.	Q. Magdalena	312701	8533985
4.	Q. San Antonio	313339	8533661
5.	Q. Rumimayo	308951	8534690
6.	Q. Yanamayo	306860	8534866

Fuente: Elaborado por: (Gisela Q. & Erika E. 2026).

Figura 1. *Ubicación de las quebradas.*



III. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

El proyecto de investigación fue aprobado en el año 2023, manteniéndose dicha referencia temporal en el título y en el planteamiento del estudio. No obstante, debido al cronograma de ejecución de la investigación y a las condiciones necesarias para el desarrollo del trabajo de campo, la recolección de datos se realizó entre los meses de febrero y julio de 2025. En consecuencia, los resultados presentados en la presente tesis corresponden a las condiciones ambientales observadas durante dicho período de evaluación.

3.1. Operacionalización de Variables.

Tabla 5. Operacionalización de variables.

Variable	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	U. de medida
Variable A Intervención minera	Presencia de actividad minera.	Quebrada con minería.	Ficha de observación de campo y GPS.	Categoría (con intervención minera).
	Ausencia de actividad minera.	Quebradas sin minería.	Ficha de observación de campo y GPS.	Categoría (sin intervención minera).
Variable B Calidad de agua	Calidad físicoquímica	PH	Kit LaMotte y análisis de laboratorio acreditado	Unidades de pH
		Conductividad eléctrica.	Laboratorio (Unsaac)	μS/cm
		Dureza total	Laboratorio (Unsaac)	mg/L
		Calcio	Laboratorio (Unsaac)	mg/L
		Magnesio	Laboratorio (Unsaac)	mg/L
		Sodio	Laboratorio (Unsaac)	mg/L
		Potasio	Laboratorio (Unsaac)	mg/L
		Cloruros	Laboratorio (Unsaac)	mg/L
		Sulfatos	Laboratorio (Unsaac)	mg/L
		Bicarbonatos	Laboratorio (Unsaac)	mg/L
		Carbonatos	Laboratorio (Unsaac)	mg/L
		Hierro	Laboratorio (Unsaac)	mg/L
		Boro	Laboratorio (Unsaac)	mg/L
		Sales solubles totales	Laboratorio (Unsaac)	mg/L
		Temperatura	Kit LaMotte	°C
		Oxígeno disuelto	Kit LaMotte	mg/L
		Fosfatos	Kit LaMotte	mg/L

		Nitratos	Kit LaMotte	mg/L
		Turbidez	Kit LaMotte	NTU
		Índice BMWP'-CR	estereoscopio y claves taxonómicas	Puntos
	Calidad biológica	Índice EPT	estereoscopio y claves taxonómicas	%
		Índice de Shannon-Wiener	Base de datos de macroinvertebrados y software estadístico	Valor del índice (H')
		Índice de Simpson	Base de datos de macroinvertebrados y software estadístico	Valor del índice (D o 1-D)

3.2. Diseño de Investigación.

La presente investigación se desarrolló bajo un diseño no experimental de corte transversal, debido a que las variables fueron observadas y medidas en su contexto natural, sin manipulación deliberada por parte del investigador. La recolección de datos se efectuó entre los meses de febrero y julio de 2025, periodo que comprendió la época lluviosa (enero–marzo), una fase de transición (abril) y el inicio de la época seca (mayo–julio) en el distrito de Camanti–Quincemil. En consecuencia, los resultados obtenidos representan las condiciones ambientales registradas durante dicho intervalo temporal y no permiten evaluar específicamente el efecto de la estacionalidad sobre los parámetros físicoquímicos y las comunidades de macroinvertebrados acuáticos. Se recomienda que futuras investigaciones desarrollen muestreos independientes en las épocas lluviosa y seca para analizar la variabilidad estacional de la calidad del agua y de las comunidades bentónicas.

La investigación no experimental es aquella en la que el investigador no manipula deliberadamente las variables independientes, sino que observa y analiza los fenómenos tal como ocurren en su contexto natural, sin intervenir ni generar situaciones artificiales para estudiar sus efectos. En este tipo de estudio, las variables ya han sucedido o se presentan de manera espontánea,

por lo que no existe control directo sobre ellas, limitándose el investigador a medirlas y examinarlas para comprender sus relaciones (Hernández & Mendoza, 2018).

3.3. Tipo de Investigación

La presente investigación fue de enfoque cuantitativo, con un nivel descriptivo-comparativo. Fue cuantitativa porque se fundamentó en la medición y análisis de parámetros fisicoquímicos del agua y de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos mediante procedimientos estadísticos. Asimismo, fue descriptivo-comparativa porque permitió caracterizar la calidad del agua y comparar los parámetros fisicoquímicos, así como la composición, diversidad y abundancia de macroinvertebrados entre quebradas intervenidas y no intervenidas por la actividad minera. Para fortalecer el análisis comparativo, se aplicó la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney, con el propósito de determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los grupos evaluados.

El estudio descriptivo comparativo es un tipo de investigación que se orienta a describir las características de dos o más grupos, fenómenos o variables y compararlos entre sí, sin manipular las variables, con el fin de identificar semejanzas y diferencias entre ellos. Su propósito principal es observar cómo se manifiestan las variables en distintos contextos o grupos y establecer comparaciones que permitan comprender mejor sus características y relaciones (Hernández & Mendoza, 2018).

3.4. Población y Tamaño de Muestra.

3.4.1. Población

La población de estudio estuvo conformada por las quebradas del distrito de Camanti – Quispicanchi – Cusco, considerando ecosistemas acuáticos con y sin influencia de actividad minera. En total, se incluyeron seis (6) quebradas, de las cuales tres (3) presentaron intervención

por actividad minera y tres (3) no intervenidas, permitiendo su evaluación bajo condiciones ambientales comparables.

Asimismo, como complemento del estudio ambiental, se consideró una población social conformada por las familias que habitan en las zonas cercanas a las quebradas evaluadas, debido a su relación directa con el uso del recurso hídrico y la percepción de la calidad del agua en el área de estudio.

3.4.2. Tamaño de muestra.

El tamaño de muestra ambiental estuvo constituido por doce (12) puntos de muestreo distribuidos en seis (6) quebradas, estableciendo dos puntos por quebrada (aguas arriba y aguas abajo), con la finalidad de evaluar la variabilidad espacial de la calidad del agua y la comunidad de macroinvertebrados acuáticos. Asimismo, se instalaron setenta y dos (72) paquetes de hojas, equivalentes a doce (12) paquetes por quebrada, de los cuales treinta y seis (36) correspondieron a quebradas intervenidas por actividad minera y treinta y seis (36) a quebradas no intervenidas, siguiendo la metodología de biomonitoreo establecida en estudios similares.

Para el componente social, la muestra estuvo conformada por cincuenta (50) familias seleccionadas mediante un muestreo no probabilístico de tipo intencional, debido a que se priorizó la inclusión de unidades de análisis que presentaran características específicas relevantes para el estudio, como su proximidad a las quebradas evaluadas y su acceso directo al recurso hídrico. Este tipo de muestreo resultó adecuado, ya que permitió obtener información de actores directamente involucrados y potencialmente afectados por la calidad del agua y la actividad minera, garantizando así la pertinencia de los datos recolectados. La aplicación del cuestionario permitió complementar la información ambiental mediante la percepción local sobre la calidad del agua y los posibles efectos de la actividad minera en la zona.

3.4.3. Criterios de inclusión y exclusión de las quebradas

Las seis quebradas incluidas en la investigación fueron seleccionadas de manera intencional, considerando criterios ambientales y de accesibilidad que garantizaran la comparabilidad entre las quebradas intervenidas y no intervenidas por la actividad minera.

Criterios de inclusión para quebradas intervenidas por actividad minera:

- Presencia de actividad minera aurífera aluvial durante el periodo de estudio.
- Caudal permanente durante el periodo de muestreo.
- Accesibilidad que permitiera la instalación y recuperación de los paquetes de hojas y la recolección de muestras de agua.
- Condiciones adecuadas para el desarrollo de comunidades de macroinvertebrados acuáticos.

Criterios de inclusión para quebradas no intervenidas por actividad minera:

- Ausencia de actividad minera en el área de influencia de la quebrada.
- Conservación de la cobertura vegetal ribereña.
- Caudal permanente durante el periodo de muestreo.
- Características geomorfológicas e hidrológicas comparables con las quebradas intervenidas (caudal, pendiente y altitud similares).
- Accesibilidad para el desarrollo de las actividades de campo.

Criterios de exclusión

- Quebradas de régimen intermitente o estacional.
- Quebradas con descargas de aguas residuales domésticas, industriales o agrícolas.

- Quebradas afectadas por otras fuentes evidentes de contaminación distintas de la actividad minera.
- Quebradas con limitaciones de acceso que impidieran realizar adecuadamente el muestreo ambiental.

3.5. Materiales y equipos

Materiales:

✓ Gabinete

- Balanza en gramos
- Estereoscopio
- Laptop
- Alcohol
- Guía de macroinvertebrados
- Hojas

✓ Campo

- Cronometro
- GPS
- Bolsas de malla de plástico
- Saquillos

- Plumón indeleble
- Etiquetas a prueba de agua
- Colador
- Pinzas
- Recipientes
- Tijeras
- Cola de rata
- Papel toalla
- Placas Petri
- Cuaderno de apuntes
- Lapiceros
- Cinta métrica
- Cinta de agua
- Machete
- Regla
- Alcohol

3.6. Técnicas e instrumentos de colecta de datos.

La colecta de macroinvertebrados acuáticos se realizó mediante un enfoque cuantitativo, empleando como técnica el método de paquetes de hojas, los cuales fueron instalados y posteriormente recuperados en cada punto de muestreo. La identificación taxonómica de los organismos recolectados se efectuó con el apoyo del Manual de Macroinvertebrados Acuáticos y laboratorio de la institución ACEER foundation, que permitió clasificar los individuos hasta el nivel taxonómico correspondiente.

En cuanto a la calidad del agua, se registraron parámetros fisicoquímicos mediante el kit de monitoreo LaMotte. De manera complementaria, se recolectaron muestras de agua en cada punto para su análisis en el laboratorio de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, donde se determinaron parámetros adicionales, lo que permitió contar con una caracterización más completa de las condiciones ambientales de las quebradas estudiadas.

3.7. Procedimiento de la investigación

El proyecto de tesis se inició en tres fases: fase de pre – campo, fase de campo y por último la fase de post- campo. El método que se va a aplicar en cada una de estas fases se describe a continuación.

3.7.1. Fase de pre – campo

En esta fase consistió en la identificación y verificación de los 12 puntos de muestreo distribuidos en las 6 quebradas seleccionadas: Yanamayo, Rumimayo y san Antonio (Quebradas sin intervención minera) Pan de Azúcar, Magdalena, San Ramón (Quebradas con intervención minera).

Se evaluaron aspectos como:

- Accesibilidad a cada sitio: Se evaluó el acceso a los puntos de muestreo considerando la distancia, infraestructura y facilidad para movilizar equipos y personal.
- Condiciones físicas de las quebradas: Se analizaron las características geográficas y ambientales para asegurar que los puntos fueran representativos.
- Identificación de fuentes potenciales de contaminación: Se identificaron actividades como minería, agricultura y ganadería que podrían afectar la calidad del agua.
- Representatividad ecológica de los sitios: Se evaluó la diversidad ecológica para asegurar que los sitios representaran adecuadamente los ecosistemas acuáticos.
- Elaboración y validación de instrumentos: Se diseñaron y validaron los instrumentos de medición para asegurar su fiabilidad.
- Aplicación de encuestas preliminares a la población local: Se realizaron encuestas a los habitantes locales sobre la calidad del agua y los efectos de la minería.
- Coordinación logística y planificación del trabajo de campo: Se organizó detalladamente la logística, incluyendo la asignación de recursos y personal.
- Perfil Longitudinal: Se evaluó el perfil longitudinal para entender las dinámicas del flujo y la distribución de las especies acuáticas.
- Tipo de Sustrato: El sustrato predominante fue hojarasca de la especie Inga, importante para la biodiversidad acuática.
- Velocidad Media del Agua: Se midió para entender el comportamiento del flujo en cada sitio.

- Profundidad: Se determinó una profundidad de 1 metro en los puntos de muestreo, esencial para la estratificación del agua y el análisis de la fauna acuática.

Como resultado de esta fase, se delimitaron dos estaciones por quebrada (aguas arriba y aguas abajo) y se establecieron las coordenadas GPS para asegurar la repetibilidad del muestreo. También se sensibilizó a la población local sobre la calidad del agua y los efectos de la minería. Estos aspectos son clave para garantizar que los sitios de muestreo sean representativos y adecuados para obtener datos sobre el estado de las quebradas, la calidad del agua y los impactos de la minería, información que será esencial para los estudios hidrobiológicos posteriores.

3.7.2. Fase de Campo

Ya ubicadas y seleccionadas las seis quebradas para el estudio de investigación, se ejecuta la búsqueda de hojarascas de especies forestales tales como: *Inga edulis* Para poder realizar los “Paquetes de hojas” e introducirlas en las quebradas de esta forma creando el hábitat de los macroinvertebrados acuáticos.

3.7.2.1. Instalación de paquetes de hojas.

Los paquetes de hojas fueron colocados dentro de las quebradas y fijados a troncos, piedras o ramas sumergidas, asegurándose de que quedaran firmemente sujetos para resistir la corriente y eventuales crecidas. Durante la instalación, se evitó comprimir la malla con la cuerda, sujetando solo los extremos para prevenir daños o pérdida de material. La instalación de los paquetes se realizó al azar, sin una disposición lineal o estructurada. Los paquetes permanecieron sumergidos durante un periodo de cuatro a cinco semanas.

Observación Técnica (Método Paquete de Hojas)

- Peso seco inicial: 5 gramos por paquete.
- Réplicas (mínimo 3): Se deben colocar al menos tres réplicas para asegurar la representatividad de los datos obtenidos.
- Tamaño de malla: 15 cm x 15 cm.
- Corrección por pérdida: Se debe corregir por cualquier pérdida de material durante el proceso de instalación o recolección, garantizando que los resultados sean precisos.

3.7.2.2. Colecta de paquetes de hojas.

La colecta se realizó de manera descendente, retirando primero el último paquete instalado y progresivamente los anteriores, con el fin de no perturbar los demás. Este procedimiento se efectuó de forma rápida y cuidadosa, considerando que muchos macroinvertebrados son evasivos ante alteraciones en su entorno.

Para cada retiro, se colocó un colador fino detrás del paquete y, con ayuda de tijeras, se cortaron las cuerdas. El paquete fue depositado inmediatamente en una bandeja limpia. Posteriormente, se enjuagaron cuidadosamente los sedimentos de la malla para recuperar todos los organismos.

Los especímenes recolectados fueron:

- Clasificados preliminarmente en campo.
- Conservados en alcohol al 70% y debidamente etiquetados.
- Transportados al laboratorio para su identificación taxonómica.

3.7.2.3. Toma de muestra de agua

Se tomaron las muestras de agua en recipientes de polietileno previamente lavados y esterilizados, con un volumen de 1 litro por muestra. Las muestras se recolectaron directamente

desde la corriente, evitando el contacto con las paredes del recipiente y procurando no remover el sedimento del fondo. Para garantizar su representatividad, se tomaron en el centro de la quebrada y a una profundidad de aproximadamente 20 a 30 cm bajo la superficie. Los recipientes fueron debidamente etiquetados y las muestras se conservaron en una nevera portátil para su transporte al laboratorio dentro de las 24 horas posteriores a la recolección. Asimismo, se utilizó preservante adecuado para evitar alteraciones en la composición del agua. En el sitio de muestreo se midió el pH para complementar los análisis de laboratorio. Todo el procedimiento se realizó siguiendo los lineamientos establecidos en las normas ISO 5667-1, ISO 5667-3 e ISO 5667-6, referentes al muestreo, preservación y manejo de muestras de agua, así como los métodos descritos en APHA (2017), Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, garantizando la calidad, integridad y trazabilidad de las muestras mediante el cumplimiento de la cadena de custodia.

3.7.3. Fase de post- campo

3.7.3.1. Análisis de laboratorio: macroinvertebrados

Las muestras biológicas fueron trasladadas al laboratorio para su clasificación e identificación taxonómica, con el objetivo de determinar los órdenes y familias a los que pertenecían los macroinvertebrados recolectados. El proceso de identificación se realizó con el apoyo de una guía especializada de macroinvertebrados acuáticos, y posteriormente se efectuó el conteo de los especímenes correspondientes a cada grupo taxonómico, lo que permitió establecer su abundancia relativa en las quebradas estudiadas.

El análisis se realizó siguiendo los métodos establecidos en las normas APHA e ISO, utilizando procedimientos estándar para la clasificación taxonómica de los macroinvertebrados acuáticos. Se estableció un límite de detección según las normas internacionales, garantizando la sensibilidad necesaria para detectar los grupos taxonómicos. La precisión de los análisis fue

evaluada mediante la repetición de los procedimientos, lo que aseguró la fiabilidad de los datos obtenidos y la representatividad de las muestras de las quebradas estudiadas.

3.7.3.2. Análisis del kit de monitoreo (LaMotte): parámetros

Para poder medir o evaluar los parámetros se utilizó el Kit de monitoreo de calidad de agua que consta de los siguientes parámetros:

a). Medición de Nitrato:

Se llenó la probeta hasta la línea 5 ml con el agua de la muestra y se agregó una tabla de Gama Amplia de Nitrato tapando la probeta y mezclando durante dos minutos para disolver la tableta.

Se espero un aproximado de cinco minutos hasta que se desarrolle el color para luego comparar la muestra con la gráfica de color de Nitrato y se anotará el resultado en ppm (partes por millón)

b). Medición de Oxígeno Disuelto:

La determinación del oxígeno disuelto (OD) se realizó utilizando un kit colorimétrico de la empresa LaMotte Company, empleando pastillas reactivas Dissolved Oxygen TesTabs® (código 3976A), basadas en un método colorimétrico.

Para el análisis, se tomó una muestra de agua en una probeta (0125), llenándola completamente hasta rebosar, evitando la formación de burbujas de aire, con el fin de prevenir la alteración de la concentración de oxígeno disuelto.

Posteriormente, se añadieron dos pastillas reactivas Dissolved Oxygen TesTabs® (código 3976A). La probeta fue tapada y mezclada mediante inversión suave (de arriba hacia abajo y viceversa) hasta lograr la completa disolución de las tabletas, proceso que tomó aproximadamente entre 3 y 4 minutos.

Luego, se dejó reposar la muestra durante aproximadamente 5 minutos para permitir el desarrollo del color. Finalmente, el color obtenido se comparó con la escala colorimétrica del kit, registrando el resultado en ppm (partes por millón).

c). Medición de Fosfato:

Se llenó la probeta hasta la línea de 10 ml con la muestra de agua y se agregó una tableta de fósforo, tapando la probeta y mezclando hasta que se haya disuelto la tableta, luego se comparó el color de la muestra con la gráfica de color de Fosfato y se anotó el resultado en ppm de Fosfato.

d). Medición de pH:

Se llenó la probeta hasta la línea de 10 ml con la muestra de agua y se agregó una tableta de pH – Gama Amplia, tapando la probeta y mezclando hasta que se haya disuelto la tableta, luego se comparó el color de la muestra con la gráfica de color pH y se anotó el resultado expresado con niveles de pH.

e). Turbidez:

Se utilizó el envase del kit y en la base se pegó una calcomanía con el dibujo del disco de Secchi se llenó de agua hasta la línea de turbidez la cual está marcada en la etiqueta de afuera del envase. Se comparó la turbidez con la tabla de resultados y se anotó el resultado expresado en UTJ. Para el análisis de los datos de diversidad y abundancia se utilizó el índice de Shannon y dominancia de Simpson. El análisis del índice EPT y medición del caudal se encuentra descrito en el marco teórico.

El Kit LaMotte incluía un multiparámetro digital, el cual no fue considerado debido a su elevado costo, lo que limitaba el acceso a otras personas por razones económicas, convirtiéndolo en un complemento costoso para el análisis de los parámetros físico-químicos. En cuanto a los instrumentos disponibles, se contó con el acceso a un laboratorio certificado por ACCER, lo que

garantizaba la fiabilidad de los resultados. Además, la calibración de los equipos se encontraba debidamente documentada en el protocolo general de análisis físico-químico de LaMotte, asegurando la precisión y consistencia en las mediciones realizadas.

3.7.3.3. Análisis de laboratorio: Parámetros fisicoquímicos

De manera complementaria, las muestras de agua recolectadas en cada punto fueron analizadas en el laboratorio de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), a cargo del responsable del laboratorio de análisis químico por el Ing. Melquiades Herrera Arivilca, donde se evaluaron parámetros fisicoquímicos adicionales, lo que permitió contar con una caracterización integral de la calidad del agua en las quebradas intervenidas y no intervenidas.

