



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**CUANTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS
BENTÓNICOS COMO INDICADORES DE CALIDAD DEL
SISTEMA RÍO VILCANOTA - SICUANI**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. LUPE YHADIRA MEJICANO HUALLPA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PUNO – PERÚ

2024



NOMBRE DEL TRABAJO

**CUANTIFICACIÓN DE MACROINVERTEB
RADOS BENTÓNICOS COMO INDICADOR
ES DE CALIDAD DEL SISTEMA RÍO VILCA
NOTA - SICUANI**

AUTOR

LUPE YHADIRA MEJICANO HUALLPA

RECuento DE PALABRAS

15267 Words

RECuento DE CARACTERES

79590 Characters

RECuento DE PÁGINAS

91 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

22.9MB

FECHA DE ENTREGA

May 13, 2024 7:18 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

May 13, 2024 7:20 PM GMT-5

● **18% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 16% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 13% Base de datos de trabajos entregados
- 7% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)


Gilmar Goyzueta Canacho
DNI 01209561



DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi mejor amiga Angy Alexandra Pinazo Apaza Q.E.P.D, por su apoyo incondicional en la etapa Universitaria, quiero agradecer todo lo que hizo por mí, siempre miro al cielo para contemplarte y preguntarme donde estas, sé que ahora estas feliz por este objetivo alcanzado, quiero que sepas que este logro también es tuyo. Sé que desde el cielo iluminas mi camino para poder seguir avanzando y triunfando en la vida. Nunca voy a olvidarte bebé y quiero que sepas que todos mis logros son tuyos. Un beso hasta el cielo.

Lupe Yhadira Mejicano Hualpa



AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer principalmente a Dios, la virgencita de Belén y el señor de Quyllur Rit'i, por guiarme en este tramo de dificultades y lograr lo que tanto anhelaba.

A la Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Biológicas, Escuela Profesional de Biología por su formación profesional.

A mi papito Rody que nunca dejó de trabajar para seguir apoyándome, mi mami Marleni que siempre me animaba a ser una gran estudiante y por supuesto mi hermanita Marycielo que desde que nació y volverme hermana mayor tuve responsabilidades con ella y jamás defraudarle. Gracias a mi familia Mejicano Huallpa por haber confiado en mí desde aquella vez que tuve que dejar mi casa para poder formarme como profesional.

Al Biólogo Raul Felipe Huaynapata Quispe por confiar en mí, y darme la oportunidad de trabajar en la Municipalidad Provincial de Canchis, brindándome el apoyo que necesitaba para ser una buena profesional y poder convertirme en su colega.

A mi asesor Dr. Gilmar Gamaliel Goyzueta Camacho, que tuvo mucha paciencia conmigo y darme consejos como docente y asesor.

A mis docentes de la Universidad Nacional del Altiplano, a mi carrera Ciencias Biológicas mención Ecología, en especial al Dr. Angel Canales Gutiérrez, por haberme apoyado en este tramo de licenciatura. A todas las personas que directa o indirectamente que estuvieron conmigo animándome a seguir preparándome y consiguiendo objetivos. Este logro es por ellos.

Lupe Yhadira Mejicano Huallpa



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	14
ABSTRACT.....	15
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. OBJETIVO GENERAL	19
1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	20
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. ANTECEDENTES	21
2.1.1. A nivel internacional	21
2.1.2. A nivel nacional	23
2.1.3. A nivel regional.....	25
2.2. MARCO TEORICO	26
2.2.1. Macroinvertebrados bentonicos	26
2.2.2. Índices bióticos.....	27
2.2.3. Parámetros del agua y flora y fauna acuática.....	27



2.2.4. Contaminación del agua.....	28
2.2.5. Fuentes de contaminación del agua.....	28
2.2.6. Parámetros fisicoquímicos para evaluar la calidad del agua.....	29

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDIO	32
3.2. TIPO DE ESTUDIO	35
3.2.1. Población y muestra	35
3.2.2. Tamaño de muestra	35
3.3. METODOLOGÍA	35
3.3.1. Frecuencia y horario de muestreo	35
3.3.2. Descripción de materiales, equipos e insumos para comparar la diversidad de macroinvertebrados.....	36
3.3.3. Variables analizadas para comparar la diversidad de macroinvertebrados	39
3.3.4. Aplicación estadística para comparar la diversidad de macroinvertebrados	40
3.4. FRECUENCIA Y HORARIO DE MUESTREO PARA PARA CONTRASTAR EL ÍNDICE BIÓTICO ANDINO (ABI) Y (EPT) DE LOS MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS.....	40
3.4.1. Descripción detallada del uso de materiales, equipos e insumos.....	40
3.4.2. Variables analizadas.....	42
3.5. FRECUENCIA Y HORARIO DE MUESTREO PARA ANALIZAR LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	42
3.5.1. Descripción detallada del uso de materiales, equipos e insumos.....	42



3.5.2. Variables analizadas	43
3.5.3. Aplicación estadística.....	43

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. LA DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA EN CUATRO ÁREAS DE ESTUDIO DEL RIO VILCANOTA, EN RELACIÓN A LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA	44
4.1.1. Familias de macroinvertebrados bentónicos (MIB)	44
4.1.2. Zona de La Raya	45
4.1.3. Zona de Aguas Calientes.....	47
4.1.4. Zona de muestreo San Cristóbal	48
4.1.5. Zona de muestreo de Chihuaco	50
4.2. EL ÍNDICE BIÓTICO ANDINO (ABI) Y (EPT) DE LOS MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS COMO BIOINDICADORES DE CALIDAD, EN CUATRO ZONAS DEL RÍO VILCANOTA, EN RELACIÓN A LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA	51
4.2.1. Índice biotico andino (ABI)	51
4.2.2. Índice (EPT) ephemeroptera, plecoptera y trichoptera	54
4.3. LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS (PH, OXÍGENO DISUELTO, SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES, CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y SALINIDAD Y TEMPERATURA), EN LAS CUATRO ZONAS DE MUESTREO DEL RÍO VILCANOTA.....	57
4.3.1. Análisis físico químico.....	57



Oxigeno disuelto (mg/l)	59
V. CONCLUSIONES	68
VI. RECOMENDACIONES	70
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
ANEXOS.....	80

ÁREA : Ciencias Biomédicas.

SUBLINEA: Calidad Ambiental.