3.7.3.4. Análisis de datos, índice de biodiversidad, datos de habita

Una vez recolectada la totalidad de los datos requeridos, se procedió al cálculo del índice biótico como herramienta para evaluar la calidad ecológica del agua. Para ello, se procesó la información proveniente de los paquetes de hojas, considerando el número total de individuos correspondientes a cada grupo de macroinvertebrados acuáticos. Los datos fueron sistematizados en una hoja de cálculo mediante el software Microsoft Excel, donde se determinó tanto el total como el promedio de individuos por grupo taxonómico en cada paquete de hojas, con el fin de obtener una visión más clara de la estructura comunitaria en cada punto de muestreo.

Posteriormente, se realizó el cálculo del índice biótico utilizando la matriz del índice BMWP'-CR (Biological Monitoring Working Party adaptado para Costa Rica). Este índice consiste en asignar un valor específico a cada familia de macroinvertebrados identificada, de acuerdo con su nivel de sensibilidad frente a la contaminación del agua. Cabe destacar que el puntaje se otorga una única vez por familia presente en el sitio de muestreo, sin considerar el número de individuos ni la diversidad a nivel de género. La suma total de los puntajes

correspondientes a las familias registradas en cada sitio permitió obtener el valor final del índice BMWP'-CR, el cual fue utilizado para clasificar la calidad del agua de acuerdo con las categorías establecidas en la Tabla N.º 3.

Con el propósito de fortalecer el análisis de los resultados, la información obtenida fue procesada utilizando los programas Microsoft Excel y el software estadístico SPSS, lo que permitió realizar tanto análisis estadísticos descriptivos como inferenciales. A partir de estos procedimientos se evaluaron las diferencias en los valores del índice biótico entre los distintos sitios de muestreo, permitiendo determinar si las variaciones observadas en los puntajes del índice BMWP'-CR presentaban significancia estadística.

En el componente social del estudio se aplicaron encuestas dirigidas a la población local con el propósito de conocer su percepción respecto a la calidad del agua y las actividades que podrían influir en el estado ecológico de las quebradas. Para ello, se determinó previamente el tamaño de la muestra, con el fin de garantizar la representatividad de los resultados obtenidos.

El instrumento de recolección de datos fue sometido a un proceso de validación mediante juicio de expertos, con el objetivo de asegurar la claridad, pertinencia y coherencia de las preguntas formuladas. Del mismo modo, la confiabilidad del cuestionario fue evaluada mediante el coeficiente Alfa de Cronbach, lo que permitió verificar la consistencia interna del instrumento.

Las preguntas del cuestionario fueron estructuradas utilizando una escala tipo Likert, lo que facilitó la medición de percepciones y actitudes de los encuestados respecto a la problemática ambiental estudiada. Finalmente, los datos obtenidos fueron procesados en Excel y SPSS, lo que permitió realizar análisis estadísticos que contribuyeron a una interpretación más precisa de la información recopilada.

IV. RESULTADOS

4.1. Resultados respecto a los objetivos específicos

4.1.1. Resultado respecto al primer objetivo específico

La presente investigación tuvo como primer objetivo específico el de evaluar cómo influye la actividad minera en los parámetros fisicoquímicos del agua en quebradas en el distrito de Camanti – Quincemil, Cusco.

Tabla 6. *Parámetros fisicoquímicos del agua en quebradas no intervenidas por la actividad minería en Camanti – Quincemil (2023).*

Parámetro	Unidad	Rumimayo	San Antonio	Yanamayo	ECA-Agua Cat. 4 D.S. N.º 004-2017-MINAM
pH	-	7.00	7.60	7.46	6.5 – 9
Conductividad eléctrica	mS/cm	61.00	18.00	24.00	1
Dureza	ppm CaCO ₃	42.90	13.65	17.55	-
Calcio	ppm	13.68	3.80	4.56	-
Magnesio	ppm	8.30	2.40	3.00	-
Sodio	ppm	3.96	1.18	1.30	-
Potasio	Ppm	0.90	0.27	0.37	-
Cloruros	Ppm	6.50	1.95	2.70	-
Sulfatos	Ppm	18.42	5.40	7.55	-
Bicarbonatos	Ppm	28.20	8.34	11.56	-
Carbonatos	Ppm	0	0	0	-
Hierro	Ppm	0.018	0.018	0.016	-
Boro	Ppm	0.01	0.01	0.01	-
Sales solubles totales	Ppm	85.60	33.00	40.82	-

Fuente: Elaborado por: (Gisela Q. & Erika E. 2026).

Los resultados de la tabla 6 se observa que las quebradas no intervenidas por la actividad minera en Camanti–Quincemil presentan una calidad fisicoquímica del agua dentro de rangos naturales y compatibles con el ECA-Agua Categoría 4 del D.S. N.º 004-2017-MINAM. El pH se mantiene cercano a la neutralidad, con valores entre 7.00 y 7.60, lo que indica condiciones químicamente estables y ausencia de procesos de acidificación o alcalinización. La conductividad

eléctrica muestra valores bajos entre 18.00 y 61.00 mS/cm, lo que refleja una baja mineralización característica de cuerpos de agua no impactados. Asimismo, la dureza, junto con las concentraciones de calcio, magnesio, sodio y potasio, presenta niveles reducidos, evidenciando aguas blandas con limitada presencia de sales disueltas. Las concentraciones de cloruros, sulfatos y bicarbonatos también son bajas, indicando una escasa carga iónica de origen principalmente natural, mientras que los carbonatos registran valores nulos en todas las estaciones, lo que sugiere que la alcalinidad está dominada por bicarbonatos, típica de aguas con pH cercano a la neutralidad. En cuanto a los metales y otros elementos, el hierro y el boro se encuentran en concentraciones muy bajas y homogéneas, sin indicios de contaminación. Finalmente, las sales solubles totales, con valores entre 33.00 y 85.60 ppm, confirman que estas quebradas presentan características fisicoquímicas propias de ecosistemas acuáticos poco perturbados, constituyendo una adecuada línea base ambiental frente a posibles impactos de la actividad minera.

Tabla 7. *Parámetros fisicoquímicos del agua en quebradas intervenidas por la actividad minería en Camanti – Quincemil (2023).*

Parámetro	Unidad	San Román	Magdalena	Pan de Azúcar	ECA-Agua Cat. 4 D.S. N.º 004-2017-MINAM
pH	-	7.35	7.16	7.12	6.5 – 9
Conductividad eléctrica	mS/cm	37	41	43	1 000
Dureza total	ppm CaCO ₃	27.30	29.25	31.2	-
Calcio	Ppm	6.35	7.50	7.62	-
Magnesio	Ppm	1.38	0.92	1.42	-
Sodio	Ppm	2.40	2.66	2.79	-
Potasio	Ppm	0.54	0.60	0.63	-
Cloruros	Ppm	4.00	4.43	4.46	-
Sulfatos	Ppm	11.16	12.36	12.97	-
Bicarbonatos	Ppm	17.10	19.31	19.86	-
Carbonatos	Ppm	0	0	0	-
Hierro	Ppm	0.016	0.018	0.016	-
Boro	Ppm	0.01	0.01	0.01	-
Sales solubles totales	Ppm	57.13	60.08	62.73	-

Fuente: Elaborado por: (Gisela Q. & Erika E. 2026).

La tabla 7 muestra que las quebradas intervenidas por la actividad minera en Camanti–Quincemil presentan parámetros fisicoquímicos que, en general, se mantienen dentro de los estándares del ECA-Agua Categoría 4 del D.S. N.º 004-2017-MINAM, evidenciando condiciones aún compatibles con ecosistemas acuáticos. El pH se encuentra cercano a la neutralidad, con valores entre 7.12 y 7.35, lo que indica ausencia de procesos significativos de acidificación asociados al drenaje ácido de mina. La conductividad eléctrica presenta valores de 37 a 43 mS/cm y las sales solubles totales entre 57.13 y 62.73 ppm, lo que refleja una mineralización baja a moderada y sugiere un ligero aporte de iones disueltos posiblemente relacionado con la actividad antrópica. La dureza total, junto con las concentraciones de calcio, magnesio, sodio y potasio, se mantiene en niveles bajos, característicos de aguas blandas. Asimismo, los cloruros, sulfatos y bicarbonatos presentan concentraciones moderadas y relativamente estables, mientras que los carbonatos registran valores nulos en todas las estaciones, lo que indica que la alcalinidad del agua está dominada principalmente por bicarbonatos, condición típica de aguas con pH cercano a la neutralidad. En relación con los elementos traza, el hierro y el boro muestran concentraciones muy bajas y homogéneas, sin evidencias de acumulación de metales disueltos. En conjunto, estos resultados evidencian que, pese a la intervención minera, las quebradas mantienen una composición fisicoquímica relativamente estable, sin alteraciones severas, y con características que continúan siendo aceptables para su categoría ambiental.

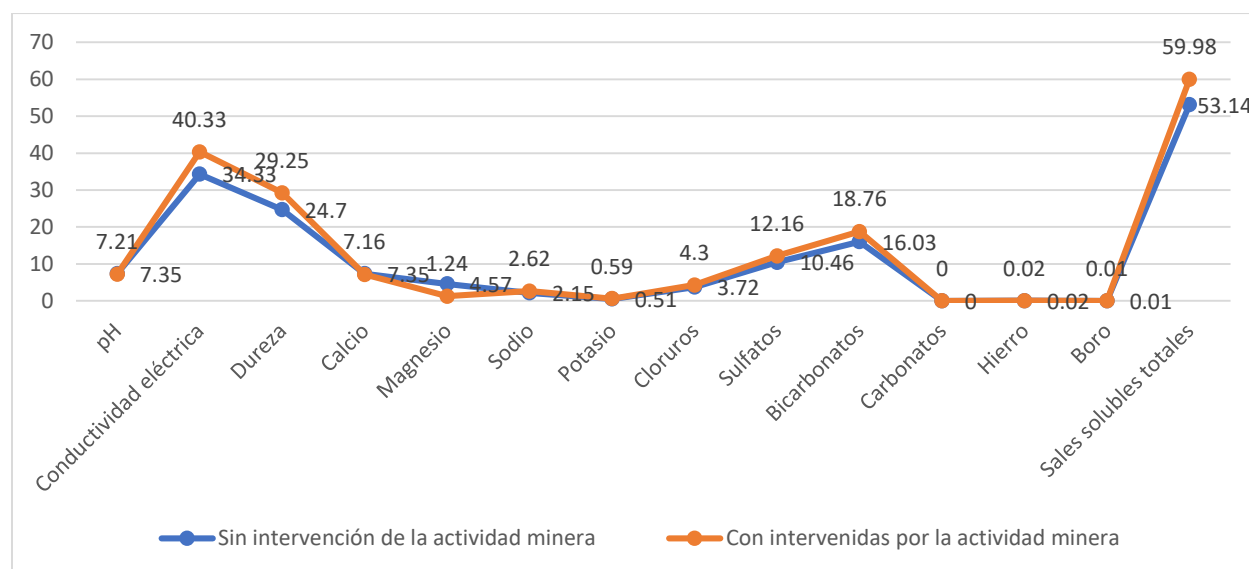
Tabla 8. Comparación de los parámetros fisicoquímicos del agua en quebradas intervenidas por la actividad minera en Camanti – Quincemil (2023).

Parámetro	Promedio de las quebradas sin intervención minera	Promedios de las quebradas con intervención minera
pH	7.35	7.21
Conductividad eléctrica	34.33	40.33
Dureza	24.7	29.25
Calcio	7.35	7.16
Magnesio	4.57	1.24
Sodio	2.15	2.62

Potasio	0.51	0.59
Cloruros	3.72	4.3
Sulfatos	10.46	12.16
Bicarbonatos	16.03	18.76
Carbonatos	0	0
Hierro	0.02	0.02
Boro	0.01	0.01
Sales solubles totales	53.14	59.98

Fuente: Elaborado por: (Gisela Q. & Erika E. 2026).

Figura 2. Comparación de los parámetros fisicoquímicos del agua en quebradas intervenidas por la actividad minera en Camanti – Quincemil (2023).



Fuente: Elaborado por: (Gisela Q. & Erika E. 2026).

La tabla 8 evidencia que, al comparar los promedios de las quebradas sin intervención minera con aquellas intervenidas en Camanti–Quincemil, se observan diferencias fisicoquímicas leves, pero no críticas. El pH en ambos casos se mantiene cercano a la neutralidad 7.35 sin intervención y 7.21 con intervención, indicando estabilidad química y ausencia de procesos de acidificación. Sin embargo, las quebradas intervenidas presentan mayores valores de conductividad eléctrica 40.33 frente a 34.33, dureza 29.25 frente a 24.7, sulfatos 12.16 frente a 10.46, bicarbonatos 18.76 frente a 16.03, cloruros 4.3 frente a 3.72 y sales solubles totales 59.98 frente a 53.14, lo que sugiere un incremento moderado de la carga iónica posiblemente asociado

al aporte de sedimentos y solutos derivados de la actividad minera. En contraste, el magnesio muestra una disminución en las quebradas intervenidas 1.24 frente a 4.57, mientras que el calcio, sodio y potasio mantienen valores relativamente similares entre ambos sistemas, caracterizando aguas blandas. Los carbonatos registran valores nulos en ambos casos, lo que indica que la alcalinidad está dominada principalmente por bicarbonatos, típica de aguas con pH cercano a la neutralidad. Asimismo, las concentraciones de hierro y boro permanecen bajas e iguales en ambos escenarios 0.02 y 0.01 ppm respectivamente, sin evidencias de enriquecimiento metálico. En conjunto, la comparación sugiere que la intervención minera genera un ligero aumento en la mineralización del agua, pero sin alterar de manera significativa su calidad fisicoquímica general ni evidenciar impactos severos según los parámetros evaluados.

Evaluación de los parámetros con el Kit LaMotte

Tabla 9. *Evaluación de parámetros físico químicos con el Kit LaMotte*

Quebradas	Situación	temperatura del ambiente	temperatura del agua	Parámetros físicos químicos				
				pH	Oxígeno disuelto	Fosfato	Nitrato	Turbidez
San Antonio	Sin minería	28	27	7	51%	1 ppm	5 ppm	0 UTJ
Rumimayo	Sin minería	27	26	7	50%	1 ppm	5 ppm	0 UTJ
Yanamayo	Sin minería	27	26	7	50%	2 ppm	5 ppm	0 UTJ
Pan de azúcar	Con minería	29	28	8	52%	2 ppm	20 ppm	40 UTJ
Magdalena	Con minería	28	27	8	51%	4 ppm	20 ppm	100 UTJ
San ramon	Con minería	29	28	8	52%	4 ppm	20 ppm	100 UTJ

Fuente: Elaborado por: (Gisela Q. & Erika E. 2026).

La evaluación de los parámetros fisicoquímicos con el Kit LaMotte muestra diferencias claras entre las quebradas sin influencia minera y aquellas intervenidas por la actividad minera en Camanti–Quincemil. En las quebradas sin minería, como San Antonio, Rumimayo y Yanamayo, la temperatura del agua es ligeramente menor que la ambiental, el pH se mantiene neutro en 7, el oxígeno disuelto oscila entre 50 % y 51 %, los fosfatos son bajos entre 1 y 2 ppm, los nitratos se

mantienen constantes en 5 ppm y la turbidez es nula, lo que evidencia aguas limpias y con baja carga de nutrientes y sedimentos. En contraste, las quebradas con intervención minera, como Pan de Azúcar, Magdalena y San Ramón, presentan un pH ligeramente más alcalino de 8, valores similares de oxígeno disuelto entre 51 % y 52 %, pero concentraciones más altas de fosfatos de 2 a 4 ppm y nitratos de 20 ppm, además de un incremento notable de la turbidez que alcanza entre 40 y 100 UTJ. Este aumento de nutrientes y turbidez sugiere mayor aporte de sedimentos y material en suspensión asociado a la actividad minera, lo que podría generar alteraciones en la calidad del agua y en las condiciones ecológicas del ecosistema acuático, aun cuando el pH y el oxígeno disuelto no muestran cambios drásticos.

Análisis inferencial

Para el cumplimiento del primer objetivo específico, se realizó un análisis inferencial con el propósito de determinar si la actividad minera influye significativamente en los parámetros fisicoquímicos del agua de las quebradas del distrito de Camanti – Quincemil, Cusco.

En este sentido, se plantearon las siguientes hipótesis:

Ho: La actividad minera no influye significativamente en los parámetros fisicoquímicos del agua en las quebradas del distrito de Camanti – Quincemil, Cusco.

Ha: La actividad minera influye significativamente en los parámetros fisicoquímicos del agua en las quebradas del distrito de Camanti – Quincemil, Cusco.

Tabla 10. Resultados de la prueba U de Mann–Whitney para los parámetros fisicoquímicos del agua en quebradas intervenidas y no intervenidas por actividad minera en Camanti – Quincemil (2023).

Parámetro	Unidad	Mann-Whitney	p-valor
pH	-	-0.801	0.423
Conductividad eléctrica	mS/cm	-2.52	0.012
Dureza	ppm CaCO ₃	-2.31	0.021
Calcio	ppm	-2.52	0.012
Magnesio	ppm	-2.7	0.007

Sodio	ppm	-1.441	0.150
Potasio	Ppm	-1.121	0.262
Cloruros	Ppm	-1.761	0.078
Sulfatos	Ppm	-2.88	0.004
Bicarbonatos	Ppm	-1.281	0.200
Carbonatos	Ppm	-1.892	0.059
Hierro	Ppm	-2.52	0.012
Boro	Ppm	-1.892	0.059
Sales solubles totales	Ppm	-1.764	0.078

Nota: Nivel de significancia estadística: $\alpha = 0.05$.

Fuente: Elaborado por: (Gisela Q. & Erika E. 2026).

Los resultados de la prueba U de Mann–Whitney para los parámetros fisicoquímicos del agua en quebradas intervenidas y no intervenidas por la actividad minera en Camanti–Quincemil evidencian que existen diferencias estadísticas significativas en algunos parámetros asociados a la mineralización y composición iónica del agua. En particular, la conductividad eléctrica, la dureza, el calcio, el magnesio, los sulfatos y el hierro presentan valores de significancia menores a 0.05, lo que indica que la actividad minera influye de manera significativa en la variación de estos componentes disueltos, incrementando la carga iónica y reflejando un aporte de minerales y solutos en las quebradas intervenidas. Por otro lado, parámetros como el pH, sodio, potasio, cloruros, bicarbonatos, carbonatos, boro y las sales solubles totales no muestran diferencias estadísticas significativas, ya que sus valores de significancia son mayores a 0.05, lo que sugiere que estos se mantienen relativamente estables entre quebradas intervenidas y no intervenidas. En consecuencia, se rechaza parcialmente la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, al demostrarse que la actividad minera influye significativamente en ciertos parámetros fisicoquímicos del agua, especialmente aquellos relacionados con la mineralización, mientras que las condiciones generales de acidez y algunos iones mayoritarios no presentan cambios significativos, evidenciando un impacto moderado, selectivo y principalmente asociado al aumento de la carga iónica del agua en las quebradas del distrito de Camanti – Quincemil, Cusco.

4.1.2. Resultado respecto al segundo objetivo específico

La presente investigación tuvo como segundo objetivo específico el de identificar y describir la composición y estructura de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos presentes en las quebradas del distrito de Camanti – Quincemil, Cusco.

Tabla 11. *Composición y estructura de macroinvertebrados acuáticos por orden en quebradas sin intervención minera del distrito de Camanti – Quincemil, Cusco.*

Orden	Quebradas sin intervención minera							
	Rumimayo		San Antonio		Yanamayo		Total	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Blattodea	2	0%	0	0%	4	0%	6	1%
Coleoptera	31	3%	12	1%	37	4%	80	9%
Decapoda	5	1%	0	0%	5	1%	10	1%
Diptera	16	2%	10	1%	40	4%	66	7%
Ephemeroptera	75	8%	17	2%	24	3%	116	12%
Haplotaxida	5	1%	1	0%	3	0%	9	1%
Hemiptera	1	0%	3	0%	1	0%	5	1%
Hydrachnidia	0	0%	0	0%	1	0%	1	0%
Megaloptera	5	1%	0	0%	0	0%	5	1%
Odonata	6	1%	20	2%	44	5%	70	7%
Plecoptera	22	2%	11	1%	5	1%	38	4%
Rynchoibdellida	2	0%	4	0%	5	1%	11	1%
Trichoptera	380	41%	69	7%	64	7%	513	55%
Tricladida	1	0%	0	0%	3	0%	4	0%
Total	551	59%	147	16%	236	25%	934	100%

Fuente: Elaborado por: (Gisela Q. & Erika E. 2026).