Fecha de sustentación: 15/05/2024



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Puntos de muestreo del Rio Vilcanota.	34
Tabla 2 Puntuación ABI de Macroinvertebrados Bentónicos.....	37
Tabla 3 Valores del índice EPT.	41
Tabla 4 Valoración ABI.....	41
Tabla 5 MIB reconocidos en el rio Vilcanota.	44
Tabla 6 Contraste del índice biótico andino (ABI) en las cuatro zonas de muestreo para las familias de MIB.	52
Tabla 7 Puntajes para determinar la calidad de agua.	53
Tabla 8 Valores de índice biológico EPT.	55
Tabla 9 Numero de taxas para indicativo del Índice EPT.....	55



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Mapa del área de investigación.	33
Figura 2 Número de familias en relación a individuos de macroinvertebrados muestreados en las aguas de la zona de la Raya, Marangani, Sicuani 2023.	46
Figura 3 Número de familias en relación a individuos de macroinvertebrados muestreados en la zona de Aguas Calientes, Sicuani 2023.	47
Figura 4 Número de familias en relación a individuos de macroinvertebrados muestreados en la zona de San Cristóbal, Sicuani 2023.	49
Figura 5 Número de familias en relación a individuos de macroinvertebrados muestreados en la zona de Chihuaco, Sicuani. 2023.....	50
Figura 6 Registros de pH del agua en las tres zonas de muestreo (la Raya, Aguas Calientes, San Cristóbal y Chihuaco, Sicuani. 2023.	58
Figura 7 Registros de OD (mg/L) del agua en las cuatro zonas de muestreo (la Raya, Aguas Calientes, San Cristóbal y Chihuaco), Sicuani. 2023.....	60
Figura 8 Registros de Sólidos Suspendidos Totales (SST) (mg/L) del agua en las cuatro zonas de muestreo (la Raya, Aguas Calientes, San Cristóbal y Chihuaco), Sicuani. 2023.	62
Figura 9 Registros de Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) del agua en las cuatro zonas de muestreo (la Raya, Aguas Calientes, San Cristóbal y Chihuaco), Sicuani. 2023.	63
Figura 10 Registros de Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) del agua en los meses de enero, febrero y marzo. Sicuani. 2023.....	64



- Figura 11** Registros de Salinidad (PSU) del agua en las cuatro zonas de muestreo (la Raya, Aguas Calientes, San Cristóbal y Chihuaco), Sicuani. 2023. 65
- Figura 12** Registros de Temperatura °C del agua en las cuatro zonas de muestreo (la Raya, Aguas Calientes, San Cristóbal y Chihuaco, Sicuani. 2023..... 67



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1 Evidencias fotográficas.....	80
ANEXO 2 Ficha de laboratorio para registros de MIB.....	84
ANEXO 3 Cuantificación de macroinvertebrados en las cuatro zonas de muestreo. .	85
ANEXO 4 Datos de las mediciones de los parámetros fisicoquímicos en las zonas de estudio.....	85
ANEXO 5 Grupos de macroinvertebrados	86
ANEXO 6 Constancia	89
ANEXO 7 Declaración jurada de autenticidad de tesis.....	90
ANEXO 8 Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional.....	91



ACRÓNIMOS

ABI:	Andean Biotic Index - Índice Biótico Andino (español).
ALA:	Autoridad Local del Agua.
DIGESA:	Dirección General de Salud Ambiental.
ECA:	Estándar de Calidad Ambiental.
EPT:	Ephemeroptera, Plecoptera Y Trichoptera.
ICA:	Índice de Calidad Ambiental.
MINAM:	Ministerio Nacional del Ambiente – Perú.
MIB:	Macroinvertebrados bentónicos.
m s.n.m.:	Metros sobre el nivel del mar.
Mg/l:	Miligramos por litro.
OD:	Oxígeno disuelto.
pH:	Potencial de hidrogeno.
PSU:	Practical Salinity Units - Unidades Prácticas de Salinidad (español).
SST:	Solidos Suspendidos Totales.
°C:	Grado centígrado.



RESUMEN

En el Perú la gran parte del cuerpo de agua dulce son ríos, actualmente están cada vez más escasos, debido a la urbanización, invasión de ganados y uso excesivo para la agricultura; estos ocasionan un problema latente afectando el recurso hídrico. Este estudio se realizó en cuatro zonas del Rio Vilcanota (la Raya, Aguas Calientes, San Cristóbal y Chihuaco) los meses enero, febrero y marzo del año 2023. Se determinó la diversidad de macroinvertebrados, donde: La Raya presentó mayor abundancia de MIB, siendo las familias más representativas: Hyalellidae, Gripopterygidae y Elmidae con 109, 49 y 44 individuos respectivamente. Respecto al Índice Biótico Andino (ABI) la Raya fue calificado como agua de calidad “muy buena”, Aguas Calientes de calidad “buena”, Chihuaco una calidad “moderada y por último la zona San Cristóbal agua de “mala” calidad, puesto que es la más afectada por factores antrópicos. Respecto al índice EPT se logró obtener una calificación de ocho calificando agua de calidad baja levemente impactado. En cuanto a los parámetros fisicoquímicos (pH, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales, conductividad eléctrica, salinidad y temperatura), cumplen los con ECAs del D.S N°004-2017 MINAM, exceptuando la zona San Cristobal. Tanto en pH que se obtuvo 5.75, Oxígeno Disuelto 3.44 (mg/L) y Conductividad Eléctrica 931.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$, estos valores están fuera de los ECAs permitidos de la categoría 3, sobre los Sólidos Suspendidos Totales presenta 290 mg/L los cuales indican que dicha zona no es apto para riego y bebida de animales. Por último, la temperatura más alta se registró en la estación San Cristóbal con 15.41°C y esto fue un causante para que el número de familias de macroinvertebrados bentónicos fuesen encontrados en menor cantidad respecto a las demás zonas.

Palabras clave: ABI, Antrópico, Bentónicos EPT, Macroinvertebrados, Parámetro.