La tabla 11 evidencia que en las quebradas sin intervención minera del distrito de Camanti – Quincemil existe una alta diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos, con un total de 934 individuos registrados, destacando principalmente la dominancia del orden Trichoptera con 513 individuos que representan el 55 % del total, seguido por Ephemeroptera con 116 individuos y Coleoptera con 80 individuos. Esta composición biológica es característica de ecosistemas acuáticos con buena calidad ambiental, ya que órdenes como Trichoptera, Ephemeroptera y Plecoptera son considerados bioindicadores sensibles a la contaminación. La quebrada Rumimayo

presenta la mayor abundancia con 551 organismos equivalentes al 59 %, seguida de Yanamayo con 236 individuos y San Antonio con 147 individuos, lo que sugiere condiciones ecológicas favorables y estables. Además, la presencia de otros grupos como Diptera, Odonata y Plecoptera, aunque en menores proporciones, contribuye a la diversidad biológica del sistema. En conjunto, la predominancia de taxa sensibles y la alta abundancia total indican que las quebradas sin intervención minera mantienen un ecosistema acuático bien conservado, con buena calidad de agua y bajo nivel de perturbación ambiental.

Tabla 12. *Composición y estructura de macroinvertebrados acuáticos por orden en quebradas con intervención minera del distrito de Camanti – Quincemil, Cusco.*

Orden	Quebradas con intervención minera							
	San Román		Magdalena		Pan de Azúcar		Total	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Blattodea	0	0%	0	0%	7	2%	7	2%
Coleoptera	0	0%	9	3%	0	0%	9	3%
Decapoda	0	0%	0	0%	1	0%	1	0%
Diptera	2	1%	78	25%	2	1%	82	26%
Ephemeroptera	4	1%	12	4%	2	1%	18	6%
Haplotoxida	0	0%	3	1%	0	0%	3	1%
Hemiptera	0	0%	2	1%	2	1%	4	1%
Hydrachnidia	0	0%	1	0%	0	0%	1	0%
Megaloptera	2	1%	1	0%	2	1%	5	2%
Odonata	5	2%	5	2%	6	2%	16	5%
Plecoptera	10	3%	9	3%	2	1%	21	7%
Rynchobdellida	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Trichoptera	36	11%	50	16%	61	19%	147	46%
Tricladida	1	0%	3	1%	0	0%	4	1%
Total	60	19%	173	54%	85	27%	318	100%

Fuente: Elaborado por: (Gisela Q. & Erika E. 2026).

La tabla 12 evidencia que en las quebradas con intervención minera del distrito de Camanti – Quincemil se registró un total de 318 macroinvertebrados acuáticos, destacando la dominancia del orden Trichoptera con 147 individuos que representan el 46 %, seguido por Diptera con 82 individuos que representan el 26 % y Plecoptera con 21 individuos que representan el 7 %. La

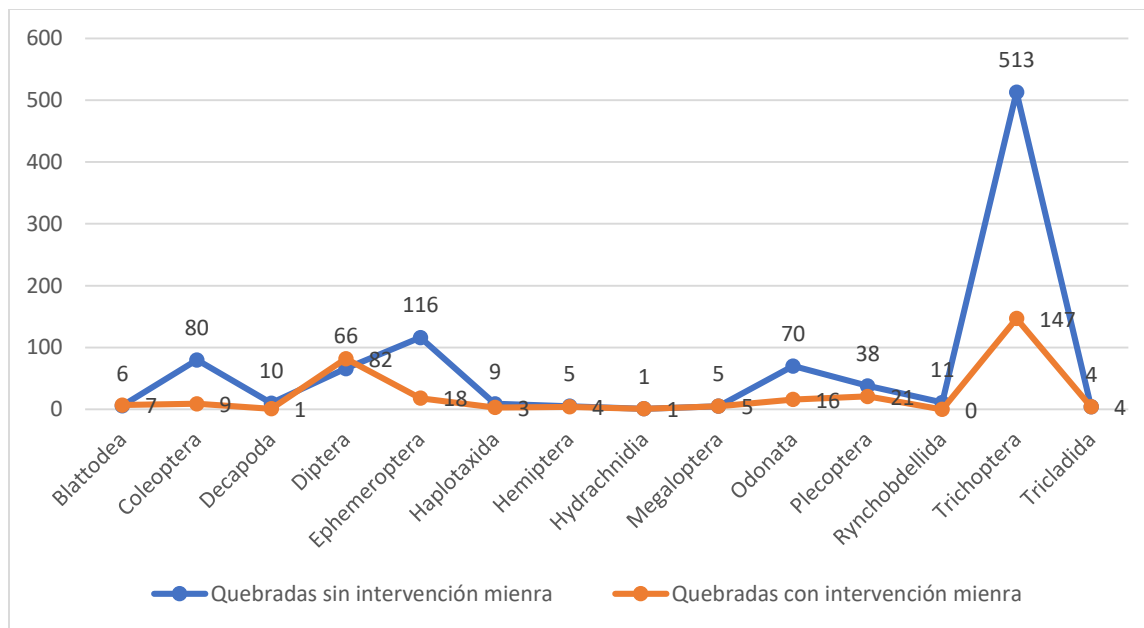
quebrada Magdalena presenta la mayor abundancia con 173 organismos equivalentes al 54 %, seguida por Pan de Azúcar con 85 individuos que representan el 27 % y San Román con 60 individuos que representan el 19 %, lo que indica que la mayor concentración de organismos se distribuye principalmente en Magdalena. Asimismo, se observa la presencia de otros órdenes como Odonata, Ephemeroptera, Coleoptera y Megaloptera en menores proporciones, contribuyendo a la composición biológica del sistema acuático. En general, la estructura comunitaria muestra predominancia de Trichoptera y Diptera, junto con la representación de diversos órdenes, lo que refleja la composición y distribución de los macroinvertebrados acuáticos en las quebradas con intervención minera del área de estudio.

Tabla 13. *Comparación de la composición y estructura de macroinvertebrados acuáticos por orden taxonómico en quebradas con y sin intervención minera en el distrito de Camanti – Quincemil, Cusco.*

Orden	Quebradas sin intervención minera	Quebradas con intervención minera
	Frecuencia	Frecuencia
Blattodea	6	7
Coleoptera	80	9
Decapoda	10	1
Diptera	66	82
Ephemeroptera	116	18
Haplotaxida	9	3
Hemiptera	5	4
Hydrachnidia	1	1
Megaloptera	5	5
Odonata	70	16
Plecoptera	38	21
Rynchobdellida	11	0
Trichoptera	513	147
Tricladida	4	4
Total	934	318

Fuente: Elaborado por: (Gisela Q. & Erika E. 2026).

Figura 3. *Comparación de la composición y estructura de macroinvertebrados acuáticos por orden taxonómico en quebradas con y sin intervención minera en el distrito de Camanti – Quincemil, Cusco.*



Fuente: Elaborado por: (Gisela Q. & Erika E. 2026).

La tabla 13 evidencia que la diferencia en la abundancia total de macroinvertebrados entre quebradas sin intervención minera con 934 individuos y quebradas con intervención minera con 318 individuos no solo representa una variación numérica, sino que sugiere un efecto directo de la actividad minera sobre la estructura y estabilidad del ecosistema acuático. La mayor presencia de órdenes como Trichoptera, Ephemeroptera, Plecoptera, Coleoptera y Odonata en las quebradas sin intervención indica condiciones ecológicas más favorables, ya que varios de estos grupos son reconocidos como bioindicadores sensibles a la contaminación y a la alteración del hábitat, lo que refleja buena calidad de agua y mayor complejidad biológica. En contraste, la mayor frecuencia de Diptera en quebradas con intervención minera, grupo generalmente más tolerante a cambios ambientales y a la degradación del medio, sugiere procesos de perturbación que favorecen especies resistentes sobre las sensibles. Asimismo, la ausencia de Rynchobdellida y la reducción considerable de otros órdenes en las quebradas intervenidas evidencian una simplificación de la comunidad y una posible pérdida de diversidad funcional. En conjunto, estos resultados indican que la intervención minera estaría generando modificaciones en la composición y abundancia de

los macroinvertebrados acuáticos, afectando el equilibrio ecológico, reduciendo la biodiversidad y comprometiendo la calidad ambiental de las quebradas del distrito de Camanti – Quincemil.

Tabla 14 . Índice de Shannon de las quebradas sin intervención minera.

Índice de Shannon	Quebradas sin intervención minera		
	Rumimayo	San Antonio	Yanamayo
	1.162	1.669	1.962

Fuente: Elaborado por: (Gisela Q. & Erika E. 2026).

En la tabla 14 se observa los valores del Índice de Shannon obtenidos para las quebradas sin intervención minera indican diferencias en los niveles de diversidad entre los tres sitios evaluados. La quebrada Rumimayo presenta un valor de 1.162, lo que corresponde a una diversidad moderada-baja, evidenciando cierta dominancia de uno o pocos órdenes dentro de la comunidad. En San Antonio, el valor de 1.669 refleja una diversidad moderada, con una distribución más equilibrada de los individuos entre los diferentes grupos. Por su parte, Yanamayo registra el valor más alto con 1.962, lo que indica una mayor diversidad y mejor equidad en la distribución de los macroinvertebrados acuáticos. En conjunto, los resultados muestran que, aunque las tres quebradas presentan diversidad intermedia, Yanamayo posee la estructura comunitaria más equilibrada, mientras que Rumimayo evidencia mayor predominancia de algunos grupos, lo que reduce su nivel de diversidad relativa.

Tabla 15. Índice de Shannon de las quebradas con intervención minera.

Índice de Shannon	Quebradas con intervención minera		
	San Román	Magdalena	Pan de Azúcar
	1.288	1.565	1.124

Fuente: Elaborado por: (Gisela Q. & Erika E. 2026).

En la tabla 15 se observa los valores del Índice de Shannon en las quebradas con intervención minera evidencian una diversidad biológica de nivel moderado en los tres sitios evaluados. La quebrada Magdalena presenta el valor más alto con 1.565, lo que indica una

comunidad relativamente más equilibrada en comparación con las otras quebradas intervenidas. San Román registra un valor de 1.288, reflejando una diversidad intermedia con cierta dominancia de algunos grupos de macroinvertebrados. Por su parte, Pan de Azúcar muestra el valor más bajo con 1.124, lo que sugiere una menor diversidad y una mayor concentración de individuos en pocos órdenes. En conjunto, los resultados indican que, aunque existe presencia de diversos taxones en las quebradas con intervención minera, la estructura comunitaria tiende a mostrar menor equidad y predominancia de algunos grupos, lo que influye en los valores de diversidad obtenidos.

Tabla 16. *Comparación del Índice de Shannon de las quebradas con y sin intervención minera.*

Comparación	Quebradas sin intervención minera	Quebradas con intervención minera
Índice de Shannon	1.575	0.925

Fuente: Elaborado por: (Gisela Q. & Erika E. 2026).

La tabla 16 muestra una diferencia clara en los valores del Índice de Shannon entre quebradas sin intervención minera y quebradas con intervención minera. Las quebradas sin intervención presentan un valor de 1.575, lo que indica una diversidad moderada y una estructura comunitaria relativamente equilibrada, con mejor distribución de los macroinvertebrados entre los diferentes taxones. En contraste, las quebradas con intervención minera registran un valor de 0.925, lo que refleja una diversidad baja, evidenciando mayor dominancia de pocos grupos y menor equidad en la comunidad biológica. Esta diferencia sugiere que la intervención minera estaría influyendo en la reducción de la diversidad de macroinvertebrados acuáticos, afectando la estructura ecológica del ecosistema y generando una comunidad más simplificada en las quebradas intervenidas.

4.1.3. Resultado respecto al tercer objetivo específico

La presente investigación tuvo como tercer objetivo el de determinar los niveles de diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos en el distrito de Camanti – Quincemil, Cusco.

Tabla 17. *Índice de Simpson de las quebradas sin intervención minera.*

Índice de Simpson	Quebradas sin intervención minera		
	Rumimayo	San Antonio	Yanamayo
	0.499	0.265	0.170

Fuente: Elaborado por: (Gisela Q. & Erika E. 2026).

En la tabla 17 se observa los valores del Índice de Simpson obtenidos para las quebradas sin intervención minera muestran diferencias en el grado de dominancia y diversidad entre los tres sitios evaluados. La quebrada Rumimayo presenta el valor más alto con 0.499, lo que indica mayor dominancia de uno o pocos órdenes y, por tanto, menor diversidad relativa dentro del grupo analizado. En San Antonio, el valor de 0.265 refleja una menor dominancia y, en consecuencia, una mayor diversidad en comparación con Rumimayo. Por su parte, Yanamayo registra el valor más bajo con 0.170, lo que evidencia la menor dominancia y la comunidad más diversa y equilibrada entre las tres quebradas. En conjunto, estos resultados indican que Yanamayo presenta la estructura comunitaria más homogénea, mientras que Rumimayo muestra mayor concentración de individuos en determinados órdenes, lo que reduce su diversidad relativa según el índice de Simpson.

Tabla 18. *Índice de Simpson de las quebradas con intervención minera.*

Índice de Simpson	Quebradas con intervención minera		
	San Román	Magdalena	Pan de Azúcar
	0.392	0.295	0.037

Fuente: Elaborado por: (Gisela Q. & Erika E. 2026).

En la tabla 18 se observa los valores del Índice de Simpson obtenidos para las quebradas con intervención minera evidencian diferencias en el grado de dominancia y diversidad entre los

tres sitios evaluados. San Román presenta un valor de 0.392, lo que indica una dominancia relativamente alta de algunos grupos y, por tanto, una diversidad moderada-baja. Magdalena registra un valor de 0.295, reflejando menor dominancia y una comunidad más equilibrada en comparación con San Román. Por su parte, Pan de Azúcar muestra el valor más bajo con 0.037, lo que indica muy baja dominancia y, en consecuencia, una mayor diversidad y mejor distribución de los individuos entre los diferentes taxones. En conjunto, estos resultados sugieren que, dentro de las quebradas con intervención minera, Pan de Azúcar presenta la estructura comunitaria más homogénea, mientras que San Román evidencia mayor concentración de individuos en determinados grupos, lo que reduce su diversidad relativa según el índice de Simpson.

Tabla 19. *Comparación del Índice de Simpson de las quebradas con y sin intervención minera.*

Comparación	Quebradas sin intervención minera	Quebradas con intervención minera
Índice de Simpson	0.336	0.290

Fuente: Elaborado por: (Gisela Q. & Erika E. 2026).

La tabla 19 muestra que el valor promedio del Índice de Simpson en las quebradas sin intervención minera es 0.336, mientras que en las quebradas con intervención minera es 0.290. Dado que el índice de Simpson en su forma D_s mide dominancia, valores más altos indican mayor concentración de individuos en pocos grupos y, por tanto, menor diversidad relativa. En este caso, las quebradas sin intervención presentan una dominancia ligeramente mayor en comparación con las quebradas intervenidas; sin embargo, la diferencia entre ambos valores no es muy amplia. Esto sugiere que, en términos de dominancia promedio, ambas condiciones presentan una estructura comunitaria relativamente similar, aunque con una leve tendencia a mayor concentración de individuos en determinados taxones en las quebradas sin intervención minera.

Tabla 20. *Índice de EPT de las quebradas sin intervención minera.*

Índice EPT	Quebradas sin intervención minera		
	Rumimayo	San Antonio	Yanamayo

	86.57%	65.99%	39.41%
--	--------	--------	--------

Fuente: Elaborado por: (Gisela Q. & Erika E. 2026).

En la tabla 20 se observa los valores del Índice EPT para las quebradas sin intervención minera indican diferentes niveles de calidad de agua. Rumimayo con un valor de 86.57 cae en el rango de 75-100, lo que refleja una muy buena calidad de agua, caracterizada por un ecosistema acuático bien conservado y con una alta presencia de órdenes sensibles como Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera. San Antonio, con un valor de 65.99, se ubica en el rango de 50-74, indicando una buena calidad de agua. Aunque los órdenes EPT siguen siendo significativos, su proporción es algo menor, lo que sugiere algunas alteraciones en el hábitat. Finalmente, Yanamayo, con un valor de 39.41, se encuentra en el rango de 25-49, lo que indica una calidad regular, con una menor presencia de estos organismos sensibles, reflejando un ecosistema más afectado y posiblemente alterado por contaminantes o cambios en las condiciones del agua.

Tabla 21. *Índice de EPT de las quebradas con intervención minera.*

Índice de EPT	Quebradas con intervención minera		
	San Román	Magdalena	Pan de Azúcar
	83.33%	41.04%	76.47%

Fuente: Elaborado por: (Gisela Q. & Erika E. 2026).

En la tabla 21 se observa los valores del Índice EPT en las quebradas con intervención minera muestran variabilidad en la calidad del agua. San Román, con un valor de 83.33%, indica muy buena calidad de agua, reflejando una presencia significativa de los órdenes sensibles Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, a pesar de la intervención minera. Magdalena, con 41.04%, se encuentra en el rango de calidad regular, lo que sugiere que la actividad minera ha afectado la biodiversidad acuática y la calidad del agua. Por último, Pan de Azúcar con 76.47% también muestra muy buena calidad de agua, similar a San Román, lo que indica que esta quebrada mantiene una buena salud ecológica a pesar de la intervención minera. En general, aunque la minería ha generado impacto, algunas quebradas todavía preservan una calidad aceptable de agua.

Tabla 22. *Comparación de Índice de EPT de las quebradas con y sin intervención minera.*

Comparación	Quebradas sin intervención minera	Quebradas con intervención minera
Índice de EPT	71.41%	58.49%

Fuente: Elaborado por: (Gisela Q. & Erika E. 2026).

La comparación del Índice EPT entre las quebradas con y sin intervención minera muestra una disminución en la calidad del agua en las quebradas con intervención minera. Las quebradas sin intervención minera tienen un valor de 71.41%, lo que indica una buena calidad de agua, con una alta representación de los órdenes sensibles (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera). En cambio, las quebradas con intervención minera presentan un valor de 58.49%, lo que refleja una calidad regular de agua, mostrando una reducción en la presencia de estos grupos bioindicadores. Esta disminución sugiere que la intervención minera afecta negativamente la biodiversidad acuática, reduciendo la abundancia de los órdenes sensibles y deteriorando la calidad del agua en las quebradas impactadas.

Tabla 23. *Índice BMWP'–CR en ambas situaciones*

	Rumimayo	San Antonio	Yanamayo	Magdalena	Pan de Azúcar	San Ramon
BMWP'-CR	147	167	163	116	101	96
Promedio		159			104.3	

Fuente: Elaborado por: (Gisela Q. & Erika E. 2026).

En la tabla 23 se observa los valores del Índice BMWP'-CR obtenidos para las quebradas muestran variaciones significativas en la calidad del agua entre las diferentes quebradas, tanto con intervención minera como sin intervención minera. Rumimayo presenta el valor más alto con 147, lo que indica una calidad excelente del agua, reflejando un ecosistema acuático bien conservado. San Antonio y Yanamayo, con valores de 167 y 163 respectivamente, también indican calidad muy buena, sugiriendo un estado ecológico favorable. En las quebradas con intervención minera, Magdalena tiene un valor de 116, lo que refleja una calidad buena del agua, aunque con ciertas

alteraciones en el ecosistema. Pan de Azúcar, con 101, muestra una calidad regular, y San Román tiene el valor más bajo con 96, indicando una calidad mala del agua, con signos claros de deterioro ecológico. El promedio de los valores muestra una mejor calidad en las quebradas sin intervención minera (159) frente a las quebradas con intervención minera (104.3), lo que sugiere que la intervención minera tiene un impacto negativo en la calidad del agua, reflejado en la reducción de la biodiversidad y la alteración de las condiciones físicoquímicas del ecosistema.

4.2. Resultados respecto al objetivo general

La presente investigación tuvo como objetivo general el de evaluar el efecto de la actividad minera sobre la calidad del agua en quebradas intervenidas, mediante el análisis de parámetros físicoquímicos y la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en el distrito de Camanti – Quincemil, Cusco, 2023.

Tabla 24. Resultados de la prueba U de Mann–Whitney para los índices en quebradas intervenidas y no intervenidas por actividad minera en Camanti – Quincemil (2023).

Índices	Mann-Whitney	p-valor
Shannon	24	0.002
Simpson	15	0.020
EPT	17	0.016
BMWP'-CR	36	0.005

Nota: Nivel de significancia estadística: $\alpha = 0.05$. S

Fuente: Elaborado por: (Gisela Q. & Erika E. 2026).

Los resultados de la prueba U de Mann-Whitney para los índices de biodiversidad en las quebradas de Camanti – Quincemil plasmados en la tabla 24 muestran que la actividad minera tiene un impacto significativo en la calidad biológica de las aguas. Los índices de Shannon, Simpson, EPT y BMWP'-CR revelan diferencias significativas entre las quebradas con intervención minera y sin intervención minera, con valores más bajos en las quebradas intervenidas. Esto sugiere que la intervención minera reduce la diversidad biológica y altera la

composición de los macroinvertebrados acuáticos, ya que índices como Shannon y EPT, que son sensibles a la contaminación, muestran una disminución en las quebradas con actividad minera.

En cuanto a los parámetros fisicoquímicos del agua establecidos en la tabla 10 los resultados también revelan diferencias significativas en varios componentes clave. La conductividad eléctrica, dureza, calcio, magnesio, y sulfatos presentan valores significativamente más altos en las quebradas con intervención minera, lo que indica un aumento en la mineralización y la presencia de elementos disueltos derivados de la actividad minera. Además, el hierro también muestra una diferencia significativa, lo que puede ser un indicio de contaminación por metales pesados. Estos cambios en los parámetros fisicoquímicos reflejan alteraciones en la composición química del agua causadas por los procesos mineros. Sin embargo, algunos parámetros como pH, potasio, cloruros, bicarbonatos, y boro no muestran diferencias significativas entre los grupos, lo que sugiere que ciertos aspectos de la calidad del agua no se ven afectados por la actividad minera en este caso. A pesar de esto, los resultados globales indican que la actividad minera tiene un efecto negativo en la calidad del agua y la biodiversidad acuática en las quebradas de Camanti – Quincemil, lo que resalta la necesidad de tomar medidas para mitigar el impacto de la minería sobre estos ecosistemas acuáticos.

Percepción de los pobladores sobre la actividad minera en las quebradas del distrito de Camanti – Quincemil, Cusco, 2023.

Tabla 25. *Encuesta sobre la percepción del aumento de la actividad minera.*

Percepción del aumento de la actividad minera		Frecuencia	Porcentaje
¿Notaste algún cambio de hace 20 años con este año?	Si	47	94%
	No	2	4%
	No sabe	1	2%
¿Usted cómo calificaría el clima de hace 20 años atrás?	Muy Buena	43	86%
	Buena	3	6%
	Regular	3	6%

	Mala	1	2%
	Muy Buena	0	0%
En los últimos años, la actividad minera ha:	Aumentado	2	4%
	Disminuido	4	8%
	Se mantiene igual	38	76%
	No sabe	6	12%
¿Desde hace cuánto tiempo aproximadamente?	Menos de 1 año	32	64%
	1 a 5 años	9	18%
	Mas de 5 años	3	6%
	No sabe	6	12%
¿Considera usted que la actividad minera ha aumentado en los últimos años en su zona?	Si	5	10%
	No	36	72%
	No sabe	9	18%

Fuente: Elaborado por: (Gisela Q. & Erika E. 2026).

La percepción de la población sobre la actividad minera en el distrito de Camanti – Quincemil muestra una notable discordancia entre la percepción del cambio a largo plazo y el aumento reciente de la actividad minera. El 94% de los encuestados perciben un cambio en comparación con hace 20 años, lo que sugiere una conciencia generalizada de transformaciones en su entorno, posiblemente relacionadas con la minería. Sin embargo, cuando se les pregunta sobre el aumento reciente de la actividad minera en los últimos años, la respuesta varía considerablemente, ya que el 72% de los entrevistados asegura que la actividad minera no ha aumentado en su zona. Solo el 10% percibe un aumento, mientras que el 18% no sabe o no opina al respecto.

Este contraste indica que, aunque los residentes han notado un cambio general en las últimas dos décadas, la intensificación reciente de la minería no es tan evidente o no se atribuye directamente a la minería por la mayoría de la población. La percepción del cambio puede estar más relacionada con otros factores no necesariamente vinculados con la minería reciente, o con

cambios históricos más distantes. Además, el hecho de que el 64% de los encuestados indique que la minería ha sido más notable en los últimos 1-5 años refuerza la idea de que el cambio en el entorno podría haber sido más gradual o relacionado con otros elementos más allá de la minería reciente. Esto sugiere que, aunque la minería sigue siendo un tema de percepción relevante, la población no necesariamente asocia el aumento de la actividad minera con el cambio en la calidad de su entorno en los últimos años.

Tabla 26. *Encuesta sobre la presencia de la actividad minera en el distrito de Camanti - Quincemil.*

Presencia de actividad minera		Frecuencia	Porcentaje
¿Ha visto actividad minera cerca del río o quebrada que pasa por aquí?	Si	46	92%
	No	3	6%
	No sabe	1	2%
¿Qué tipo de minería observa más cerca?	Pequeña/ artesanal	16	32%
	Mas grande/ industrial	30	60%
	No sabe	3	6%
¿Este año como lo calificas al clima?	Muy Buena	1	2%
	Buena	0	0%
	Regular	43	84%
	Mala	6	12%
	Muy mala	1	2%
¿Ha visto uso de maquinaria o sustancias químicas cerca del agua?	Solo maquinaria	41	82%
	Sustancias químicas	1	2%
	Ambos Factores	0	0
	No sabe	8	16%
Según su experiencia, ¿en qué época se observa más trabajos con maquinaria pesada (retroexcavadora) en minera?	Solo en temporada de lluvias	11	22%
	Solo en temporada seca	34	68%
	En ambas temporadas	3	6%
	No se realiza.	1	2%
¿Qué tan cerca del río o quebrada está la actividad minera?	Muy cerca	4	8%
	Menos de 500 m	9	18%
	Entre 500 m y 1 km	18	36%
	Mas de 1 km	15	30%
	No sabe	4	8%

Fuente: Elaborado por: (Gisela Q. & Erika E. 2026).

El 94% de los encuestados ha observado actividad minera cerca de las fuentes de agua en el distrito de Camanti – Quincemil, lo que indica una alta percepción de la presencia minera en el área, especialmente en las quebradas y ríos cercanos. Esta percepción se correlaciona con el hecho de que la mayoría de los participantes reportan un cambio y un crecimiento reciente en la actividad minera. El 82% de los encuestados ha observado el uso de maquinaria pesada en la extracción del oro, lo que sugiere que la minería artesanal o pequeña sigue siendo dominante, pero con una presencia significativa de equipos de mayor capacidad, probablemente relacionados con una minería más industrializada.

En cuanto a las épocas de actividad minera, la mayoría de los encuestados (68%) indica que las labores con maquinaria se observan más durante la temporada seca, lo que podría estar relacionado con las condiciones climáticas y la menor cantidad de lluvias en esa época, lo que facilita la operación de maquinaria pesada. Solo el 22% de los entrevistados observa actividad minera en la temporada de lluvias, mientras que un pequeño porcentaje (6%) reporta que la actividad ocurre durante ambas temporadas. Además, el 36% de los encuestados menciona que la actividad minera está situada a una distancia de entre 500 m y 1 km del río o quebrada, lo que podría implicar un riesgo significativo para la calidad del agua y el medio ambiente en las cercanías de las fuentes de agua. Esto resalta la necesidad de monitorear los impactos ambientales derivados de la actividad minera en el área.

Tabla 27. *Encuesta sobre la percepción de cambios en los organismos en el distrito de Camanti-Quincemil.*

Percepción de cambios en organismos		Frecuencia	Porcentaje
¿Ha notado la presencia de insectos muertos o ausentes en el agua?	Si	3	6%
	No	40	80%
	No sabe	7	14%
¿Ha visto menos insectos u organismos pequeños (como larvas	Si, Hay Menos	42	84%
	No, estan igual	2	4%

o gusanos acuáticos) en el agua o en las piedras que antes?	Ahora hay mas	0	0%
	No sabe / nunca ha observado	6	12%
¿Cree que la actividad minera influye en la presencia o ausencia de los insectos (macroinvertebrados)?	Si	46	92%
	No	1	2%
	No sabe	2	4%

Fuente: Elaborado por: (Gisela Q. & Erika E. 2026).

El 92% de las personas encuestadas en el distrito de Camanti – Quincemil percibe que la actividad minera influye en la presencia o ausencia de los macroinvertebrados acuáticos, como insectos y otros organismos pequeños. Esta alta percepción refleja una conciencia significativa entre la población local sobre los impactos ambientales asociados con la minería, especialmente en los ecosistemas acuáticos cercanos a las quebradas y ríos. El 84% de los encuestados considera que hay menos organismos en comparación con el pasado, lo que sugiere una disminución de la biodiversidad acuática. Esta percepción puede estar relacionada con los efectos negativos de la actividad minera, como la contaminación del agua y la alteración de los hábitats acuáticos, que son cruciales para la supervivencia de estos organismos. Solo un pequeño porcentaje (4%) considera que los organismos están igual y ninguno observa un aumento en la cantidad de macroinvertebrados. Estos resultados resaltan el impacto negativo percibido de la minería sobre los ecosistemas acuáticos y la fauna acuática local.

Tabla 28. Encuesta sobre la percepción de la influencia minera en la calidad de agua en el distrito de Camanti – Quincemil.

Percepción sobre la influencia minera en la calidad de agua		Frecuencia	Porcentaje
¿Para qué actividad lo utilizan el agua de la quebrada?	Agricultura	35	70%
	Consumo humano	3	6%
	Pesca	1	2%
	Ganadería	11	22%
¿Cómo calificaría el agua hoy en día en	Muy Buena	2	4%
	Buena	3	6%
	Regular	13	26%

comparación años atrás?	Mala	27	54%
	Muy mala	0	0%
En su opinión, ¿la actividad minera afecta la calidad de agua en las quebradas?	Si	49	98%
	No	1	2%
	No sabe	0	0%
Si respondió "sí", ¿cómo cree que afecta? (Puede marcar varias)	Turbidez	22	44%
	Cambio el olor	0	0%
	Hace que el agua sea menos útil para riego	11	22%
	Disminuyo los insectos o organismos acuáticos	16	32%
¿Cree que la calidad del agua ha cambiado con el tiempo?	Si, mejoró	1	2%
	Si empeoró	43	86%
	No cambió	4	8%
	NO sabe	2	4%
¿Ha notado cambios visibles en el agua (olor, color, espuma, residuos)?	Olor	5	10%
	Color	29	58%
	Aumento de agua	0	0%
	Disminución del agua	16	32%
¿Cree que se deberían tomar medidas para proteger el agua?	Si	48	96%
	No	1	2%
	No sabe	1	2%
¿Qué medidas cree que serían más útiles?	Supervisar la zona	25	50%
	Limpiar los residuos	1	2%
	Enseñar a la población sobre el cuidado del agua	24	48%
Según su experiencia, ¿a qué cree que se deben los cambios en el agua?	Solo a la Lluvia	0	0%
	Solo a la actividad minera	41	82%
	Ambos Factores	8	16%
	No sabe / no responde	1	2%

Fuente: Elaborado por: (Gisela Q. & Erika E. 2026).

Casi la totalidad de los encuestados en el distrito de Camanti – Quincemil considera que la actividad minera tiene un impacto negativo sobre la calidad del agua de las quebradas, lo que indica una fuerte percepción local sobre la relación entre la minería y la contaminación del agua. En cuanto a la calificación del agua hoy en día, el 54% de los encuestados la describe como mala en comparación con años anteriores, mientras que el 86% de los participantes cree que la calidad

del agua ha empeorado con el tiempo. Esto sugiere que, a pesar de la importancia de las fuentes de agua para actividades como agricultura y ganadería, la calidad del recurso hídrico ha disminuido significativamente.

Las principales afectaciones mencionadas por la población incluyen el aumento de la turbidez del agua, un cambio de olor, la disminución de la utilidad del agua para riego, y la disminución de insectos y organismos acuáticos. Estas observaciones refuerzan la idea de que la minería está afectando no solo la calidad del agua, sino también los ecosistemas acuáticos locales. Además, la mayoría de los encuestados considera que se deben tomar medidas urgentes para proteger el agua, con un 96% a favor de acciones de supervisión y de educación comunitaria sobre el cuidado del agua. Por último, el 82% de los encuestados cree que los cambios observados en el agua se deben principalmente a la actividad minera, mientras que el 16% atribuye los cambios a ambos factores, y el 2% no sabe o no responde. Esto destaca el impacto percibido de la minería en la calidad del agua y la necesidad de medidas de protección para garantizar la sostenibilidad de los recursos hídricos en la zona.

V. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos evidencian que la actividad minera aluvial genera una alteración significativa en la estructura y composición de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos, lo que coincide con los hallazgos de Kaboré et al. (2023) y Rondan (2020), quienes también observaron que la alteración física del hábitat ocasionada por la minería reduce la diversidad de macroinvertebrados sensibles. Esta coincidencia puede atribuirse a que, independientemente de las diferencias geográficas entre las zonas de estudio, la minería aluvial produce procesos similares de sedimentación, pérdida de heterogeneidad del sustrato y modificación de los microhábitats. Desde una perspectiva ecológica, la disminución de los índices de Shannon, EPT y BMWP'-CR indica una pérdida de complejidad biológica y una reducción de la resiliencia del ecosistema frente a perturbaciones ambientales. La sedimentación ocasionada por la minería cubre el sustrato rocoso con partículas finas, disminuye la heterogeneidad del hábitat y reduce la disponibilidad de refugios, sitios de alimentación y superficies de colonización para organismos sensibles, especialmente Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera. Como consecuencia, se simplifica la red trófica, disminuye la riqueza biológica y predominan especies oportunistas capaces de soportar condiciones ambientales degradadas, evidenciando un deterioro progresivo del funcionamiento ecológico de las quebradas intervenidas.

En las quebradas intervenidas predominó el orden Diptera, particularmente organismos tolerantes a condiciones de perturbación. Este comportamiento puede atribuirse a diversas adaptaciones ecológicas y fisiológicas descritas por Roldán (2003), quien señala que muchos dípteros poseen pigmentos respiratorios como hemoglobina, que les permiten sobrevivir en ambientes con baja disponibilidad de oxígeno disuelto. Asimismo, presentan ciclos de vida

relativamente cortos, elevada capacidad reproductiva y hábitos alimenticios oportunistas, alimentándose de sedimentos ricos en materia orgánica, características que favorecen su rápida colonización después de una perturbación. De manera similar, Bonada et al. (2020) indican que los organismos tolerantes poseen una elevada plasticidad ecológica, permitiéndoles persistir en ambientes donde las especies sensibles desaparecen. Estas adaptaciones explican por qué los dípteros incrementaron su abundancia en las quebradas con influencia minera, mientras que órdenes sensibles como Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT) disminuyeron considerablemente.

Desde el punto de vista ecológico, el predominio de dípteros representa la sustitución de especies especialistas por organismos generalistas, fenómeno ampliamente reconocido como un indicador de degradación en ecosistemas lóticos. Esta sustitución no solo refleja una disminución de la biodiversidad, sino también una simplificación de la estructura de la comunidad bentónica, debido a que las especies sensibles, con mayores requerimientos de oxígeno y hábitats estables, son reemplazadas por organismos con mayor tolerancia a las alteraciones ambientales. Como consecuencia, se modifica el flujo de energía y el funcionamiento del ecosistema, afectando procesos ecológicos esenciales como la descomposición de la materia orgánica, el reciclaje de nutrientes y las relaciones tróficas. En conjunto, estos cambios reducen la capacidad del ecosistema para mantener su equilibrio ecológico y evidencian que la actividad minera no solo altera la composición taxonómica de los macroinvertebrados, sino también el funcionamiento ecológico de las quebradas intervenidas.

En cuanto a los parámetros fisicoquímicos, se observaron diferencias significativas en la conductividad eléctrica, dureza, calcio, magnesio, sulfatos e hierro, lo que evidencia un incremento de la carga iónica asociado a la actividad minera, resultado semejante al reportado por Aguilar et

al. (2022). Sin embargo, el pH no presentó diferencias significativas entre las quebradas intervenidas y no intervenidas. Este resultado no implica necesariamente que la calidad ecológica del agua se mantenga adecuada, ya que el principal mecanismo de afectación no parece estar relacionado con procesos de acidificación, sino con la alteración física del hábitat. Durante el trabajo de campo se registraron valores de turbidez considerablemente mayores en las quebradas intervenidas (40–100 UTJ), mientras que en las quebradas sin intervención los valores fueron cercanos a 0 UTJ. El incremento de sedimentos finos puede obstruir las branquias de los macroinvertebrados, rellenar los espacios intersticiales entre las piedras del lecho y reducir la disponibilidad de refugios y sitios de alimentación, provocando una disminución de la riqueza y diversidad biológica aun cuando el pH permanezca dentro de rangos normales. Asimismo, este comportamiento demuestra que los macroinvertebrados integran los efectos acumulativos de las perturbaciones ambientales ocurridas durante periodos prolongados, mientras que los parámetros fisicoquímicos representan únicamente las condiciones del agua en el momento del muestreo. En consecuencia, los indicadores biológicos constituyen herramientas más sensibles para detectar alteraciones ecológicas tempranas ocasionadas por actividades mineras.

A pesar de que los parámetros fisicoquímicos evaluados permanecieron dentro de los límites establecidos por el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM para la Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, los índices biológicos evidenciaron un deterioro importante de la calidad ecológica de las quebradas intervenidas. Este resultado demuestra que el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental no garantiza necesariamente la conservación de la estructura y funcionamiento de las comunidades biológicas, debido a que estas integran los efectos acumulativos de perturbaciones físicas y químicas ocurridas a lo largo del tiempo. En este contexto, el biomonitoreo mediante macroinvertebrados complementa la

evaluación fisicoquímica tradicional y proporciona una visión más integral del estado ecológico de los ecosistemas acuáticos.

Los resultados también muestran que las quebradas sin intervención minera presentaron una mayor diversidad y abundancia de macroinvertebrados, con predominio de organismos pertenecientes a los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, considerados bioindicadores de buena calidad ambiental. Esta respuesta coincide con lo reportado por Munyai et al. (2024), quienes encontraron una elevada diversidad de taxones sensibles en ecosistemas acuáticos conservados. Por el contrario, las quebradas intervenidas registraron únicamente 318 individuos frente a los 934 individuos encontrados en las quebradas sin minería, observándose una simplificación de la comunidad y el predominio de organismos tolerantes, patrón similar al descrito por Tinco y Ommia (2022) en ecosistemas afectados por minería aluvial. Estas similitudes evidencian que la pérdida de organismos sensibles constituye una respuesta ecológica recurrente frente a la degradación del hábitat, independientemente de las características particulares de cada cuenca hidrográfica.

Los resultados obtenidos también son consistentes con investigaciones recientes realizadas en regiones amazónicas afectadas por minería aurífera, como Madre de Dios (Perú), el estado de Pará (Brasil) y el Chocó (Colombia), donde se ha reportado un incremento de la conductividad eléctrica y de la concentración de sulfatos, acompañado por una disminución de los índices EPT y BMWP asociada a la pérdida de organismos sensibles debido al incremento de sedimentos y metales presentes en el agua. Aunque las concentraciones de algunos parámetros fisicoquímicos permanecen dentro de los límites normativos, estos estudios coinciden en que la alteración del hábitat y el aumento de sedimentos suspendidos constituyen los principales factores responsables de la reducción de la biodiversidad bentónica. La similitud entre estos estudios y los resultados

obtenidos en Camanti sugiere que la respuesta de las comunidades bentónicas frente a la minería aluvial sigue un patrón ecológico consistente en ecosistemas tropicales. Independientemente de las diferencias geográficas y ambientales entre las cuencas evaluadas, la remoción del lecho, el incremento de sedimentos finos y la pérdida de heterogeneidad del sustrato favorecen la desaparición de organismos sensibles y el establecimiento de especies tolerantes, evidenciando que la minería altera procesos ecológicos fundamentales del ecosistema acuático.

En conjunto, los resultados demuestran que la actividad minera no solo modifica determinados parámetros fisicoquímicos del agua, sino que también altera la estructura, composición y funcionamiento ecológico de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos. La disminución de la diversidad biológica, la pérdida de organismos sensibles y el predominio de especies tolerantes evidencian un proceso de simplificación ecológica que puede comprometer funciones ecosistémicas esenciales, como el reciclaje de nutrientes, la descomposición de la materia orgánica y el mantenimiento de la calidad del agua. Estos hallazgos resaltan la importancia de incorporar el biomonitoreo mediante macroinvertebrados como complemento de los análisis fisicoquímicos en los programas de vigilancia ambiental, ya que permite detectar alteraciones ecológicas que no siempre son evidentes mediante mediciones fisicoquímicas puntuales y proporciona una evaluación más completa del estado de conservación de los ecosistemas acuáticos.