ABSTRACT

In Peru, most of the country's fresh water sources are rivers; However, these rivers are slowly decreasing in quantity due to the exponential population boom, livestock invasion and excessive agricultural use, causing a latent problem that affects water resources. This study was carried out in 4 areas along the Vilcanota River (La Raya, Aguas Calientes, San Cristóbal and Chihuaco) in the year 2023 during the months of January, February and March. When determining the diversity of macroinvertebrates in the study areas, it was found that Raya has the highest abundance of benthic macroinvertebrates, the representative families being: Hyalellidae, Gripopterygidae and Elmidae, with 109, 49 and 44 individuals. , respectively. Using the Andean Biotic Index (ABI), the water quality of La Raya was rated as “very good”, the water quality of Aguas Calientes as “good”, the water quality of Chihuaco as “moderate” and finally San Cristóbal , the area most affected by anthropic factors, is classified as “poor” quality water. The EPT index indicates an 8, classifying the water as low quality and slightly impacted. Regarding the physicochemical parameters (pH, dissolved oxygen, suspended solids, electrical conductivity, salinity and temperature), all areas approved the ECA standards of D.S N°004-2017 MINAM, except the San Cristóbal area. The obtained pH of 5.75, Dissolved Oxygen of 3.44 (mg/L) and Electrical Conductivity of 931.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$, these values are outside the values allowed by the ECA in category 3. The Total Suspended Solids present the highest levels. , 290 mg/L. , which indicates that the area is not suitable for irrigation or as a water resource for animals. Finally, the highest temperature, 15.41°C, was recorded at the San Cristóbal station, which caused the number of families of benthic macroinvertebrates to be found in smaller quantities compared to the rest of the areas.

Key words: ABI, Anthropic, Benthic, EPT, Macroinvertebrates, Parameter.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los macroinvertebrados son animales que no tienen columna vertebral y pueden observarse a simple vista, generalmente incluyen insectos, crustáceos, moluscos, arácnidos y anélidos. Estos organismos son un eslabón importante en la cadena alimentaria de los ecosistemas de agua dulce (Hussain y Pandit, 2012) que pueden habitar en todo tipo de agua corriente. Los estuarios proporcionan hábitats para los macroinvertebrados debido a la presencia de altos niveles de nutrientes.

Al día de hoy la comunidad de macroinvertebrados son los indicadores de contaminación acuática más confiables, ya que se encuentran en abundancia y son usados para la determinación de la calidad del agua puesto de que habitan en diferentes cuerpos acuáticos. Los macroinvertebrados bénticos difieren en su sensibilidad a la contaminación del agua y, por lo tanto, proporcionan información sobre la calidad de un cuerpo de agua durante un período de tiempo (Grant, 2022).

Se están realizando estudios sobre macroinvertebrados en estos ecosistemas acuáticos; aunque no es abundante, el número de estudios ha aumentado constantemente en los últimos años. Los macroinvertebrados acuáticos son comunidades de invertebrados de tamaños superiores a 0,5 mm. Su composición refleja en el estado de los ecosistemas y son ampliamente utilizados en programas de vigilancia y protección ambiental (Roldán y Pérez, 2016). En el Neotrópico, los organismos de agua dulce pueden ser sensibles a la destrucción del hábitat, a la destrucción física y propiedades químicas de su entorno, por lo que se emplean comúnmente como indicadores biológicos, actualmente la



investigación de macroinvertebrados ya es cuantioso, con información publicada en varias revistas europeas, norteamericanas y sudamericanas (Roldan y Ramirez, 2008).

Las comunidades de macroinvertebrados exhiben altos niveles de variabilidad en diversidad, abundancia y estructura a diferentes escalas espaciales (Mykra et al., 2007) Numerosos trabajos han llevado a cabo a escala regional o de cuenca, donde la filtración del hábitat, la interacción biótica y la dispersión son conceptos de dinámica y explican esta variabilidad (Gutierrez et al., 2015). Sin embargo, el conocimiento sobre el papel que juegan estos procesos en la comunidad de macroinvertebrados a pequeña escala es todavía limitado y, a menudo, contradictorio.

Mandaville, 2002 estableció un cierto valor de tolerancia para una familia Trichoptera, pero asignó un valor diferente a un género perteneciente a esta familia; esto puede producir una subestimación o sobreestimación de la calidad del agua según el índice. En este estudio nos proponemos, de acuerdo con (Waite et al., 2004) que para obtener resultados más precisos y una mejor interpretación ecológica, el análisis debe incluir niveles taxonómicos más bajos.

Los beneficios que las poblaciones humanas obtienen, directa o indirectamente, de las funciones de los ecosistemas van desde los más evidentes, el abastecimiento de agua, alimentos y materias primas, hasta la regulación del gas y del clima; regulación de perturbaciones, control de inundaciones y erosión; ciclo de nutrientes y desintoxicación de desechos; control biológico, hábitat y recursos genéticos; y usos recreativos y culturales, esto puede llevar a una inversión desperdiciada y la imposibilidad de implementar medidas efectivas de control de la contaminación. En los últimos años, sin embargo, se ha mostrado interés por parte de las instituciones de monitoreo ambiental y de la calidad del agua en la aplicación de métodos biológicos para monitoreo de la calidad



del agua utilizando bioindicadores, los cuales tienden a ser de menor costo y más efectivos que los métodos físico-químicos (Mereta et al., 2015).

La excesiva confianza del hombre en los servicios proporcionados por los ecosistemas ha inspirado reingeniería deliberada de esos sistemas alterando así el equilibrio natural entre espacio y ocurrencias temporales de especies (Dirzo et al., 2014). Esto ha requerido una llamada de atención urgente. (Elosegi y Sabater, 2009) opinan que el uso sostenible de los recursos proporcionados por los ríos sólo puede lograrse si los ríos se mantienen en buena salud ecológica y que para lograr el buen estado ecológico, los esfuerzos de conservación deben no sólo centrarse en la persistencia de las especies, sino que también debe tratar de eliminar las amenazas a través de restauración y protección de ecosistemas.

La consecuencia de alterar el buen estado ecológico, conlleva a una disminución de la biodiversidad de agua dulce a un ritmo alarmante, se ha informado que las especies de agua dulce muestran una disminución del orden en un 37%, en comparación con el valor equivalente al 25% para las especies terrestres desde 1970 (Dudgeon et al., 2005).

En el sistema lótico, la degradación hidromorfológica resultante de la construcción de estructuras hidráulicas ha sido motivo de gran preocupación en todo el mundo (Schilt, 2007). Más del 50% de los ríos y arroyos se informa que está regulado por flujo o represado (Dynesius y Nilsson, 1994) para diferentes propósitos incluida la generación de energía hidroeléctrica, el suministro de agua para uso doméstico e industrial, el riego para tierras de cultivo, control de inundaciones y oportunidades recreativas.

Uno de los problemas críticos medioambientales es la contaminación de fuentes de agua, una de las actividades que afecta el recurso hídrico es la presencia de pequeñas



industrias y actividades antropogénicas que contribuyen en el deterioro de las condiciones de los ríos, por lo tanto necesitan atención teniendo en cuenta las perturbaciones que ocurren en el ecosistema (Waite et al., 2004), es por eso que al evaluar la calidad del agua del río Vilcanota estaremos contribuyendo en su conservación y administración, ya que este río sirve como hábitat de macroinvertebrados.

Los principales factores de estrés de la urbanización en arroyos y ríos son los cambios en hidromorfología (por ejemplo, artificialización de canales y bancos), cambios en la calidad agua por vertidos y contaminación difusa, que comprometen el estado ecológico de los ríos (Allan, 2004). Estudios anteriores han relacionado los efectos de la urbanización a los cambios físicos de un hábitat (Fernandez et al., 2011).

Esta investigación se realizó para conocer qué tipo de bioindicadores existen en los cuerpos de agua de los diferentes ecosistemas, determinar la calidad de agua del río Vilcanota para generar un diagnóstico actualizado e ilustrarlo a colores tipo Atlas para hacer conocer a alumnos de primaria, colegio y concientizarlos acerca del tema de la contaminación que se genera a causa de la urbanización en cuanto se refiere a los recursos hídrico, razón por la cual se propusieron los siguientes objetivos

1.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la diversidad e índice biótico andino del sistema del río Vilcanota: la Raya (Frontera entre Puno y Cusco), Aguas Calientes del distrito de Marangani, Altura del cerro San Cristóbal y la comunidad Chihuaco, en relación a los parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua.



1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- a) Comparar la diversidad de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua en cuatro áreas de estudio del río Vilcanota, en relación a los parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua.
- b) Contrastar el índice biótico andino (ABI) y EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) de los macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad, en cuatro zonas del río Vilcanota, en relación a los parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua.
- c) Analizar los parámetros fisicoquímicos (pH, Oxígeno disuelto, Sólidos Suspendidos Totales, Conductividad Eléctrica, Salinidad y Temperatura), en las cuatro zonas de muestreo del río Vilcanota.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. A nivel internacional

Los ríos, son uno de los ecosistemas más importantes y tienen un alto valor ecológico, en ellos habitan los macroinvertebrados bentónicos (Nguyen et al., 2018), que son importantes para evaluar la calidad del agua (Figuroa et al., 2003). Los macroinvertebrados son fáciles de muestrear y su identificación a través de claves (Zamora et al., 1995), estos macroinvertebrados son organismos muy sensibles que poseen baja movilidad y cualquier alteración en el ecosistema afecta negativamente en la disminución de la abundancia (Roldan, 2016).

Existen especies que son más tolerantes a la contaminación y pueden estar presentes en mayores densidades, mientras otras desaparecen (Alonso y Camargo, 2006). También la cuantificación de la diversidad y abundancia de macroinvertebrados en un tramo de un río se utiliza el FBI (Índice Biótico Familiar), en cambio el ABI (Índice Biótico Andino) permite la clasificación general la calidad de los ríos (Hilsenhoff, 1988).

La evaluación de la calidad del agua del río, se realiza utilizando macroinvertebrados acuáticos que desempeñan un papel importante en la respuesta a una variedad de condiciones ambientales de ríos y arroyos (Sharma et al., 2006), pudiendo usarse como bioindicadores para la evaluación de la calidad del agua, siendo la época de baja precipitación la calidad biológica del agua es mejor y favorece a la densidad de macroinvertebrados por el caudal bajo (Gomez,



2014). La evaluación de la calidad del agua, se realiza mediante indicadores biológicos tales como a los macroinvertebrados, siendo los muestreos en dos épocas una en temporadas de estío y la otra en temporada de lluvias (Pastrán, 2017).

Los patrones de variación en la estructura y composición de las comunidades de macroinvertebrados dependen al tipo de cobertura vegetal que se encuentran en las riberas de los ríos (Vimos, 2017), puesto que la flora en ríos o acuíferos son indicadores de calidad de aguas, es por ello que la densidad de macroinvertebrados dependen de este recurso, respecto a la cuantificación de taxones, estos variarán en relación al caudal de los cuerpos acuáticos, cuando existe acción antropogénica en estos recursos el agua conserva cierta calidad para la sobrevivencia de los macroinvertebrados (Peña, 2019).

Para una evaluación de calidad de agua es importante el estudio de monitoreo de pH y Oxígeno disuelto ya que permite establecer una correlación con los índices bióticos, dando como resultados la identificación de órdenes, familias e individuos (Rodríguez et al., 2016), de igual forma se utilizan los índices Biological Monitoring Working Party Colombia (BMWP/Col), índices fisicoquímicos como el Índice de Calidad de Agua (ICA), el Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI), el Índice de Contaminación por Sólidos Suspendedos (ICOSUS) y la utilización de ABI (Índice Biótico Andino), es por ello que la información es amplia respecto a diferentes diagnósticos de cabeceras y cuencas de agua. (Forero et al., 2013).



2.1.2. A nivel nacional

Los índices más utilizados para determinar la calidad del agua son ABI (índice Biótico Andino) EPT que consiste en contar las familias de las ordenes Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera y Biological Monitoring Working Party (BMWP/Col) por sus siglas en inglés. En relación a los parámetros fisicoquímicos deberán mantenerse al margen de los Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles (Castañeda, 2021).

La calidad de agua se puede determinar por la diversidad, riqueza, abundancia de macroinvertebrados, con el índice BMWO/Col y ABI, los cuales son una clave para determinar si las aguas presentan contaminación alta, baja y ligera; al igual que los macroinvertebrados la presencia de ictiofauna nos muestran la calidad de los acuíferos (Quispe, 2015). Un factor que afecta la densidad de macroinvertebrados son los metales pesados, por ejemplo la existencia de Arsénico, Plomo, y Cadmio afectan notoriamente el cuerpo acuático y los índices bióticos andino son próximos con una correlación cercana a 1 lo cual indica aguas contaminadas corroborando la información con los ECAs para agua según D.S. N° 004-2017, MINAM (categoría E3) (Ruiz, 2019).