VI. CONCLUSIONES

- Se concluye que la actividad minera ejerce un efecto significativo sobre la calidad del agua de las quebradas del distrito de Camanti–Quincemil, evidenciado tanto por las modificaciones en determinados parámetros fisicoquímicos como por la alteración de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos. Los índices de Shannon ($p = 0.002$) y BMWP'-CR ($p = 0.005$) demostraron una disminución significativa de la diversidad y de la calidad ecológica en las quebradas intervenidas, mientras que la conductividad eléctrica ($p = 0.012$), los sulfatos ($p = 0.004$) y el hierro ($p = 0.012$) presentaron incrementos significativos asociados a la actividad minera. Aunque los valores de hierro permanecieron por debajo de los límites establecidos por el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (D.S. N.º 004-2017-MINAM), los resultados evidencian que la actividad minera altera el funcionamiento ecológico de las quebradas, favoreciendo la pérdida de organismos sensibles y el predominio de especies tolerantes, lo que representa un deterioro de la calidad biológica del ecosistema acuático.
- Se concluye que la actividad minera influye significativamente sobre determinados parámetros fisicoquímicos del agua de las quebradas del distrito de Camanti–Quincemil. La conductividad eléctrica ($p = 0.012$), los sulfatos ($p = 0.004$) y el hierro ($p = 0.012$) presentaron diferencias significativas entre las quebradas intervenidas y no intervenidas, evidenciando un incremento de la mineralización del agua asociado a la actividad minera. En contraste, parámetros como el pH no mostraron diferencias significativas ($p > 0.05$), indicando que el impacto de la minería no afecta de manera uniforme todos los componentes fisicoquímicos.

Desde una perspectiva ecológica, estos resultados sugieren que la principal afectación está relacionada con el incremento de sedimentos y de la carga iónica, condiciones que modifican el hábitat acuático y repercuten sobre las comunidades biológicas.

- Se concluye que existen diferencias en la composición y estructura de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos entre las quebradas intervenidas y no intervenidas por la actividad minera. Las quebradas sin intervención presentaron una mayor representación de organismos sensibles pertenecientes a los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, mientras que en las quebradas intervenidas predominó el orden Diptera, caracterizado por especies con mayor tolerancia a condiciones de perturbación ambiental. El índice de Shannon ($p = 0.002$) confirmó una disminución significativa de la diversidad en las quebradas con influencia minera. Desde el punto de vista ecológico, esta sustitución de organismos sensibles por especies tolerantes evidencia una simplificación de la comunidad bentónica, una pérdida de complejidad biológica y una menor estabilidad del ecosistema frente a las perturbaciones ocasionadas por la actividad minera.
- Se concluye que las quebradas no intervenidas presentaron una diversidad y abundancia significativamente mayores de macroinvertebrados acuáticos en comparación con las quebradas intervenidas por la actividad minera. Los índices EPT ($p = 0.016$) y BMWP'-CR ($p = 0.005$) evidenciaron una mejor calidad biológica en las quebradas sin intervención, mientras que en las quebradas intervenidas se registró una disminución de organismos sensibles y un predominio

de especies tolerantes. Estos resultados demuestran que la actividad minera deteriora la calidad ecológica de las quebradas y reduce la biodiversidad acuática, confirmando que los macroinvertebrados constituyen bioindicadores confiables para evaluar los efectos acumulativos de las perturbaciones ambientales, incluso cuando algunos parámetros fisicoquímicos permanecen dentro de los límites establecidos por la normativa ambiental vigente.

VII.RECOMENDACIONES

- De acuerdo con la conclusión general, se recomienda implementar un programa permanente de monitoreo de la calidad del agua en las quebradas del distrito de Camanti–Quincemil, integrando la evaluación periódica de parámetros fisicoquímicos y de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores. Este programa debe ser ejecutado de manera coordinada entre la Autoridad Nacional del Agua (ANA), el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), el Gobierno Regional del Cusco y la Municipalidad Distrital de Camanti, con el fin de detectar oportunamente cambios en la calidad ecológica de las quebradas y fortalecer la gestión ambiental basada en evidencia científica.
- De acuerdo con la primera conclusión específica, se recomienda ampliar el monitoreo fisicoquímico mediante la evaluación periódica de metales pesados, tales como mercurio (Hg), arsénico (As), plomo (Pb), cadmio (Cd) y otros elementos potencialmente asociados a la actividad minera aurífera. Si bien en el presente estudio los valores de hierro permanecieron dentro de los límites establecidos por el ECA-Agua, la incorporación de estos análisis permitirá identificar posibles procesos de contaminación no detectados y mejorar la evaluación integral de la calidad del agua.
- De acuerdo con la segunda conclusión específica, se recomienda implementar programas de restauración ecológica en las quebradas con mayor nivel de intervención minera, priorizando acciones como la revegetación de las riberas, el control de procesos erosivos, la estabilización de taludes y la recuperación de hábitats acuáticos. Estas medidas contribuirán a restablecer la heterogeneidad del

sustrato, favorecer la recolonización de organismos sensibles como Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera y recuperar progresivamente el funcionamiento ecológico de las quebradas.

- De acuerdo con la tercera conclusión específica, se recomienda establecer un programa regional de biomonitoreo utilizando macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos de la calidad del agua, incorporando índices como EPT, BMWP'-CR y Shannon dentro de los programas de vigilancia ambiental desarrollados por las instituciones competentes. La integración de estos indicadores permitirá evaluar de manera más completa los efectos acumulativos de la actividad minera sobre los ecosistemas acuáticos, complementando los análisis fisicoquímicos tradicionales.
- Se recomienda fortalecer la participación de las comunidades locales mediante programas de monitoreo participativo, capacitando a líderes comunales y actores locales en el uso de equipos básicos de evaluación, como el kit LaMotte, y en la identificación de macroinvertebrados acuáticos mediante guías ilustradas adaptadas a la zona de estudio. La participación comunitaria favorecerá la generación de información continua, el fortalecimiento de la vigilancia ambiental y la conservación de los recursos hídricos.
- Finalmente, se recomienda que futuras investigaciones desarrollen muestreos estacionales durante los periodos de lluvias y estiaje, incorporando además análisis de metales pesados, sedimentos y otros contaminantes asociados a la minería aurífera, con el propósito de comprender la variabilidad temporal de la calidad del

agua y evaluar con mayor precisión los efectos ecológicos de la actividad minera sobre las quebradas del distrito de Camanti–Quincemil.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar, W., López, I., Chávez, L., & Rengifo, L. (2022). Efecto de la minería en macroinvertebrados acuáticos de la ciénaga plaza seca, Atrato, Chocó. *Politécnica*, 18(35), 9-23.

doi:10.33571/rpolitec.v18n35a1.

Allan, J. D., & Castillo, M. M. (2007). *Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters* (2nd ed.). Springer.

<https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5583-6>

American Public Health Association. (2017). *Standard methods for the examination of water and wastewater*.

<https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5583-6>

Bae, M. J. (2021). *Evaluation of the impacts of abandoned mining areas: A case study with benthic macroinvertebrate assemblages. International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(21), 11132.

<https://doi.org/10.3390/ijerph182111132>

Bezerra, C. W. (2021). Interaction of macroinvertebrates in leaf litter in forest ecosystems: A review. *Journal of Environmental Analysis and Progress*.

<https://doi.org/10.24221/jcap.6.2.2021.3365.153-166>

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (2016). Calidad del agua. Obtenido de <https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/23747/2/Calidad%20del%20Agua%20Final.pdf>

- Bonada, N., Prat, N., Resh, V., & Statzner, B. (2020). Freshwater biomonitoring using benthic macroinvertebrates: Progress and challenges. *Journal of the North American Benthological Society*. 39(4), 601-627. doi:<https://doi.org/10.1086/709630>
- Carrera, C., & Fierro, K. (2001). *Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*. Colección General. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10469/24707>
- Cheneaux, J. (2020). *Bioindicadores y calidad ambiental: fundamentos y aplicaciones en ecosistemas acuáticos*. Universidad Nacional de La Plata. Obtenido de <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/150959>
- CODISEC. (2020). *Plan de acción de seguridad ciudadana 2019–2023*. Municipalidad Distrital de Quincemil. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/munimajes/colecciones/6378-plan-de-accion-de-seguridad-ciudadana-codisec>
- Croijmans, L. D. (2021). *Oxygen is a better predictor of macroinvertebrate richness than temperature: A systematic review*. *Environmental Research Letters*, 16. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab9b42>
- Dallas, H. F. (2021). *Rapid bioassessment protocols using aquatic macroinvertebrates in Africa—Considerations for regional adaptation of existing biotic indices*.
- Hauer, F. R., & Lamberti, G. A. (Eds.). (2017). *Methods in Stream Ecology* (3rd ed.). Academic Press.
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGrawHill. <https://doi.org/10.22201/fesc.20072236e.2019.10.18.6>

- Jiménez-Broncano, K. M.-V. (2025). *Benthic Macroinvertebrates as Bioindicators for Assessing Water Quality in the Cañipia River, Cusco, Peru*. *Innovaciencia*, 13(1).
<https://doi.org/10.15649/2346075X.4843>
- Kaboré, I., Victor, B., Lallébila, T., & Adama, O. (2023). Impact of gold panning activity on the structure of macroinvertebrates in Nakanbe catchment in Burkina Faso (West Africa). *International Network For Natural Sciences*, 23(6), 5-14. Obtenido de <https://innspub.net/impact-of-gold-panning-activity-on-the-structure-of-macroinvertebrates-in-nakanbe-catchment-in-burkina-faso-west-africa/>
- Magurran, A. E. (2021). *Measuring biological diversity*. *Current Biology*, 31(19).
- Mejicano, L. (2024). *Cuantificación de macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad del sistema río Vilcanota - Sicuani*. Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de <https://repositorio.unap.edu.pe/items/e89da321-c79d-45b0-b289-e6e68641ddc0>
- Mendoza-Muñoz, Y. O.-G.-H.-C. (2023). Macroinvertebrados como bioindicadores del tipo de contaminación del Río HuilaHuila tributario de la fuente de agua potable Piuray Cusco, 2019.
- MINAM. (2017). *Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua*. Diario oficial El Peruano. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-004-2017-minam/>
- MINAM. (2023). *Contaminación del agua y gestión de cuencas en el Perú: diagnóstico y perspectivas*. Lima, Perú. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/gestion-de-la-calidad-del-agua/>

- MINEM. (10 de 02 de 2023). *gob.pe*. Obtenido de Ministerio de Energía y Minas - Perú:
<https://www.gob.pe/institucion/minem/noticias/904675-minem-actividad-minera-en-peru%20registra-tendencia-positiva-a-2024-con-mayor-produccion>
- Munyai, L., Liphadzi, T., Mutshekwa, T., Mutoti, M., Mofu, L., & Murungweni, F. (2024). Water and sediment chemistry as drivers of macroinvertebrates and fish assemblages in littoral zones of subtropical reservoirs. *Water*, 16(1), 42.
<https://doi.org/10.3390/w16010042>
- Quispe, I., & Pérez, C. (2022). *Evaluación de la calidad de agua del rio Vilcanota utilizando macroinvertebrados – Cusco*. Universidad Peruana Unión. Obtenido de <https://repositorio.upeu.edu.pe/items/bddb5e7a-0b7d-495c-bd45-b0d91244b887>
- Remy, G. (2014). Naturaleza, ecología y medio ambiente e impacto ambiental. Implicancias legales. *Revista de la Facultad de Derecho y Ciencia Política de la Universidad Ricardo Palma*, 3(3), 277-290. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9251001&utm_source=com.
- Roldán, G. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Propuesta para el uso del método BMWP/Col*. Universidad de Antioquia. Obtenido de https://books.google.com.pe/books/about/Bioindicaci%C3%B3n_de_la_calidad_del_agua_en.html?id=ZEjgIKZTF2UC&redir_esc=y
- Roldán-Pérez, G. (2016). *Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica*, 40(155), 254–274.
- Rondan, R. (2020). *Evaluación del impacto de la actividad minera en la calidad de agua y la diversidad de macroinvertebrados bentónicos en quebradas del sector la Pampa*,

Tambopata-Madre de Dios. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.
<https://repositorio.unamad.edu.pe/handle/20.500.14070/844>

Tarrillo, E. (2021). *Evaluación de macroinvertebrados acuáticos, como indicadores del estado ecológico del río Tingo, Provincia de Hualgayoc, Cajamarca – 2019*. Universidad Nacional Autónoma de Chota. Obtenido de <https://repositorio.unach.edu.pe/items/87fa29fd-55a2-445d-987c-cca745f57f2b>

Tinco, J., & Ommia, J. (2023). *Efecto de la actividad minera en la calidad del agua en cuatro quebradas de la comunidad Nativa de San José de Karene - Madre de Dios*. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Obtenido de <https://repositorio.unamad.edu.pe/handle/20.500.14070/930>

Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R., & Cushing, C. E. (1980). *The River Continuum Concept*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37(1), 130–137.
<https://doi.org/10.1139/f80-017>

Vilca, E. (2022). Uso de macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua en ecosistemas lóticos del Perú: Una revisión. *Universidad Científica*, 3(2).
<https://doi.org/10.21142/SS-0302-2022-e060>

Wissinger, S. A. (2021). *Relationships between macroinvertebrates and detritus in freshwater wetlands*. *Freshwater Science*, 40(4), 681–698.

IX. ANEXO

Anexo 1.

Matriz de consistencia: Evaluación del efecto de la actividad minera en la calidad de agua de las quebradas del Distrito de Camanti - Quispicanchi - Cusco, 2023.

Anexo 1: Matriz de consistencia.

PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION	HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION	VARIABLES DEL ESTUDIO				METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable A				Metodología
¿Cuál es el efecto de la actividad minera sobre la calidad del agua de las quebradas del distrito de Camanti– Quincemil, Cusco, evaluada mediante parámetros físicoquímicos y la comunidad de macroinvertebrados acuáticos durante el año 2023?	Evaluar el efecto de la actividad minera sobre la calidad del agua de las quebradas, mediante el análisis de parámetros físicoquímicos y la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en el distrito de Camanti – Quincemil, Cusco, 2023.	Ho: La actividad minera no genera diferencias significativas en la calidad del agua de las quebradas del distrito de Camanti – Quincemil, Cusco, 2023. Ha: La actividad minera genera diferencias significativas en la calidad del agua de las quebradas del distrito de Camanti – Quincemil, 2023.	Intervención minera	Presencia de minería	Quebrada con minería	Categoría (con intervencion minera)	Enfoque: Cuantitativo. Tipo: Descriptivo-comparativo. Diseño: No experimental, transversal.
				Ausencia de minería	Quebrada sin minería	Categoría (con intervencion minera)	
Problemas Específicas	Objetivos específicos	Hipótesis Especificas	Variable B				Población y Muestra
¿Cómo influye la actividad minera en la calidad físicoquímica del agua, determinada mediante el análisis del pH, conductividad eléctrica, dureza, calcio, magnesio, sodio, potasio, cloruros, sulfatos, bicarbonatos,	Evaluar la influencia de la actividad minera sobre los parámetros físicoquímicos del agua, mediante el análisis del pH, conductividad eléctrica, dureza, calcio, magnesio, sodio, potasio,	Ho: Las comunidades de macroinvertebrados acuáticos no presentan diferencias significativas en su composición y estructura entre las quebradas del distrito de Camanti – Quincemil, Cusco, 2023. Ha: Las comunidades de macroinvertebrados acuáticos presentan una composición y estructura diferenciada en las	Calidad de agua	Calidad físicoquímica	PH	Unidades de PH	Población: Seis quebradas del distrito de Camanti (3 intervenidas y 3 no intervenidas). Muestra ambiental: 12 puntos de muestreo (2 por quebrada) y 72 paquetes de hojas. Muestra social: 50
					Conductividad Eléctrica	µS/cm	
					Dureza total	mg/L	
					Calcio	mg/L	
					Magnesio	mg/L	
					Sodio	mg/L	
					Potasio	mg/L	
					Cloruros	mg/L	

carbonatos, hierro, boro y sales solubles totales en las quebradas del distrito de Camanti – Quincemil, Cusco, 2023?	cloruros, sulfatos, bicarbonatos, carbonatos, hierro, boro y sales solubles totales en las quebradas del distrito de Camanti – Quincemil, Cusco, 2023.	quebradas del distrito de Camanti – Quincemil, Cusco, 2023.			Sulfatos	mg/L	familias mediante muestreo no probabilístico intencional.
					Bicarbonatos	mg/L	
					Hierro	mg/L	
					Boro	mg/L	
					Sales Solubles totales	mg/L	
					Temperatura	°C	
					Oxígeno disuelto	mg/L	
					Fosfatos	mg/L	
					Nitratos	mg/L	
					Turbidez	NTU	
¿Cómo influye la actividad minera en la diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos en las quebradas del distrito de Camanti–Quincemil, Cusco?	Comparar la diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos en el distrito de Camanti – Quincemil, Cusco, 2023.	Ho: No existen diferencias significativas en los niveles de diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos entre las quebradas con influencia minera y aquellas sin actividad extractiva en el distrito de Camanti – Quincemil, Cusco, 2023. Ha: Los niveles de diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos son menores en las quebradas con influencia minera en comparación con aquellas sin actividad extractiva en el distrito de Camanti – Quincemil, Cusco, 2023.		Calidad biológica	Índice BMWP’-CR	Puntos	
					Índice EPT	%	
					Índice de Shannon-Wiener	Valor del índice (H')	
					Índice de Simpson	Valor del índice (D o 1–D)	

Anexo 2: Ficha de campo

[illegible]

Fuente: Elaborado por: (Gisela Q. & Erika E. 2026).

Anexo 3: Identificación de factores contaminantes en el distrito de Camanti - Quincemil.



Nota: Se observan áreas intervenidas por actividades mineras y la presencia de elementos que constituyen potenciales fuentes de contaminación ambiental. Elaborado por: (Gisela Q. y Erika Y. 2026).

Anexo 4 Remosion de los suelos para la actividad minera en uno de los sectores del distrito de Camanti - Quincemil.



Nota: La imagen evidencia la alteración de la cobertura superficial del terreno como consecuencia de las labores de extracción minera. Elaborado por: (Gisela Q. y Erika Y. 2026).

Anexo 5. Identificación de la quebrada pan de azúcar para su evaluación en el distrito de Camanti- Quincemil.



Nota: La imagen muestra el punto de reconocimiento de la quebrada, seleccionado para la evaluación de la calidad del recurso hídrico. Elaborado por: (Gisela Q. y Erika Y. 2026).

Anexo 6: Identificación de la Quebrada San Ramon para su evaluación en el distrito de Camanti - Quincemil.



Nota : La fotografía corresponde al punto de reconocimiento de la quebrada, considerado para la evaluación de la calidad del agua. Elaborado por: (Gisela Q. y Erika Y. 2026).

Anexo 7: Identificación de la Quebrada Magdalena para su evaluación en el distrito de Camanti - Quincemil.



Nota: La fotografía corresponde al punto de reconocimiento de la quebrada, considerado para la evaluación de la calidad del agua. *Elaborado por:* (Gisela Q. y Erika Y. 2026).

Anexo 8: Identificación de la Quebrada San Antonio para su evaluación en el distrito de Camanti - Quincemil.



Nota: La fotografía corresponde al punto de reconocimiento de la quebrada, considerado para la evaluación de la calidad del agua. *Elaborado por:* (Gisela Q. y Erika Y. 2026).

Anexo 9. Identificación de la Quebrada Rumimayo para su evaluación en el distrito de Camanti – Quincemil.



Nota: La fotografía corresponde al punto de reconocimiento de la quebrada, considerado para la evaluación de la calidad del agua. Elaborado por: (Gisela Q. y Erika Y. 2026).

Anexo 10. Identificación de la Quebrada Yanamayo para su evaluación en el distrito de Camanti - Quincemil. Anexo 8.



Nota: La fotografía corresponde al punto de reconocimiento de la quebrada, considerado para la evaluación de la calidad del agua. Elaborado por: (Gisela Q. y Erika Y. 2026).

Anexo 11. Elaboración y pesado de paquetes de hoja para para su instalación en las quebradas.



Nota: La fotografía corresponde al proceso de preparación y registro del peso inicial de los paquetes de hojas previo a su instalación. Elaborado por: (Gisela Q. y Erika Y. 2026).

Anexo 12. Instalación de paquetes de hojas en la quebrada pan de azúcar con intervención minera.



Nota: La fotografía muestra la instalación de los paquetes de hojas en el cauce de la quebrada para su posterior monitoreo y recuperación. Elaborado por: (Gisela Q. y Erika Y. 2026).

Anexo 13. Instalación de paquetes de hoja en la quebrada San Antonio sin intervención minera.



Nota: La fotografía muestra la colocación de los paquetes de hojas en el cauce de la quebrada para su posterior monitoreo y recuperación. Elaborado por: (Gisela Q. y Erika Y. 2026).

Anexo 14. Selección de macroinvertebrados obtenidos de los paquetes de hoja.