Algunos estudios para la determinación de calidad de un río se realizan en épocas de estiaje y avenida, al analizar los parámetros fisicoquímicos, la época de avenida presenta mayores valores de pH, los demás valores como sólidos totales, oxígeno disuelto, transparencia y conductividad eléctrica tienen valores mayores en época de estiaje como respuesta a pasivos mineros, impacto doméstico, agricultura e industrias (Pascual y Alvarino, 2019). En relación a los fosfatos sobrepasan los Límites Máximos Permisibles en temporadas de estiaje y muchas



veces estas aguas son destinadas a riego de cosechas y bebidas para animales (Vásquez y Medina, 2015).

Existe una diversidad de formas para recolectar MIB, en microcuencas se recomienda la recolección manual de invertebrados que consiste en la limpieza de piedras, arena y la utilización del ABI (Índice Biótico Andino) para determinar la calidad ecológica en relación al análisis fisicoquímico, nutrientes y metales pesados (Salcedo et al., 2013). El objetivo con esta técnica es registrar la mayor cantidad de macroinvertebrados, se sugiere utilizar varios tipos de redes o recolectar los organismos directamente del sustrato mediante el uso de pinzas entomológicas. La recolección manual directa es importante ya que se puede obtener organismos que se encuentran fuertemente adheridos al sustrato, como las larvas (Ramirez, 2010).

(Villanueva y Zapata, 2016) Evaluaron la calidad del río Cunas, departamento de Junín, para ello hicieron la medición in situ de los parámetros fisicoquímicos del agua y determinaron la diversidad de macroinvertebrados presentes en dicho acuífero. Como resultados presentaron diferencias significativas en la evaluación fisicoquímica, pero se encuentran dentro del rango de los ECAs para ríos de la Sierra Peruana, para la biota se hallaron 12 órdenes y 26 familias de MIB. Se concluye que la diversidad de macroinvertebrados bentónicos varía debido a la presencia de aguas residuales.

Ayala (2018) la determinación de la composición fisicoquímica del río está relacionada con la densidad de macroinvertebrados de los ríos Pampas y Macro. La metodología para la colección de macroinvertebrados fue la utilización de la red Surber, el área de trabajo fue de 30 x 40 cm, ni bien se recogían las muestras se disponían en las bolsas plásticas con alcohol al 99%. Para la identificación



taxonómica de las especies de la muestra se utilizó la clave de Domínguez y Fernández (2009). Aplicando esta clave se obtuvo 42 géneros que pertenecen a 13 órdenes, 28 familias y 5 clases, los taxones más abundantes fueron: Heterelmis, Dicrotendipes, Andesiops. Asimismo, se ha utilizado revisión bibliográfica acerca de la taxonomía de macroinvertebrados bentónicos (MIB). Se obtuvo resultados del registro de catorce familias y cuatro órdenes de insecto y la calificación que se le dio al acuífero fue de: “Buena” y “Aceptable” en los índices BMWP/Col y ABI (Flores y Huamantínco, 2017).

En Madre de Dios se ejecutó un trabajo de investigación con la utilización de macroinvertebrados para hallar la calidad hídrica de dos quebradas (Gamitana y Valencia). Este trabajo se ejecutó los meses Marzo, Abril y Mayo del 2014, como resultados se registraron tres Pylum, Molusca, Anélida, Artrópoda y utilizando el índice EPT se determinó que la que quebrada que presenta una calidad de agua BUENA fue Gamitana (Quispe, 2015).

2.1.3. A nivel regional

Se evaluaron la calidad del cuerpo de agua considerado como indicadores biológicos a los macroinvertebrados. se muestreó en tres zonas de forma pendiente o inclinado la primera zona fue en Pampallacta que se encuentra a 4,070 m s.n.m. y la segunda fue en Quello Quello que está a una altitud de 3,494 m s.n.m. y la zona baja fue a 2,998 m s.n.m. De ello se obtuvo, en el cuerpo de agua se identificaron las familias Hyalellidae con un 24%, familia Griptopterigidae con un 16%, familia Baetidae con 17% y familia Leptophlebiidae con un 16% (Condori y Huaccanqui, 2019).



En la región Cusco, distrito de Santiago se determinó la calidad del agua y la presencia de biota en el río Jaquira, se muestrearon en siete zonas durante el año 2016 y 2017. Los resultados respecto a los macroinvertebrados fueron; según el ABI para los dos tiempos Febrero y Mayo, el río Jaquira presenta una mala calidad ya que existe presencia de lixiviados. Además de ello se registraron 17 familias y 8 órdenes y para el tiempo de estiaje; 23 familias y 10 órdenes para el tiempo de lluvia. El ABI tuvo un valor de 43.67, lo cual considera al río como agua de mala calidad (Quispe y Salas, 2017).

Los años 2003 y 2009 se realizó un trabajo de investigación en el río bajo de Urubamba utilizando el monitoreo biológico. Como resultado para el índice EPT, este río fue calificado como agua de normal calidad a buena y concluye que cuando existe diversidad de hábitats, de igual forma existirá una gran variedad de macroinvertebrados (Ortega et al., 2010).

2.2. MARCO TEORICO

2.2.1. Macroinvertebrados bentonicos

Los macroinvertebrados bentónicos son componentes clave de las redes alimentarias acuáticas que vinculan la materia orgánica y recursos de nutrientes, por ejemplo (hojarasca, algas y detritos) (Wallace y Webster, 1996). Estos organismos tienen principalmente hábitos sedentarios (Cook, 1976) y, por lo tanto, son representativos en las condiciones ecológicas específicas del sitio. Además, estos bioindicadores están formados por muchas especies los cuales presentan niveles y tolerancias de contaminación (France, 1990), por lo que proporciona información sólida para interpretar los niveles de calidad de un acuífero. Por ejemplo, en arroyos y ríos contaminados por materias orgánicas o



metales pesados la riqueza de especies y la diversidad de la comunidad de macroinvertebrados se reducen fuertemente por el impacto directo e impacto indirecto de los contaminantes (Metcalf, 1989).

2.2.2. Índices bióticos

El enfoque biótico, tal como lo define Tolkamp (1985), combina la abundancia sobre la base de ciertos grupos taxonómicos con diferentes características, por ejemplo sensibilidades o tolerancias en un índice o puntuación. La sensibilidad y tolerancia del indicador se relaciona con una serie de características ambientales, como la contaminación orgánica, los metales pesados y los pesticidas.

Se sabe que la eutrofización y el pH difieren la diversidad de especies. Por lo tanto, estos indicadores de contaminación se pueden utilizar para inferir las condiciones ambientales en un hábitat. Los índices bióticos de macroinvertebrados son ampliamente utilizados en los diferentes países Sudamericanos. Para tomar como ejemplo los macroinvertebrados bentónicos se han desarrollado sistemas de puntuación (Metcalf, 1989). Los Índices bióticos comúnmente utilizados para la evaluación de macroinvertebrados incluyen el índice biótico de Trent (TBI), el índice biótico extendido (EBI), Andean Biotic Index (ABI) y el EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera).

2.2.3. Parámetros del agua y flora y fauna acuática

Los acuíferos son un elemento esencial en la diversidad biológica y el funcionamiento de los ecosistemas. En condiciones naturales, los acuíferos proporcionan un hábitat esencial para muchos animales silvestres, como especies de peces, animales, aves, anfibios y mamíferos, especies de plantas (macrófitas,



diversidad de plancton) y ecosistemas focales para muchos otros (Hernández y Mitsch 2007). Las plantas acuáticas pueden actuar como indicadores mensurables de las condiciones ecológicas de las aguas superficiales. En particular, las especies sumergidas que dependen fuertemente de la calidad del agua han demostrado ser vulnerables a los cambios en el medio acuático (Dawson et al., 1999). La turbidez es una característica clave de la calidad del agua porque sus efectos sobre la transmisión de la luz y la claridad del agua determinan las características del hábitat, la estructura de la comunidad, la profundidad y la diversidad de la vegetación (Duarte et al., 1986). La vegetación acuática también puede influir en las condiciones abióticas e influir en la biota de los humedales en múltiples niveles tróficos (Norlin et al., 2005) al proporcionar hábitat y alimento. Sin embargo, los macrófitos acuáticos también influyen en los cambios en la calidad del agua y se utilizan como bioindicadores de contaminación (Kenny et al., 2009).

2.2.4. Contaminación del agua

Entre los tipos de contaminación, la contaminación del agua es la de mayor importancia.

por la salud de todos los organismos vivos; especialmente la humanidad. Desafortunadamente, las fuentes de agua se utilizan de manera inconsciente y contaminados por el hombre y que amenazan su futuro generaciones. Cuando el agua está contaminada, se vuelve insegura para los humanos. consumo porque el agua contiene sustancias peligrosas o tóxicas. sustancias y bacterias y organismos que causan enfermedades (Friedl, 2003).

2.2.5. Fuentes de contaminación del agua

La contaminación del agua es uno de los principales problemas medioambientales actuales. Entre los recursos naturales, el agua es el más



vulnerable en términos de la contaminación. Podemos enumerar las principales causas de la contaminación del agua como sigue: industrialización, bolsas de plástico y polietileno, pesticidas y fertilizantes, aguas residuales y otros desechos que requieren oxígeno, aguas residuales domésticas, crecimiento demográfico, urbanización, eutrofización, minería, residuos agroquímicos, enriquecimiento de nutrientes, energía térmica contaminación, derrames de petróleo, alteración de sedimentos, contaminación por lluvia ácida, residuos radiactivos, cambio climático y otros. Se registra que 75 Hasta el 80% de la contaminación del agua es causada por las aguas residuales domésticas. Desperdiciar de las industrias de galvanoplastia, como pesticidas, azucarera, textil, el papel y la celulosa están contaminando el agua (Kamble, 2014).

2.2.6. Parámetros fisicoquímicos para evaluar la calidad del agua

Temperatura: La temperatura es un parámetro importante en la caracterización de los cuerpos de agua naturales. Afecta la química del agua como la saturación y concentración de gases disueltos, especialmente oxígeno (Vincent y Vallarino, 1969). La velocidad de las reacciones químicas generalmente aumenta a medida que aumenta la temperatura. La temperatura también afecta la actividad biológica y regula los tipos de organismos que pueden vivir en el lago. La temperatura del agua superficial cambiará según la intensidad del sol, mientras que el fondo del lago permanece constantemente frío (Jorgensen, 1980).

Turbidez: La turbidez indica la cantidad de sólidos suspendidos en el agua, ya sean minerales (como las partículas del suelo) u orgánicos (como las algas). El análisis de turbidez es una medida de la cantidad de luz dispersada en el agua y cuantas más partículas suspendidas provocan una mayor dispersión y, por tanto, un mayor valor de turbidez. Varios componentes suspendidos de la



turbidez del agua pueden afectar la productividad de los macrófitos sumergidos (Korschgen, 1997).

pH: El pH es una medida de la concentración de iones de hidrógeno (H^+) que representa el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno. Expresa la intensidad del estado ácido o alcalino de una solución (Sawyer y McCarty, 1978). El pH del agua determina la solubilidad y disponibilidad biológica de constituyentes químicos como nutrientes y metales pesados (Rao, 1989). Una de las razones del cambio de pH en el agua es la fotosíntesis. Este proceso absorbe dióxido de carbono del agua y utiliza la energía del sol para convertirlo en compuestos orgánicos simples de carbono y producir oxígeno.

Oxígeno disuelto: El oxígeno disuelto es un parámetro importante en los ambientes acuáticos. Gobierna la mayoría de los procesos biológicos en los ecosistemas acuáticos. Su concentración es el resultado de procesos físicos, químicos y biológicos que ya sea producen o consumen oxígeno. El oxígeno se añade a los cuerpos de agua mediante el intercambio aire-agua, la difusión, la mezcla en el agua y mediante la fotosíntesis. Es consumido por los fenómenos de fotooxidación, reacciones de oxidación química y por los organismos acuáticos para la respiración y degradación bacteriana. Los procesos biológicos tienen una influencia dominante sobre las concentraciones de oxígeno. Por lo tanto, en áreas donde se acumula materia orgánica y se degrada, esas áreas pueden volverse anóxico o totalmente anaeróbico y se producirá la muerte de la vida acuática (Tchobanoglous y Schroeder, 1987).