Nota: La fotografía muestra la separación e identificación preliminar de los organismos recolectados para su posterior análisis biológico como indicadores de la calidad del agua. .
Elaborado por: (Gisela Q. y Erika Y. 2026).

Anexo 15. Identificación de los macroinvertebrados En el laboratorio del Centro Amazónico de Educación Ambiental e Investigación – ACEER.





Nota: La fotografía muestra el proceso de observación e identificación de los organismos mediante el uso de equipos y claves taxonómicas. Elaborado por: (Gisela Q. y Erika Y. 2026).

Anexo 16. Medición de la temperatura del agua en las seis quebradas evaluadas, como parte de la caracterización de los parámetros fisicoquímicos del estudio



Nota: La fotografía muestra el registro de la temperatura del agua mediante un equipo de medición durante el trabajo de campo. Elaborado por: (Gisela Q. y Erika Y. 2026).

Anexo 17. Medición del PH en la Quebrada Yanamayo sin intervención minera.



Nota: La fotografía muestra el registro de la medición de PH del agua mediante un equipo de medición durante el trabajo de campo. Elaborado por: (Gisela Q. y Erika Y. 2026).

Anexo 18. Medición de la turbidez en la quebrada San Ramon con intervención minera



Nota: La fotografía muestra el registro de la medición de PH del agua mediante un equipo de medición durante el trabajo de campo. Elaborado por: (Gisela Q. y Erika Y. 2026).

Anexo 19. Medición del fosfato en la quebrada Rumimayo sin intervención minera.



Nota: La fotografía muestra el registro de la medición del fosfato del agua mediante un equipo de medición durante el trabajo de campo. Elaborado por: (Gisela Q. y Erika Y. 2026).

Anexo 20. Medición del oxígeno disuelto en la quebrada San Ramón con intervención minera.



Nota: La fotografía muestra el registro de la medición del fosfato del agua mediante un equipo de medición durante el trabajo de campo. Elaborado por: (Gisela Q. y Erika Y. 2026).

Anexo 21. Medición del oxígeno disuelto en quebrada san Ramon con intervención minera.



Nota: La fotografía muestra el registro de la medición del oxígeno disuelto del agua mediante un equipo de medición durante el trabajo de campo. Elaborado por: (Gisela Q. y Erika Y. 2026).

Anexo 22. Medición del nitrato en quebrada Magdalena con intervención minera.



Nota: La fotografía muestra el registro de la medición del nitrato del agua mediante un equipo de medición durante el trabajo de campo. Elaborado por: (Gisela Q. y Erika Y. 2026).

Anexo 23. Toma de muestra de agua para su análisis en el laboratorio de la universidad nacional san Antonio abad del cusco.



Nota: Toma de muestra de agua perteneciente a la quebrada Yanamayo para su análisis en laboratorio en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, como parte del proceso de evaluación de la calidad del agua. Elaborado por: (Gisela Q. y Erika Y. 2026).

Anexo 24: Selección de datos de macroinvertebrados del ACEER.

QUEBRADAS	CODIGO	FECHA DE INSTALACION	FECHA DE COLECTA	ORDEN	FAMILIA	N.º TOTAL INDIVIDUOS
SAN ANTONIO	SA-001-01	28/01/2025	28/02/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	3
SAN ANTONIO	SA-001-01	28/01/2025	28/02/2025	Plecoptera	Perlidae	3
SAN ANTONIO	SA-001-01	28/01/2025	28/02/2025	Trichoptera	Calamoceratidae	1
SAN ANTONIO	SA-001-01	28/01/2025	28/02/2025	Trichoptera	Leptoceridae	15
SAN ANTONIO	SA-001-04	28/01/2025	28/02/2025	Trichoptera	Leptoceridae	12
SAN ANTONIO	SA-001-04	28/01/2025	28/02/2025	Odonata	Polythoridae	2
SAN ANTONIO	SA-001-09	28/01/2025	28/02/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	1
SAN ANTONIO	SA-001-09	28/01/2025	28/02/2025	Plecoptera	Perlidae	1
SAN ANTONIO	SA-001-09	28/01/2025	28/02/2025	Trichoptera	Calamoceratidae	2
SAN ANTONIO	SA-001-09	28/01/2025	28/02/2025	Trichoptera	Leptoceridae	6
SAN ANTONIO	SA-001-09	28/01/2025	28/02/2025	Coleoptera	Ptilodactylidae	3
SAN ANTONIO	SA-001-12	28/01/2025	28/02/2025	Plecoptera	Perlidae	1
PAN DE AZUCAR	PA-002-02	28/01/2025	28/02/2025	Odonata	Coenagrionidae	1
PAN DE AZUCAR	PA-002-02	28/01/2025	28/02/2025	Diptera	Chironomidae	1
PAN DE AZUCAR	PA-002-03	28/01/2025	28/02/2025	Odonata	Coenagrionidae	1
PAN DE AZUCAR	PA-002-06	28/01/2025	28/02/2025	Odonata	Coenagrionidae	1
PAN DE AZUCAR	PA-002-12	28/01/2025	28/02/2025	Odonata	Coenagrionidae	1
MAGDALENA	MG-003-03	28/01/2025	28/02/2025	Trichoptera	Leptoceridae	6
MAGDALENA	MG-003-03	28/01/2025	28/02/2025	Trichoptera	Calamoceratidae	2
MAGDALENA	MG-003-03	28/01/2025	28/02/2025	Coleoptera	Elmidae	1
MAGDALENA	MG-003-03	28/01/2025	28/02/2025	Coleoptera	Ptilodactylidae	1
MAGDALENA	MG-003-07	28/01/2025	28/02/2025	Diptera	Athericidae	1
MAGDALENA	MG-003-09	28/01/2025	28/02/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	1
MAGDALENA	MG-003-09	28/01/2025	28/02/2025	Plecoptera	Perlidae	1
MAGDALENA	MG-003-09	28/01/2025	28/02/2025	Trichoptera	Leptoceridae	1
MAGDALENA	MG-003-09	28/01/2025	28/02/2025	Diptera	Chironomidae	1
MAGDALENA	MG-003-09	28/01/2025	28/02/2025	Hydrachnidia	Limnesiidae	1
MAGDALENA	MG-003-12	28/01/2025	28/02/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	8
MAGDALENA	MG-003-12	28/01/2025	28/02/2025	Plecoptera	Perlidae	4
MAGDALENA	MG-003-12	28/01/2025	28/02/2025	Trichoptera	Leptoceridae	19
MAGDALENA	MG-003-12	28/01/2025	28/02/2025	Trichoptera	Calamoceratidae	1
MAGDALENA	MG-003-12	28/01/2025	28/02/2025	Trichoptera	Hydropsychidae	1
MAGDALENA	MG-003-12	28/01/2025	28/02/2025	Coleoptera	Elmidae	1
MAGDALENA	MG-003-12	28/01/2025	28/02/2025	Diptera	Chironomidae	1

MAGDALENA	MG-003-12	28/01/2025	28/02/2025	Tricladida	DugesIIDae	1
SAN RAMON	SR-004-01	28/01/2025	28/02/2025	Ephemeroptera	Euthyplociidae	1
SAN RAMON	SR-004-01	28/01/2025	28/02/2025	Odonata	Libellulidae	1
SAN RAMON	SR-004-03	28/01/2025	28/02/2025	Odonata	Libellulidae	1
SAN RAMON	SR-004-07	28/01/2025	28/02/2025	Ephemeroptera	Leptohyphidae	1
SAN RAMON	SR-004-07	28/01/2025	28/02/2025	Diptera	Chironomidae	1
SAN RAMON	SR-004-10	28/01/2025	28/02/2025	Trichoptera	Leptoceridae	1
YANAMAYO	YM-005-01	28/01/2025	28/02/2025	Blattodea	Blaberidae	1
YANAMAYO	YM-005-03	28/01/2025	28/02/2025	Coleoptera	Ptilodactylidae	1
YANAMAYO	YM-005-04	28/01/2025	28/02/2025	Coleoptera	Ptilodactylidae	5
YANAMAYO	YM-005-09	28/01/2025	28/02/2025	Plecoptera	Perlidae	1
YANAMAYO	YM-005-09	28/01/2025	28/02/2025	Odonata	Megapodagrionidae	1
YANAMAYO	YM-005-12	28/01/2025	28/02/2025	Diptera	Ceratopogonidae	1
YANAMAYO	YM-005-12	28/01/2025	28/02/2025	Diptera	Chironomidae	1
RUMIMAYO	RM-006-02	28/01/2025	28/02/2025	Trichoptera	Calamoceratidae	1
RUMIMAYO	RM-006-05	28/01/2025	28/02/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	1
RUMIMAYO	RM-006-05	28/01/2025	28/02/2025	Megaloptera	Corydalidae	1
RUMIMAYO	RM-006-05	28/01/2025	28/02/2025	Diptera	Chironomidae	1
RUMIMAYO	RM-006-06	28/01/2025	28/02/2025	Diptera	Chironomidae	1
RUMIMAYO	RM-006-09	28/01/2025	28/02/2025	Hemiptera	Naucoridae	1
RUMIMAYO	RM-006-01	28/02/2025	30/03/2025	Coleoptera	Ptilodactylidae	1
RUMIMAYO	RM-006-01	28/02/2025	30/03/2025	Diptera	Tipulidae	1
RUMIMAYO	RM-006-01	28/02/2025	30/03/2025	HaplotaXida	Naididae	1
RUMIMAYO	RM-006-02	28/02/2025	30/03/2025	Trichoptera	Leptoceridae	2
RUMIMAYO	RM-006-03	28/02/2025	30/03/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	2
RUMIMAYO	RM-006-03	28/02/2025	30/03/2025	Odonata	Coenagrionidae	1
RUMIMAYO	RM-006-12	28/02/2025	30/03/2025	Diptera	Chironomidae	2
SAN ANTONIO	SA-001-01	28/02/2025	30/03/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	1
SAN ANTONIO	SA-001-01	28/02/2025	30/03/2025	Trichoptera	Leptoceridae	1
SAN ANTONIO	SA-001-01	28/02/2025	30/03/2025	Odonata	Megapodagrionidae	1
SAN ANTONIO	SA-001-01	28/02/2025	30/03/2025	Diptera	Chironomidae	2
SAN ANTONIO	SA-001-03	28/02/2025	30/03/2025	Plecoptera	Perlidae	1
SAN ANTONIO	SA-001-03	28/02/2025	30/03/2025	Trichoptera	Leptoceridae	10
SAN ANTONIO	SA-001-04	28/02/2025	30/03/2025	HaplotaXida	Naididae	1
SAN ANTONIO	SA-001-07	28/02/2025	30/03/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	1
SAN ANTONIO	SA-001-07	28/02/2025	30/03/2025	Trichoptera	Leptoceridae	2
SAN ANTONIO	SA-001-07	28/02/2025	30/03/2025	Trichoptera	Calamoceratidae	4

SAN ANTONIO	SA-001-07	28/02/2025	30/03/2025	Coleoptera	Elmidae	1
SAN ANTONIO	SA-001-10	28/02/2025	30/03/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	2
SAN ANTONIO	SA-001-10	28/02/2025	30/03/2025	Trichoptera	Leptoceridae	4
SAN ANTONIO	SA-001-10	28/02/2025	30/03/2025	Odonata	Megapodagrionidae	1
SAN ANTONIO	SA-001-10	28/02/2025	30/03/2025	Coleoptera	Elmidae	4
SAN ANTONIO	SA-001-10	28/02/2025	30/03/2025	Diptera	Chironomidae	1
MAGDALENA	MG-003-04	28/02/2025	30/03/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	1
MAGDALENA	MG-003-04	28/02/2025	30/03/2025	Plecoptera	Perlidae	2
MAGDALENA	MG-003-04	28/02/2025	30/03/2025	Trichoptera	Leptoceridae	1
MAGDALENA	MG-003-04	28/02/2025	30/03/2025	Coleoptera	Elmidae	1
MAGDALENA	MG-003-04	28/02/2025	30/03/2025	Coleoptera	Ptilodactylidae	1
MAGDALENA	MG-003-04	28/02/2025	30/03/2025	Hemiptera	Naucoridae	2
YANAMAYO	YM-005-05	28/02/2025	30/03/2025	Trichoptera	Polycentropodidae	1
YANAMAYO	YM-005-05	28/02/2025	30/03/2025	Odonata	Coenagrionidae	1
YANAMAYO	YM-005-05	28/02/2025	30/03/2025	Odonata	Megapodagrionidae	1
YANAMAYO	YM-005-05	28/02/2025	30/03/2025	Coleoptera	Ptilodactylidae	5
YANAMAYO	YM-005-05	28/02/2025	30/03/2025	Diptera	Empididae	1
YANAMAYO	YM-005-09	28/02/2025	30/03/2025	Odonata	Megapodagrionidae	1
YANAMAYO	YM-005-09	28/02/2025	30/03/2025	Coleoptera	Elmidae	3
YANAMAYO	YM-005-09	28/02/2025	30/03/2025	Coleoptera	Ptilodactylidae	8
YANAMAYO	YM-005-11	28/02/2025	30/03/2025	Odonata	Megapodagrionidae	1
SAN RAMON	SR-004-02	28/02/2025	30/03/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	2
SAN RAMON	SR-004-02	28/02/2025	30/03/2025	Trichoptera	Leptoceridae	33
SAN RAMON	SR-004-02	28/02/2025	30/03/2025	Trichoptera	Calamoceratidae	1
SAN RAMON	SR-004-02	28/02/2025	30/03/2025	Plecoptera	Perlidae	2
SAN RAMON	SR-004-02	28/02/2025	30/03/2025	Odonata	Megapodagrionidae	2
SAN RAMON	SR-004-02	28/02/2025	30/03/2025	Odonata	Coenagrionidae	1
SAN RAMON	SR-004-02	28/02/2025	30/03/2025	Diptera	Chironomidae	1
SAN RAMON	SR-004-09	28/02/2025	30/03/2025	Plecoptera	Perlidae	2
PAN DE AZUCAR	PA-002-01	28/02/2025	30/03/2025	Trichoptera	Leptoceridae	5
PAN DE AZUCAR	PA-002-01	28/02/2025	30/03/2025	Coleoptera	Ptilodactylidae	1
PAN DE AZUCAR	PA-002-04	28/02/2025	30/03/2025	Ephemeroptera	Leptohyphidae	2
PAN DE AZUCAR	PA-002-04	28/02/2025	30/03/2025	Plecoptera	Perlidae	1
PAN DE AZUCAR	PA-002-04	28/02/2025	30/03/2025	Trichoptera	Leptoceridae	53

PAN DE AZUCAR	PA-002-04	28/02/2025	30/03/2025	Coleoptera	Ptilodactylidae	1
PAN DE AZUCAR	PA-002-04	28/02/2025	30/03/2025	Coleoptera	Elmidae	5
PAN DE AZUCAR	PA-002-08	28/02/2025	30/03/2025	Plecoptera	Perlidae	1
SAN ANTONIO	SA-001-03	30/03/2025	30/04/2025	Plecoptera	Perlidae	2
SAN ANTONIO	SA-001-03	30/03/2025	30/04/2025	Trichoptera	Leptoceridae	2
SAN ANTONIO	SA-001-03	30/03/2025	30/04/2025	Hemiptera	Naucoridae	1
SAN ANTONIO	SA-001-05	30/03/2025	30/04/2025	Trichoptera	Calamoceratidae	1
SAN ANTONIO	SA-001-05	30/03/2025	30/04/2025	Trichoptera	Leptoceridae	2
SAN ANTONIO	SA-001-05	30/03/2025	30/04/2025	Hemiptera	Naucoridae	1
SAN ANTONIO	SA-001-07	30/03/2025	30/04/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	3
SAN ANTONIO	SA-001-07	30/03/2025	30/04/2025	Trichoptera	Leptoceridae	2
SAN ANTONIO	SA-001-07	30/03/2025	30/04/2025	Coleoptera	Gyrinidae	2
SAN ANTONIO	SA-001-07	30/03/2025	30/04/2025	Odonata	Coenagrionidae	2
SAN ANTONIO	SA-001-07	30/03/2025	30/04/2025	Diptera	Chironomidae	5
SAN ANTONIO	SA-001-07	30/03/2025	30/04/2025	Diptera	Ceratopogonidae	1
SAN ANTONIO	SA-001-07	30/03/2025	30/04/2025	Trichoptera	Leptoceridae	1
SAN ANTONIO	SA-001-07	30/03/2025	30/04/2025	Trichoptera	Leptoceridae	1
MAGDALENA	MG-003-01	30/03/2025	30/04/2025	Diptera	Tipulidae	1
MAGDALENA	MG-003-01	30/03/2025	30/04/2025	Diptera	Chironomidae	1
MAGDALENA	MG-003-01	30/03/2025	30/04/2025	Haplotaaxida	Naididae	1
MAGDALENA	MG-003-02	30/03/2025	30/04/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	1
MAGDALENA	MG-003-02	30/03/2025	30/04/2025	Plecoptera	Perlidae	1
MAGDALENA	MG-003-02	30/03/2025	30/04/2025	Diptera	Chironomidae	1
MAGDALENA	MG-003-02	30/03/2025	30/04/2025	Haplotaaxida	Naididae	2
MAGDALENA	MG-003-03	30/03/2025	30/04/2025	Diptera	Tipulidae	1
MAGDALENA	MG-003-03	30/03/2025	30/04/2025	Coleoptera	Hydrophilidae	1
MAGDALENA	MG-003-07	30/03/2025	30/04/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	1

MAGDALENA	MG-003-07	30/03/2025	30/04/2025	Diptera	Chironomidae	1
MAGDALENA	MG-003-08	30/03/2025	30/04/2025	Trichoptera	Leptoceridae	1
MAGDALENA	MG-003-08	30/03/2025	30/04/2025	Trichoptera	Hydroptilidae	1
MAGDALENA	MG-003-08	30/03/2025	30/04/2025	Megaloptera	Corydalidae	1
MAGDALENA	MG-003-08	30/03/2025	30/04/2025	Diptera	Empididae	1
MAGDALENA	MG-003-12	30/03/2025	30/04/2025	Diptera	Chironomidae	1
YANAMAYO	YM-005-01	30/03/2025	30/04/2025	Trichoptera	Leptoceridae	2
YANAMAYO	YM-005-01	30/03/2025	30/04/2025	Diptera	Chironomidae	2
YANAMAYO	YM-005-02	30/03/2025	30/04/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	1
YANAMAYO	YM-005-02	30/03/2025	30/04/2025	Ephemeroptera	Leptohyphidae	1
YANAMAYO	YM-005-02	30/03/2025	30/04/2025	Plecoptera	Perlidae	2
YANAMAYO	YM-005-02	30/03/2025	30/04/2025	Trichoptera	Leptoceridae	8
YANAMAYO	YM-005-02	30/03/2025	30/04/2025	Odonata	Coenagrionidae	1
YANAMAYO	YM-005-02	30/03/2025	30/04/2025	Odonata	Megapodagrionidae	1
YANAMAYO	YM-005-02	30/03/2025	30/04/2025	Diptera	Chironomidae	6
YANAMAYO	YM-005-03	30/03/2025	30/04/2025	Trichoptera	Leptoceridae	2
YANAMAYO	YM-005-03	30/03/2025	30/04/2025	Coleoptera	Elmidae	1
YANAMAYO	YM-005-03	30/03/2025	30/04/2025	Diptera	Chironomidae	1
YANAMAYO	YM-005-04	30/03/2025	30/04/2025	Diptera	Chironomidae	2
YANAMAYO	YM-005-05	30/03/2025	30/04/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	1
YANAMAYO	YM-005-05	30/03/2025	30/04/2025	Diptera	Chironomidae	1
YANAMAYO	YM-005-05	30/03/2025	30/04/2025	Decapoda	Palaemonidae	1
YANAMAYO	YM-005-06	30/03/2025	30/04/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	3
YANAMAYO	YM-005-06	30/03/2025	30/04/2025	Trichoptera	Leptoceridae	3
YANAMAYO	YM-005-06	30/03/2025	30/04/2025	Odonata	Coenagrionidae	2
YANAMAYO	YM-005-06	30/03/2025	30/04/2025	Odonata	Megapodagrionidae	2
YANAMAYO	YM-005-06	30/03/2025	30/04/2025	Decapoda	Palaemonidae	2