Salinidad: La salinidad del agua reduce significativamente el valor de los servicios ecosistémicos proporcionados por los ecosistemas relacionados con el



agua ya que afecta a los organismos que viven en el agua (Cañedo et al., 2013) y el uso recreativo de las aguas superficiales. La consecuencia del aumento del contenido de sal en las aguas puede ser la limitación de la posibilidad de utilizar aguas superficiales para riego. Por otro lado, debido a los cambios en las condiciones de vida de las plantas y animales acuáticos, el aumento de la salinidad puede provocar cambios en los ecosistemas que conduzcan a una disminución de la biodiversidad (Martin y Wood, 2011). La salinización secundaria de los ríos es un problema global creciente que puede verse exacerbado por cambios antropogénicos en el ciclo hidrológico con el cambio climático en curso (Craft y Neubauer, 2009).



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDIO

El río Vilcanota se origina en el nevado Cunurana a 5,443 m s.n.m. y el nevado abra la Raya a 4,326 m s.n.m. discurriendo en una dirección Noreste, durante su recorrido recibe los aportes del río Langui, Salcca, Pitumarca, Huarcondo, Huatanay, Yanatile, Yavero y Camisea, entre los principales. (DIGESA, 2007). Su geografía está limitada por los paralelos $13^{\circ}01'$ y $14^{\circ}6'$ de latitud sur y los meridianos $70^{\circ}8'$ y $72^{\circ}5'$ de longitud oeste de Greenwich y comprende la cuenca subtendida por el río Vilcanota desde la localidad Cunurana hasta Ollantaytambo, abarcando un área total de 9,601.22 km².

El río Vilcanota proporciona agua para beber, irrigar y producir energía, por lo que se entiende el sistema hidrológico y la simulación precisa del caudal son importantes para una gestión adecuada de los recursos hídricos.

Figura 1

Mapa del área de investigación.



Nota: Google Earth Pro.

En el de estudio se establecieron cuatro puntos de muestreo que se muestran en la siguiente (Tabla 1).

Tabla 1

Puntos de muestreo del Rio Vilcanota.

ESTACIÓN	PUNTO DE MUESTREO	UTM WGS84
E1	En el tramo de la raya (límite entre Puno y Cusco).	E 279904.45 S 8398999.85
E2	En el tramo que se ubica en Aguas Calientes del distrito de Marangani.	E 276277.65 S 8401549.87
E3	En el tramo ubicado a la altura del cerro San Cristóbal de la ciudad de Sicuani.	E 259434.80 S 8422587.42
E4	En el tramo ubicado en la comunidad de Chihuaco en Sicuani.	E 256235.27 S 8423664.10

Nota: Elaboración propia.

Este ecosistema está expuesto a grados de vulnerabilidad debido a la contaminación, ya que el río es el único lugar al que desembocan todas las aguas residuales provenientes de todos los pobladores de la provincia de Canchis. Este río es un recurso muy importante debido a que es fuente de agua para actividades agrícolas, consumo humano y diversión. El valle del río Vilcanota es uno de los más importantes de la región del Cusco en el sector comprendido entre las provincias de Canchis, Calca y Urubamba, de una importante ocupación humana una zona donde se interrelaciona lo rural y lo urbano. Zona de gran afluencia turística. Una de las principales preocupaciones es el incremento de la contaminación de las aguas del río Vilcanota, por ser este el único lugar donde son vertidas las aguas residuales de todos los poblados, siendo este río una fuente importante de agua tanto para la agricultura como para el consumo humano y recreación.



3.2. TIPO DE ESTUDIO

El estudio de esta investigación será de análisis inferencial.

3.2.1. Población y muestra

La población a evaluar serán los MIB existentes en los cuatro sectores de muestreo del Rio Vilcanota que consta de 38.4 km.

3.2.2. Tamaño de muestra

En cada zona de evaluación, se registrará muestreos en una longitud de 1 km, en total serán 4 km, que representan el 10.41% del total de 38.4 km, siendo representativo la muestra con respecto a la población.

3.3. METODOLOGÍA

Objetivo 1. Comparar la diversidad de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua en cuatro áreas de estudio del rio Vilcanota, en relación a los parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua.

3.3.1. Frecuencia y horario de muestreo

El muestreo se realizó en los meses de enero, febrero y marzo del año 2023, se tomaron tres muestreos en cada punto localizado por mes, en cada punto de evaluación la distancia fue de 1 km con 300 metros para cada muestreo. La hora de inicio para las actividades fue a las 09:00 a.m., con una duración de aproximadamente dos horas para cada sector de muestreo divididas en el rio Vilcanota.



3.3.2. Descripción de materiales, equipos e insumos para comparar la diversidad de macroinvertebrados

La recolección de macroinvertebrados se realizó utilizando bolsas de mallas (0.70 x 0.50 m – 40 μ m) colocando en sentido contrario del flujo del agua, seguidamente se tuvo que extraer las muestras de las bolsas de malla a unas bandejas para tener una buena distinción de los macroinvertebrados e inmediatamente se dispusieron lo que se muestreó en unos envases de plástico cubiertos con alcohol al 90% y rotulados (estación, coordenadas, número de muestra y tipo de muestra).

La recolección manual consistió en la limpieza de piedras, ramas, rocas y troncos sumergidos; la limpieza se realizó completamente para no perder ningún espécimen. Estas muestras fueron colocadas en envases de plásticos rotulados (estación, coordenadas, número de muestra y tipo de muestra) con alcohol al 90% para que pueda conservarse y así se trasladaron al laboratorio para su análisis respectivo.

Identificación de MIB. Las muestras de MIB fueron llevados a los laboratorios de la Municipalidad Provincial de Canchis para identificar las taxas hasta el menor posible, se utilizó un estereoscopio y el libro “Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos, Sistemática y Biología” (Domínguez & Fernández, 2009) para reconocer las familias y géneros de los macroinvertebrados bentónicos, al final se analizó la relación que tienen con los resultados de los parámetros fisicoquímicos obtenidos in situ.



Tabla 2

Puntuación ABI de Macroinvertebrados Bentónicos.