YANAMAYO	YM-005-07	30/03/2025	30/04/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	4
YANAMAYO	YM-005-07	30/03/2025	30/04/2025	Ephemeroptera	Leptohyphidae	1
YANAMAYO	YM-005-07	30/03/2025	30/04/2025	Trichoptera	Leptoceridae	4
YANAMAYO	YM-005-07	30/03/2025	30/04/2025	Odonata	Coenagrionidae	3
YANAMAYO	YM-005-07	30/03/2025	30/04/2025	Odonata	Megapodagrionidae	1
YANAMAYO	YM-005-07	30/03/2025	30/04/2025	Diptera	Chironomidae	3
YANAMAYO	YM-005-07	30/03/2025	30/04/2025	Diptera	Tabanidae	1
YANAMAYO	YM-005-07	30/03/2025	30/04/2025	Diptera	Ceratopogonidae	1
YANAMAYO	YM-005-07	30/03/2025	30/04/2025	Decapoda	Palaemonidae	1
YANAMAYO	YM-005-07	30/03/2025	30/04/2025	Hydrachnidia	Limnesiidae	1
YANAMAYO	YM-005-08	30/03/2025	30/04/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	2
YANAMAYO	YM-005-08	30/03/2025	30/04/2025	Trichoptera	Leptoceridae	1
YANAMAYO	YM-005-09	30/03/2025	30/04/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	1
YANAMAYO	YM-005-10	30/03/2025	30/04/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	4
YANAMAYO	YM-005-10	30/03/2025	30/04/2025	Trichoptera	Leptoceridae	4
YANAMAYO	YM-005-10	30/03/2025	30/04/2025	Trichoptera	Odontoceridae	1
YANAMAYO	YM-005-10	30/03/2025	30/04/2025	Odonata	Coenagrionidae	1
YANAMAYO	YM-005-10	30/03/2025	30/04/2025	Odonata	Megapodagrionidae	3
YANAMAYO	YM-005-10	30/03/2025	30/04/2025	Odonata	Calopterygidae	1
YANAMAYO	YM-005-10	30/03/2025	30/04/2025	Diptera	Chironomidae	4
RUMIMAYO	RM-006-01	30/03/2025	30/04/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	2
RUMIMAYO	RM-006-01	30/03/2025	30/04/2025	Trichoptera	Leptoceridae	10
RUMIMAYO	RM-006-01	30/03/2025	30/04/2025	Coleoptera	Ptilodactylidae	1
RUMIMAYO	RM-006-02	30/03/2025	30/04/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	6
RUMIMAYO	RM-006-02	30/03/2025	30/04/2025	Plecoptera	Perlidae	1
RUMIMAYO	RM-006-02	30/03/2025	30/04/2025	Trichoptera	Leptoceridae	8
RUMIMAYO	RM-006-02	30/03/2025	30/04/2025	Decapoda	Palaemonidae	1

RUMIMAYO	RM-006-03	30/03/2025	30/04/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	1
RUMIMAYO	RM-006-03	30/03/2025	30/04/2025	Trichoptera	Leptoceridae	24
RUMIMAYO	RM-006-04	30/03/2025	30/04/2025	Trichoptera	Leptoceridae	4
RUMIMAYO	RM-006-05	30/03/2025	30/04/2025	Trichoptera	Leptoceridae	25
RUMIMAYO	RM-006-05	30/03/2025	30/04/2025	Trichoptera	Calamoceratidae	3
RUMIMAYO	RM-006-06	30/03/2025	30/04/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	1
RUMIMAYO	RM-006-06	30/03/2025	30/04/2025	Trichoptera	Leptoceridae	10
RUMIMAYO	RM-006-07	30/03/2025	30/04/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	7
RUMIMAYO	RM-006-07	30/03/2025	30/04/2025	Plecoptera	Perlidae	5
RUMIMAYO	RM-006-07	30/03/2025	30/04/2025	Trichoptera	Leptoceridae	41
RUMIMAYO	RM-006-07	30/03/2025	30/04/2025	Trichoptera	Odontoceridae	2
RUMIMAYO	RM-006-07	30/03/2025	30/04/2025	Diptera	Chironomidae	4
RUMIMAYO	RM-006-08	30/03/2025	30/04/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	7
RUMIMAYO	RM-006-08	30/03/2025	30/04/2025	Plecoptera	Perlidae	1
RUMIMAYO	RM-006-08	30/03/2025	30/04/2025	Trichoptera	Leptoceridae	38
RUMIMAYO	RM-006-08	30/03/2025	30/04/2025	Trichoptera	Calamoceratidae	1
RUMIMAYO	RM-006-09	30/03/2025	30/04/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	26
RUMIMAYO	RM-006-09	30/03/2025	30/04/2025	Trichoptera	Leptoceridae	64
RUMIMAYO	RM-006-09	30/03/2025	30/04/2025	Trichoptera	Calamoceratidae	5
RUMIMAYO	RM-006-09	30/03/2025	30/04/2025	Coleoptera	Elmidae	1
RUMIMAYO	RM-006-09	30/03/2025	30/04/2025	Decapoda	Palaemonidae	1
RUMIMAYO	RM-006-11	30/03/2025	30/04/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	1
RUMIMAYO	RM-006-11	30/03/2025	30/04/2025	Trichoptera	Leptoceridae	11
RUMIMAYO	RM-006-12	30/03/2025	30/04/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	18
RUMIMAYO	RM-006-12	30/03/2025	30/04/2025	Plecoptera	Perlidae	6
RUMIMAYO	RM-006-12	30/03/2025	30/04/2025	Trichoptera	Calamoceratidae	2
RUMIMAYO	RM-006-12	30/03/2025	30/04/2025	Trichoptera	Leptoceridae	49

RUMIMAYO	RM-006-12	30/03/2025	30/04/2025	Megaloptera	Corydalidae	1
RUMIMAYO	RM-006-12	30/03/2025	30/04/2025	Diptera	Chironomidae	2
RUMIMAYO	RM-006-12	30/03/2025	30/04/2025	Tricladida	Dugesidae	1
YANAMAYO	YM-005-02	30/04/2025	30/05/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	1
YANAMAYO	YM-005-02	30/04/2025	30/05/2025	Ephemeroptera	Leptohyphidae	1
YANAMAYO	YM-005-02	30/04/2025	30/05/2025	Trichoptera	Leptoceridae	2
YANAMAYO	YM-005-02	30/04/2025	30/05/2025	Trichoptera	Polycentropodidae	1
YANAMAYO	YM-005-02	30/04/2025	30/05/2025	Odonata	Coenagrionidae	4
YANAMAYO	YM-005-02	30/04/2025	30/05/2025	Odonata	Megapodagrionidae	3
YANAMAYO	YM-005-02	30/04/2025	30/05/2025	Coleoptera	Dytiscidae	1
YANAMAYO	YM-005-02	30/04/2025	30/05/2025	Decapoda	Palaemonidae	1
YANAMAYO	YM-005-02	30/04/2025	30/05/2025	Rynchobdellida	Glossiphoniidae	3
YANAMAYO	YM-005-02	30/04/2025	30/05/2025	Haplotaxida	Naididae	1
YANAMAYO	YM-005-03	30/04/2025	30/05/2025	Trichoptera	Leptoceridae	1
YANAMAYO	YM-005-03	30/04/2025	30/05/2025	Odonata	Megapodagrionidae	1
YANAMAYO	YM-005-05	30/04/2025	30/05/2025	Trichoptera	Hydropsychidae	2
YANAMAYO	YM-005-05	30/04/2025	30/05/2025	Odonata	Coenagrionidae	3
YANAMAYO	YM-005-05	30/04/2025	30/05/2025	Coleoptera	Ptilodactylidae	1
YANAMAYO	YM-005-05	30/04/2025	30/05/2025	Diptera	Chironomidae	2
YANAMAYO	YM-005-05	30/04/2025	30/05/2025	Diptera	Athericidae	1
YANAMAYO	YM-005-05	30/04/2025	30/05/2025	Rynchobdellida	Glossiphoniidae	1
YANAMAYO	YM-005-06	30/04/2025	30/05/2025	Coleoptera	Elmidae	1
YANAMAYO	YM-005-06	30/04/2025	30/05/2025	Diptera	Chironomidae	2
YANAMAYO	YM-005-07	30/04/2025	30/05/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	1
YANAMAYO	YM-005-08	30/04/2025	30/05/2025	Coleoptera	Elmidae	1
YANAMAYO	YM-005-09	30/04/2025	30/05/2025	Trichoptera	Leptoceridae	1
YANAMAYO	YM-005-09	30/04/2025	30/05/2025	Trichoptera	Hydropsychidae	1

YANAMAYO	YM-005-09	30/04/2025	30/05/2025	Coleoptera	Dryopidae	1
YANAMAYO	YM-005-12	30/04/2025	30/05/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	1
YANAMAYO	YM-005-12	30/04/2025	30/05/2025	Diptera	Chironomidae	1
PAN DE AZUCAR	PA-002-02	30/04/2025	30/05/2025	Trichoptera	Calamoceratidae	1
PAN DE AZUCAR	PA-002-03	30/04/2025	30/05/2025	Trichoptera	Hydropsychidae	1
PAN DE AZUCAR	PA-002-04	30/04/2025	30/05/2025	Trichoptera	Polycentropodidae	1
PAN DE AZUCAR	PA-002-04	30/04/2025	30/05/2025	Megaloptera	Corydalidae	1
PAN DE AZUCAR	PA-002-11	30/04/2025	30/05/2025	Odonata	Megapodagrionidae	1
PAN DE AZUCAR	PA-002-11	30/04/2025	30/05/2025	Hemiptera	Naucoridae	2
SAN ANTONIO	SA-001-07	30/04/2025	30/05/2025	Ephemeroptera	Baetidae	1
SAN ANTONIO	SA-001-07	30/04/2025	30/05/2025	Odonata	Libellulidae	1
MAGDALENA	MG-003-07	30/04/2025	30/05/2025	Plecoptera	Perlidae	1
MAGDALENA	MG-003-07	30/04/2025	30/05/2025	Trichoptera	Calamoceratidae	5
MAGDALENA	MG-003-07	30/04/2025	30/05/2025	Trichoptera	Hydropsychidae	1
MAGDALENA	MG-003-07	30/04/2025	30/05/2025	Trichoptera	Leptoceridae	10
MAGDALENA	MG-003-07	30/04/2025	30/05/2025	Coleoptera	Elmidae	2
MAGDALENA	MG-003-07	30/04/2025	30/05/2025	Coleoptera	Ptilodactylidae	1
MAGDALENA	MG-003-07	30/04/2025	30/05/2025	Tricladida	Dugesidae	2
SAN RAMON	SR-004-05	30/04/2025	30/05/2025	Tricladida	Dugesidae	1
RUMIMAYO	RM-006-01	30/04/2025	30/05/2025	Trichoptera	Calamoceratidae	1
RUMIMAYO	RM-006-01	30/04/2025	30/05/2025	Trichoptera	Hydropsychidae	1
RUMIMAYO	RM-006-01	30/04/2025	30/05/2025	Trichoptera	Leptoceridae	4
RUMIMAYO	RM-006-02	30/04/2025	30/05/2025	Coleoptera	Ptilodactylidae	2
RUMIMAYO	RM-006-03	30/04/2025	30/05/2025	Coleoptera	Ptilodactylidae	1
RUMIMAYO	RM-006-04	30/04/2025	30/05/2025	Coleoptera	Ptilodactylidae	1
RUMIMAYO	RM-006-06	30/04/2025	30/05/2025	Plecoptera	Perlidae	4
RUMIMAYO	RM-006-06	30/04/2025	30/05/2025	Trichoptera	Calamoceratidae	5

RUMIMAYO	RM-006-06	30/04/2025	30/05/2025	Trichoptera	Hydropsychidae	1
RUMIMAYO	RM-006-06	30/04/2025	30/05/2025	Megaloptera	Corydalidae	1
RUMIMAYO	RM-006-06	30/04/2025	30/05/2025	Coleoptera	Elmidae	2
RUMIMAYO	RM-006-08	30/04/2025	30/05/2025	Trichoptera	Leptoceridae	1
RUMIMAYO	RM-006-08	30/04/2025	30/05/2025	Trichoptera	Hydropsychidae	2
RUMIMAYO	RM-006-08	30/04/2025	30/05/2025	Coleoptera	Ptilodactylidae	2
RUMIMAYO	RM-006-08	30/04/2025	30/05/2025	Megaloptera	Corydalidae	1
RUMIMAYO	RM-006-08	30/04/2025	30/05/2025	Decapoda	Palaemonidae	1
RUMIMAYO	RM-006-09	30/04/2025	30/05/2025	Coleoptera	Ptilodactylidae	1
RUMIMAYO	RM-006-10	30/04/2025	30/05/2025	Trichoptera	Leptoceridae	3
RUMIMAYO	RM-006-10	30/04/2025	30/05/2025	Trichoptera	Calamoceratidae	1
RUMIMAYO	RM-006-10	30/04/2025	30/05/2025	Megaloptera	Corydalidae	1
RUMIMAYO	RM-006-11	30/04/2025	30/05/2025	Plecoptera	Perlidae	1
RUMIMAYO	RM-006-11	30/04/2025	30/05/2025	Trichoptera	Calamoceratidae	3
RUMIMAYO	RM-006-12	30/04/2025	30/05/2025	Trichoptera	Leptoceridae	11
RUMIMAYO	RM-006-13	30/04/2025	30/05/2025	Trichoptera	Hydropsychidae	1
RUMIMAYO	RM-006-14	30/04/2025	30/05/2025	Odonata	Megapodagrionidae	1
RUMIMAYO	RM-006-15	30/04/2025	30/05/2025	Coleoptera	Elmidae	8
RUMIMAYO	RM-006-12	30/04/2025	30/05/2025	Trichoptera	Calamoceratidae	2
RUMIMAYO	RM-006-12	30/04/2025	30/05/2025	Trichoptera	Leptoceridae	2
RUMIMAYO	RM-006-12	30/04/2025	30/05/2025	Coleoptera	Elmidae	3
RUMIMAYO	RM-006-12	30/04/2025	30/05/2025	Coleoptera	Ptilodactylidae	4
RUMIMAYO	RM-006-12	30/04/2025	30/05/2025	Diptera	Athericidae	1
RUMIMAYO	RM-006-12	30/04/2025	30/05/2025	Decapoda	Palaemonidae	1
SAN ANTONIO	SA-001-01	30/05/2025	30/06/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	1
SAN ANTONIO	SA-001-01	30/05/2025	30/06/2025	Ephemeroptera	Euthyplociidae	1
SAN ANTONIO	SA-001-01	30/05/2025	30/06/2025	Plecoptera	Perlidae	1

SAN ANTONIO	SA-001-01	30/05/2025	30/06/2025	Odonata	Coenagrionidae	1
SAN ANTONIO	SA-001-01	30/05/2025	30/06/2025	Odonata	Megapodagrionidae	1
SAN ANTONIO	SA-001-01	30/05/2025	30/06/2025	Coleoptera	Elmidae	1
SAN ANTONIO	SA-001-01	30/05/2025	30/06/2025	Coleoptera	Gyrinidae	1
SAN ANTONIO	SA-001-01	30/05/2025	30/06/2025	Diptera	Chironomidae	1
SAN ANTONIO	SA-001-01	30/05/2025	30/06/2025	Rynchohellida	Glossiphoniidae	2
SAN ANTONIO	SA-001-02	30/05/2025	30/06/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	1
SAN ANTONIO	SA-001-02	30/05/2025	30/06/2025	Rynchohellida	Glossiphoniidae	2
SAN ANTONIO	SA-001-10	30/05/2025	30/06/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	1
SAN ANTONIO	SA-001-10	30/05/2025	30/06/2025	Trichoptera	Leptoceridae	3
SAN ANTONIO	SA-001-10	30/05/2025	30/06/2025	Odonata	Calopterygidae	3
SAN ANTONIO	SA-001-10	30/05/2025	30/06/2025	Odonata	Megapodagrionidae	3
SAN ANTONIO	SA-001-12	30/05/2025	30/06/2025	Odonata	Libellulidae	1
SAN ANTONIO	SA-001-12	30/05/2025	30/06/2025	Odonata	Calopterygidae	1
MAGDALENA	MG-003-02	30/05/2025	30/06/2025	Odonata	Coenagrionidae	1
MAGDALENA	MG-003-11	30/05/2025	30/06/2025	Trichoptera	Leptoceridae	1
YANAMAYO	YM-005-02	30/05/2025	30/06/2025	Odonata	Coenagrionidae	2
YANAMAYO	YM-005-02	30/05/2025	30/06/2025	Odonata	Megapodagrionidae	2
YANAMAYO	YM-005-02	30/05/2025	30/06/2025	Coleoptera	Scirtidae	1
YANAMAYO	YM-005-02	30/05/2025	30/06/2025	Coleoptera	Elmidae	1
YANAMAYO	YM-005-02	30/05/2025	30/06/2025	Coleoptera	Ptilodactylidae	2
YANAMAYO	YM-005-02	30/05/2025	30/06/2025	Hemiptera	Naucoridae	1
YANAMAYO	YM-005-02	30/05/2025	30/06/2025	Haplotaenidia	Naididae	1
YANAMAYO	YM-005-05	30/05/2025	30/06/2025	Plecoptera	Perlidae	1
YANAMAYO	YM-005-05	30/05/2025	30/06/2025	Odonata	Coenagrionidae	3
YANAMAYO	YM-005-05	30/05/2025	30/06/2025	Odonata	Megapodagrionidae	2
YANAMAYO	YM-005-05	30/05/2025	30/06/2025	Coleoptera	Elmidae	1

YANAMAYO	YM-005-05	30/05/2025	30/06/2025	Blattodea	Blaberidae	3
YANAMAYO	YM-005-06	30/05/2025	30/06/2025	Trichoptera	Leptoceridae	1
YANAMAYO	YM-005-06	30/05/2025	30/06/2025	Odonata	Megapodagrionidae	1
YANAMAYO	YM-005-06	30/05/2025	30/06/2025	Haplotaxida	Naididae	1
YANAMAYO	YM-005-07	30/05/2025	30/06/2025	Plecoptera	Perlidae	1
YANAMAYO	YM-005-07	30/05/2025	30/06/2025	Trichoptera	Leptoceridae	3
YANAMAYO	YM-005-07	30/05/2025	30/06/2025	Odonata	Coenagrionidae	1
YANAMAYO	YM-005-07	30/05/2025	30/06/2025	Tricladida	Dugesidae	1
YANAMAYO	YM-005-10	30/05/2025	30/06/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	1
YANAMAYO	YM-005-10	30/05/2025	30/06/2025	Trichoptera	Leptoceridae	2
YANAMAYO	YM-005-10	30/05/2025	30/06/2025	Trichoptera	Calamoceratidae	1
YANAMAYO	YM-005-10	30/05/2025	30/06/2025	Trichoptera	Odontoceridae	1
YANAMAYO	YM-005-10	30/05/2025	30/06/2025	Coleoptera	Gyrinidae	2
YANAMAYO	YM-005-10	30/05/2025	30/06/2025	Rynchobdellida	Glossiphoniidae	1
YANAMAYO	YM-005-10	30/05/2025	30/06/2025	Tricladida	Dugesidae	1
YANAMAYO	YM-005-12	30/05/2025	30/06/2025	Trichoptera	Leptoceridae	3
YANAMAYO	YM-005-12	30/05/2025	30/06/2025	Coleoptera	Ptilodactylidae	1
YANAMAYO	YM-005-12	30/05/2025	30/06/2025	Diptera	Athericidae	1
RUMIMAYO	RM-006-01	30/05/2025	30/06/2025	Trichoptera	Leptoceridae	4
RUMIMAYO	RM-006-01	30/05/2025	30/06/2025	Trichoptera	Calamoceratidae	3
RUMIMAYO	RM-006-01	30/05/2025	30/06/2025	Plecoptera	Perlidae	2
RUMIMAYO	RM-006-01	30/05/2025	30/06/2025	Odonata	Megapodagrionidae	1
RUMIMAYO	RM-006-01	30/05/2025	30/06/2025	Coleoptera	Lampyridae	1
RUMIMAYO	RM-006-01	30/05/2025	30/06/2025	Coleoptera	Ptilodactylidae	1
RUMIMAYO	RM-006-01	30/05/2025	30/06/2025	Blattodea	Blaberidae	1
RUMIMAYO	RM-006-01	30/05/2025	30/06/2025	Haplotaxida	Naididae	1
RUMIMAYO	RM-006-05	30/05/2025	30/06/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	1

RUMIMAYO	RM-006-05	30/05/2025	30/06/2025	Plecoptera	Perlidae	1
RUMIMAYO	RM-006-05	30/05/2025	30/06/2025	Trichoptera	Leptoceridae	2
RUMIMAYO	RM-006-05	30/05/2025	30/06/2025	Diptera	Athericidae	1
RUMIMAYO	RM-006-07	30/05/2025	30/06/2025	Plecoptera	Perlidae	1
RUMIMAYO	RM-006-07	30/05/2025	30/06/2025	Trichoptera	Hydropsychidae	1
RUMIMAYO	RM-006-07	30/05/2025	30/06/2025	Odonata	Calopterygidae	1
RUMIMAYO	RM-006-07	30/05/2025	30/06/2025	Coleoptera	Ptilodactylidae	1
RUMIMAYO	RM-006-07	30/05/2025	30/06/2025	Diptera	Athericidae	1
RUMIMAYO	RM-006-07	30/05/2025	30/06/2025	Diptera	Chironomidae	1
RUMIMAYO	RM-006-07	30/05/2025	30/06/2025	Rynchobdellida	Glossiphoniidae	1
RUMIMAYO	RM-006-10	30/05/2025	30/06/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	1
RUMIMAYO	RM-006-10	30/05/2025	30/06/2025	Trichoptera	Leptoceridae	4
RUMIMAYO	RM-006-10	30/05/2025	30/06/2025	Trichoptera	Calamoceratidae	1
RUMIMAYO	RM-006-10	30/05/2025	30/06/2025	Trichoptera	Hydropsychidae	2
RUMIMAYO	RM-006-10	30/05/2025	30/06/2025	Blattodea	Blaberidae	1
RUMIMAYO	RM-006-10	30/05/2025	30/06/2025	Rynchobdellida	Glossiphoniidae	1
RUMIMAYO	RM-006-11	30/05/2025	30/06/2025	Trichoptera	Leptoceridae	1
RUMIMAYO	RM-006-11	30/05/2025	30/06/2025	Coleoptera	Ptilodactylidae	1
RUMIMAYO	RM-006-11	30/05/2025	30/06/2025	Diptera	Athericidae	1
RUMIMAYO	RM-006-11	30/05/2025	30/06/2025	Haplotaxida	Naididae	1
RUMIMAYO	RM-006-04	30/06/2025	30/07/2025	Trichoptera	Calamoceratidae	1
RUMIMAYO	RM-006-05	30/06/2025	30/07/2025	Trichoptera	Calamoceratidae	1
RUMIMAYO	RM-006-05	30/06/2025	30/07/2025	Trichoptera	Hydropsychidae	2
RUMIMAYO	RM-006-05	30/06/2025	30/07/2025	Trichoptera	Polycentropodidae	1
RUMIMAYO	RM-006-05	30/06/2025	30/07/2025	Odonata	Megapodagrionidae	1
RUMIMAYO	RM-006-05	30/06/2025	30/07/2025	Decapoda	Palaemonidae	1
RUMIMAYO	RM-006-08	30/06/2025	30/07/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	1

RUMIMAYO	RM-006-08	30/06/2025	30/07/2025	Trichoptera	Calamoceratidae	1
RUMIMAYO	RM-006-08	30/06/2025	30/07/2025	Trichoptera	Hydropsychidae	12
RUMIMAYO	RM-006-08	30/06/2025	30/07/2025	Odonata	Gomphidae	1
RUMIMAYO	RM-006-11	30/06/2025	30/07/2025	Trichoptera	Hydropsychidae	5
RUMIMAYO	RM-006-11	30/06/2025	30/07/2025	Haplotaenidia	Naididae	2
RUMIMAYO	RM-006-12	30/06/2025	30/07/2025	Trichoptera	Calamoceratidae	1
PAN DE AZUCAR	PA-002-12	30/06/2025	30/07/2025	Odonata	Coenagrionidae	1
PAN DE AZUCAR	PA-002-12	30/06/2025	30/07/2025	Diptera	Chironomidae	1
PAN DE AZUCAR	PA-002-12	30/06/2025	30/07/2025	Decapoda	Trichodactylidae	1
YANAMAYO	YM-005-10	30/06/2025	30/07/2025	Trichoptera	Calamoceratidae	3
YANAMAYO	YM-005-10	30/06/2025	30/07/2025	Trichoptera	Leptoceridae	16
YANAMAYO	YM-005-10	30/06/2025	30/07/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	1
YANAMAYO	YM-005-10	30/06/2025	30/07/2025	Odonata	Megapodagrionidae	1
YANAMAYO	YM-005-10	30/06/2025	30/07/2025	Odonata	Coenagrionidae	1
YANAMAYO	YM-005-10	30/06/2025	30/07/2025	Diptera	Chironomidae	6
YANAMAYO	YM-005-10	30/06/2025	30/07/2025	Diptera	Athericidae	3
SAN RAMON	SR-004-04	30/06/2025	30/07/2025	Plecoptera	Perlidae	6
SAN RAMON	SR-004-04	30/06/2025	30/07/2025	Trichoptera	Hydropsychidae	1
SAN RAMON	SR-004-04	30/06/2025	30/07/2025	Megaloptera	Corydalidae	2
MAGDALENA	MG-003-01	30/06/2025	30/07/2025	Odonata	Libellulidae	3
MAGDALENA	MG-003-01	30/06/2025	30/07/2025	Odonata	Coenagrionidae	1
MAGDALENA	MG-003-01	30/06/2025	30/07/2025	Diptera	Chironomidae	1
MAGDALENA	MG-003-08	30/06/2025	30/07/2025	Diptera	Chironomidae	1
SAN ANTONIO	SA-001-02	30/06/2025	30/07/2025	Plecoptera	Perlidae	1
SAN ANTONIO	SA-001-02	30/06/2025	30/07/2025	Hemiptera	Naucoridae	1
SAN ANTONIO	SA-001-06	30/06/2025	30/07/2025	Plecoptera	Perlidae	1
SAN ANTONIO	SA-001-06	30/06/2025	30/07/2025	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	1

SAN ANTONIO	SA-001-10	30/06/2025	30/07/2025	Odonata	Libellulidae	3
-------------	-----------	------------	------------	---------	--------------	---

Nota. Selección de datos de macroinvertebrados acuáticos en el laboratorio de ACEER.

Elaborado por: (Gisela Q. & Erika E. 2026).

Anexo 25: Constancia de Informe de análisis de los parámetros físico químicos en el laboratorio de la UNSAAC. Quebradas sin intervención minera.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS
 Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA
INFORME DE ANÁLISIS
 N°0249-25-LAQ

SOLICITANTE : GISELA QUISPE MENDOZA
 ERIKA ELIZA YUCRA CHOQUE

MUESTRA : AGUA
 1.- QUEBRADA RUMIMAYO TOMA 1
 2.- QUEBRADA SAN ANTONIO TOMA 1
 3.- QUEBRADA YANAMAYO TOMA 1

DISTRITO : QUINCE MIL
PROVINCIA : QUISPICANCHI
REGION : CUSCO
FECHA : C/08/09/2025

ANALISIS FISICOQUIMICO:

	1	2	3
pH	7,00	7,60	7,46
C.E. mS/cm	61,00	18,00	24,00
Dureza ppm CaCO ₃	42,90	13,65	17,55
Calcio ppm	13,68	3,80	4,56
Magnesio ppm	1,84	0,92	1,38
Sodio ppm	3,96	1,18	1,70
Potasio ppm	0,90	0,27	0,37
Cloruros ppm	6,60	1,95	2,70
Sulfatos ppm	18,42	5,40	7,55
Bicarbonatos ppm	28,20	8,34	11,56
Carbonatos ppm	0	0	0
Hierro ppm	0,018	0,018	0,014
Boro ppm	0,01	0,01	0,01
Sales Solubles Totales ppm	85,60	33,90	40,82

ANALISIS DEL AGUA, JEAN RODIER , 9ª EDICION.

Aguas Apto para riego.

Cusco, 25 de Setiembre 2025



[Firma]
 Melitópolis Herrera Ambríz
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO
 DE ANÁLISIS QUÍMICO

Anexo 26 : Constancia de Informe de análisis de los parámetros físico químicos en el laboratorio de la UNSAAC. Quebradas con intervención minera

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE CIENCIAS Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú																																																												
	UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA INFORME DE ANÁLISIS																																																												
	Nº0250-25-LAQ																																																												
SOLICITANTE :	GISELA QUISPE MENDOZA ERIKA ELIZA YUCRA CHOQUE																																																												
MUESTRA :	AGUA 1.- QUEBRADA SAN ROMAN TOMA 1 2.- QUEBRADA MAGDALENA TOMA 1 3.- QUEBRADA PAN DE AZUCAR TOMA 1																																																												
DISTRITO :	QUINCE MIL																																																												
PROVINCIA :	QUISPICANCHI																																																												
REGION :	CUSCO																																																												
FECHA :	C/08/09/2025																																																												
ANALISIS FISICOQUIMICO:																																																													
	<table border="1"><thead><tr><th></th><th>1</th><th>2</th><th>3</th></tr></thead><tbody><tr><td>pH</td><td>7,35</td><td>7,16</td><td>7,12</td></tr><tr><td>C.E. mS/cm</td><td>37,00</td><td>41,00</td><td>43,00</td></tr><tr><td>Dureza ppm CaCO₃</td><td>27,30</td><td>29,25</td><td>31,2</td></tr><tr><td>Calcio ppm</td><td>6,35</td><td>7,50</td><td>7,62</td></tr><tr><td>Magnesio ppm</td><td>1,38</td><td>0,92</td><td>1,42</td></tr><tr><td>Sodio ppm</td><td>2,40</td><td>2,66</td><td>2,79</td></tr><tr><td>Potasio ppm</td><td>0,54</td><td>0,60</td><td>0,63</td></tr><tr><td>Cloruros ppm</td><td>4,00</td><td>4,43</td><td>4,64</td></tr><tr><td>Sulfatos ppm</td><td>11,16</td><td>12,36</td><td>12,97</td></tr><tr><td>Bicarbonatos ppm</td><td>17,10</td><td>19,31</td><td>19,86</td></tr><tr><td>Carbonatos ppm</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Hierro ppm</td><td>0,016</td><td>0,018</td><td>0,016</td></tr><tr><td>Boro ppm</td><td>0,01</td><td>0,01</td><td>0,01</td></tr><tr><td>Sales Solubles Totales ppm</td><td>57,13</td><td>60,08</td><td>62,73</td></tr></tbody></table>		1	2	3	pH	7,35	7,16	7,12	C.E. mS/cm	37,00	41,00	43,00	Dureza ppm CaCO ₃	27,30	29,25	31,2	Calcio ppm	6,35	7,50	7,62	Magnesio ppm	1,38	0,92	1,42	Sodio ppm	2,40	2,66	2,79	Potasio ppm	0,54	0,60	0,63	Cloruros ppm	4,00	4,43	4,64	Sulfatos ppm	11,16	12,36	12,97	Bicarbonatos ppm	17,10	19,31	19,86	Carbonatos ppm	0	0	0	Hierro ppm	0,016	0,018	0,016	Boro ppm	0,01	0,01	0,01	Sales Solubles Totales ppm	57,13	60,08	62,73
	1	2	3																																																										
pH	7,35	7,16	7,12																																																										
C.E. mS/cm	37,00	41,00	43,00																																																										
Dureza ppm CaCO ₃	27,30	29,25	31,2																																																										
Calcio ppm	6,35	7,50	7,62																																																										
Magnesio ppm	1,38	0,92	1,42																																																										
Sodio ppm	2,40	2,66	2,79																																																										
Potasio ppm	0,54	0,60	0,63																																																										
Cloruros ppm	4,00	4,43	4,64																																																										
Sulfatos ppm	11,16	12,36	12,97																																																										
Bicarbonatos ppm	17,10	19,31	19,86																																																										
Carbonatos ppm	0	0	0																																																										
Hierro ppm	0,016	0,018	0,016																																																										
Boro ppm	0,01	0,01	0,01																																																										
Sales Solubles Totales ppm	57,13	60,08	62,73																																																										
ANALISIS DEL AGUA, JEAN RODIER , 9º EDICION.																																																													
Aguas Apto para riego.																																																													
Cusco, 25 de Setiembre 2025																																																													

Anexo 27: Encuesta a la población de Camanti.



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL – FILIAL PUERTO MALDONADO



Datos generales

Código de encuesta: 001

Fecha: / /

Comunidad / sector: La palmaria

Edad aproximada: años

Nombre del encuestador:

Sexo:

☒ a). 1

1 = Femenino

b). 2

2 = Masculino

1. ¿Ha visto actividad minera cerca del río o quebrada que pasa por aquí?

☒ a). 1

1 = Sí

b). 2

2 = No

c). 3

3 = No sabe

2. ¿Usted cómo calificaría el clima de hace 20 años atrás?

☒ a). 1

1 = Muy buena

b). 2

2 = Buena

c). 3

3 = Regular

d). 4

4 = Mala

e). 5

5 = Muy mala



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL – FILIAL PUERTO MALDONADO



3. ¿Cree que la actividad minera influye en la presencia o ausencia de los insectos (macroinvertebrados)?

- | | |
|--|-------------|
| ☒ a). 1 | 1 = Sí |
| b). 2 | 2 = No |
| c). 3 | 3 = No sabe |

4. ¿Qué tipo de minería observa más cerca?

- | | |
|--|-----------------------------|
| ☒ a). 1 | 1 = Pequeña / artesanal |
| b). 2 | 2 = Más grande / Industrial |
| c). 3 | 3 = No sabe |

5. En los últimos años, la actividad minera ha:

- | | |
|--|-----------------------|
| a). 1 | 1 = Aumentado |
| b). 2 | 2 = Disminuido |
| ☒ c). 3 | 3 = Se mantiene igual |
| d). 4 | 4 = No sabe |

6. ¿Desde hace cuánto tiempo aproximadamente?

- | | |
|--|--------------------|
| ☒ a). 1 | 1 = Menos de 1 año |
| b). 2 | 2 = 1 a 5 años |
| c). 3 | 3 = Más de 5 años |
| d). 4 | 4 = No sabe |



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL – FILIAL PUERTO MALDONADO



7. ¿Cómo calificaría el agua hoy en día en comparación años atrás?

- | | |
|--|---------------|
| a). 1 | 1 = Muy buena |
| b). 2 | 2 = Buena |
| c). 3 | 3 = Regular |
| ☒ d). 4 | 4 = Mala |
| e). 5 | 5 = Muy mala |

8. ¿Ha visto uso de maquinaria o productos contaminantes (sustancias químicas) cerca del agua?

- | | |
|--|-------------------------|
| ☒ a). 1 | 1 = Solo maquinaria |
| b). 2 | 2 = Sustancias químicas |
| c). 3 | 3 = Ambos |
| d). 4 | 4 = No |
| e). 5 | 5 = No sabe |

9. ¿este año como lo calificas al clima?

- | | |
|--|---------------|
| a). 1 | 1 = Muy buena |
| b). 2 | 2 = Buena |
| ☒ c). 3 | 3 = Regular |
| d). 4 | 4 = Mala |
| e). 5 | 5 = Muy mala |



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL – FILIAL PUERTO MALDONADO



10. ¿notaste algún cambio de hace 20 años con este año?

- | | |
|--|----------------------|
| ☒ a). 1 | 1= sí |
| b). 2 | 2= no |
| c). 3 | 3= no sabe/ no opina |

11. En su opinión, ¿la actividad minera afecta la calidad de agua en las quebradas?

- | | |
|--|-------------|
| ☒ a). 1 | 1 = Sí |
| b). 2 | 2 = No |
| c). 3 | 3 = No sabe |

12. Si respondió "sí", ¿cómo cree que afecta? (puede marcar varias)

- | | |
|--|---|
| ☒ a). 1 | 1= Cambia el color o turbidez del agua |
| b). 2 | 2= Cambio el olor |
| c). 3 | 3= Hace que el agua sea menos útil para riego |
| d). 4 | 4= Disminuyo los insectos y organismos acuáticos. |

13. ¿Qué tan cerca del río o quebrada está la actividad minera?

- | | |
|--|------------------------------|
| a). 1 | 1 = Muy cerca / en la orilla |
| b). 2 | 2 = Menos de 500 m |
| c). 3 | 3 = Entre 500 m y 1 km |
| ☒ d). 4 | 4 = Más de 1 km |
| e). 5 | 5 = No sabe |



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL – FILIAL PUERTO MALDONADO



14. ¿Para qué actividad lo utilizan el agua de la quebrada?

- | | |
|------------------|--------------------|
| a). 1 | 1 = Agricultura |
| b). 2 | 2 = Consumo humano |
| c). 3 | 3 = Pesca |
| d). 4 | 4 = Ganadería |

15. ¿Ha notado la presencia de insectos muertos o ausentes en el agua?

- | | |
|------------------|--------------------------|
| a). 1 | 1 = Sí |
| b). 2 | 2 = No |
| c). 3 | 3 = No sabe / no observo |

16. ¿Cree que la calidad del agua ha cambiado con el tiempo?

- | | |
|------------------|-----------------|
| a). 1 | 1 = Sí, mejoró |
| b). 2 | 2 = Sí, empeoró |
| c). 3 | 3 = No cambió |
| d). 4 | 4 = No sabe |

17. ¿Ha notado cambios visibles en el agua (olor, color, espuma, residuos)?

- | | |
|------------------|--------------------------|
| a). 1 | 1 = Olor |
| b). 2 | 2 = Color |
| c). 3 | 3 = Aumento del agua |
| d). 4 | 4 = Disminucion del agua |



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL – FILIAL PUERTO MALDONADO

18. ¿Ha visto menos insectos u organismos pequeños (como larvas o gusanos acuáticos) en el agua o en las piedras que antes?

☒ a). 1

1 = Sí, hay menos

b). 2

2 = No, están igual

c). 3

3 = Ahora hay más

d). 4

4 = No sabe / nunca ha observado

19. ¿Considera usted que la actividad minera ha aumentado en los últimos años en su zona?

a). 1

1= Sí

☒ b). 2

2= No

c). 3

3= No sabe

20. ¿Cree que se deberían tomar medidas para proteger el agua?

☒ a). 1

1 = Sí

b). 2

2 = No

c). 3

3 = No sabe

21. ¿Qué medidas cree que serían más útiles?

☒ a). 1

1 = Supervisar más la zona

b). 2

2 = Limpiar los residuos

c). 3

3 = Enseñar a la población sobre cuidado del agua

d). 4



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL – FILIAL PUERTO MALDONADO



4 = Otra: _____

22. Según su experiencia, ¿a qué cree que se deben los cambios en el agua?

- | | |
|---|-------------------------------|
| a). 1 | 1= Solo a la lluvia |
| ☒ b). 2 | 2= Solo a la actividad minera |
| c). 3 | 3 =A ambos factores |
| d). 4 | 4 =No sabe / no responde |

23. Según su experiencia, ¿en qué época se observa más trabajos con maquinaria pesada (retroexcavadora) en minera?

- | | |
|---|---------------------------------|
| ☒ a). 1 | 1= Solo en temporada de lluvias |
| b). 2 | 2= Solo en temporada seca |
| c). 3 | 3= En ambas temporadas |
| d). 4 | 4= No se realiza |

24. ¿Por qué piensa que en esa temporada se usa más maquinaria (retroexcavadora) para remover el suelo?

Rpta 3 los mineros aprovechan que el agua fluye más fuerte para lavar y procesar el material extraído.

Anexo 28: Certificado de identificación de Macroinvertebrados Bentónicos



CERTIFICACION DE IDENTIFICACION DE MACROINVERTEBRADOS BENTONICOS

Quien suscribe, Mag. Ing. THERANY GONZALES OJEDA, investigador especialista en identificación taxonómica de especímenes de invertebrados acuáticos en el laboratorio de macroinvertebrados acuáticos de la ONG *ACEER Foundation*;

CERTIFICA QUE, han sido depositados especímenes de macroinvertebrados bentónicos en el laboratorio de invertebrados acuáticos de la ONG *ACEER Foundation* para su identificación y/o determinación taxonómica a nivel de familias, por las bachilleres en Ingeniería Forestal **Gisela Quispe Mendoza y Erika Eliza Yucra Choque**, de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. El material biológico almacenado corresponde a diversos órdenes y familias de macroinvertebrados bentónicos colectados en varias quebradas del distrito de Camanti, los cuales serán utilizados para la sustentación de la tesis titulada **“Evaluación del efecto de la actividad minera en la calidad de agua de las quebradas del Distrito de Camanti – Quispicanchi – Cusco, 2023”**.

Las muestras fueron identificadas de acuerdo a la descripción de sus características morfológicas, registradas en las siguientes claves de identificación taxonómica:

Domínguez, E. & H. Fernández. (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y Biología. Tucumán: Fundación Miguel Lillo.

Peralta Argomeda, J., Araujo Flores, J. M., & Rodríguez Achata, L. (2015). Guía de macroinvertebrados acuáticos de Madre de Dios. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios y Universidad de Florida.

Roldan, P. G. (1988). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos de Departamento de Antioquia.

Se expide el presente certificado a solicitud de las interesadas para fines que confieran convenientes. Se anexa al presente Certificado de Identificación, la lista completa de los organismos identificados taxonómicamente a nivel de familias.

Puerto Maldonado, 06 de octubre del 2025.



Therany Gonzales Ojeda
Directora Ejecutiva ACEER Foundation