ORDEN	FAMILIA	PUNTUACIÓN
Turbellaria		5
Hirudinea		3
Oligochaeta		1
	Ancylidae	6
	Physidae	3
	Hydrobiidae	3
Gasterópoda	Limnaeidae	3
	Planorbidae	3
Bivalvia	Sphaeriidae	3
Amphípoda	Hyaellidae	6
Ostracoda		2
Hydracarina		4
	Baetidae	4
	Leptophlebiidae	10
Ephemeroptera	Leptohiphidae	7
	Oligoneuridae	10
	Aeshnidae	6
	Gomphidae	8
	Libellulidae	6
	Coenagrionidae	6
Odonata	Calopterygidae	8
	Polytjoridae	10
Plecóptera	Perlidae	10
	Gripopterygidae	10
Heteróptera	Veliidae	5
	Gerridae	5



	Corxidae	5
	Notonectidae	5
	Belostomatidae	4
	Naucoridae	5
Tricoptera	Helicopsychidae	10
	Calamoceratidae	10
	Odontoceratidae	10
	Leptoceridae	8
	Polycentropodidae	8
	Hydroptilidae	6
	Xiphocentronidae	8
	Hydrobiosidae	8
	Glossosomatidae	7
	Hydropssychidae	5
	Anamalopsychidae	10
	Philopotamidae	8
	Limnephilidae	7
Lepidoptera	Pyralidae	4
Coleoptera	Ptilodactylidae	5
	Lampyridae	5
	Psephenidae	5
	Scirtidae	5
	Staphylinidae	3
	Elmidae	5
	Dryopidae	5
	Gyrinidae	3
	Dytiscidae	3
	Hydrophilidae	3
	Hydraenidae	5



Diptera	Blepharoceridae	10
	Simuliidae	5
	Tabanidae	4
	Tipulidae	5
	Limoniidae	4
	Ceratopogonidae	4
	Dixidae	4
	Psychodidae	3
	Dolichopodidae	4
	Stratiomyidae	4
	Empididae	4
	Chironomidae	2
	Culicidae	2
	Muscidae	2
	Ephydriidae	2
	Athericidae	10
	Syrphidae	1

Nota: (Domínguez y Fernández, 2009) Macroinvertebrados bentónicos Sudamericanos, Sistemática y Biología.

3.3.3. Variables analizadas para comparar la diversidad de macroinvertebrados

Las variables que se analizó fueron las siguientes:

Variable independiente.

Zonas (la Raya, Aguas Calientes, San Cristobal y Chihuaco).

Variable dependiente.

Diversidad de macroinvertebrados (número de especies y familias).



3.3.4. Aplicación estadística para comparar la diversidad de macroinvertebrados

Se aplicó la prueba estadística de Kruskal Wallis el cual determinó diferencias entre el número de especies y familias en las cuatro zonas de muestreos y, asimismo, se comparó la diversidad de macroinvertebrados en relación al tiempo. Para identificar las diferencias de las zonas de muestreo se aplicó la prueba de TUKEY. Estos análisis estadísticos fueron realizados a través del programa INFOSTAT versión 2020.

Objetivo 2. Contrastar el índice biótico andino (ABI) y (EPT) de los macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad, en cuatro zonas del río Vilcanota, en relación a los parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua.

3.4. FRECUENCIA Y HORARIO DE MUESTREO PARA CONTRASTAR EL ÍNDICE BIÓTICO ANDINO (ABI) Y (EPT) DE LOS MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS.

La aplicación del índice biótico andino y el índice EPT se realizaron los meses de enero, febrero y marzo del 2023.

3.4.1. Descripción detallada del uso de materiales, equipos e insumos.

La aplicación del índice biótico andino (ABI) y el índice EPT se realizaron los meses de enero, febrero y marzo del 2023. El trabajo fue netamente en gabinete con una duración de dos horas. Se aplicó el índice biótico andino para evaluar la calidad de recursos hídricos y la relación con los ecosistemas, en este ABI se utilizaron los valores del 1 al 10 para cada familia, tomando en cuenta su

resiliencia a la contaminación Acosta et al. (2009) y el índice EPT que consistió en contar las familias pertenecientes a las ordenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera; teniendo en cuenta que estas tres familias son las más sensibles a la de fuentes de agua. Este índice constó en sumar el número de las familias de las ordenes mencionadas que varían desde $>10 - 0.1 \sum$ sumatoria de taxas presentes en el acuífero.

La ventaja de usar este ABI y EPT es que nos permitió ver la calidad del recurso hídrico a estudiar, a partir de la clasificación de macroinvertebrados que se hizo por familias.

Tabla 3

Valores del índice EPT.

\sum de taxas presentes	Calidad	Significado
>10	Buena	Sin impacto
07 - 10	Baja	Levemente impactado
2 - 6	Pobre	Moderadamente impactado
0 - 1	Muy pobre	Severamente impactado

Nota: (Klemm et al.,1990)

Tabla 4

Valoración ABI.

CLASE	ECUADOR	PERU
Muy bueno	> 96	> 74
Bueno	59 - 96	45 - 74
Moderado	35 - 58	27 - 44
Malo	14 - 34	11 - 26
Pésimo	< 14	< 11

Nota: (Acosta et al., 2009)



3.4.2. Variables analizadas

VARIABLES QUE SE ANALIZÓ:

Variable independiente:

Zonas (la Raya, Aguas Calientes, San Cristobal y Chihuaco).

Variable dependiente:

Índice biótico andino (Sumatoria del nivel de tolerancia)

Índice EPT (Sumatoria de tres familias presentes)

Objetivo 3. Analizar los parámetros fisicoquímicos (pH, Oxígeno disuelto, Sólidos Suspendidos Totales, Conductividad Eléctrica, Salinidad y Temperatura), en las cuatro zonas de muestreo del río Vilcanota.

3.5. FRECUENCIA Y HORARIO DE MUESTREO PARA ANALIZAR LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

Los monitoreos se realizaron los meses de enero, febrero y marzo, a partir de las 12:00 a 14:00 horas, para las cuatro zonas.

3.5.1. Descripción detallada del uso de materiales, equipos e insumos

El registro de datos de los parámetros fisicoquímicos, se realizó utilizando el multiparámetro HANNA, las mediciones de los parámetros fue, in situ, para ello primero se registraron los datos UTM o latitud y longitud de la zona de muestreo. Cada zona de muestreo se registró cinco repeticiones de cada parámetro, las cuales fueron anotados en la libreta de campo. Luego los datos fueron sistematizados en una base de datos Excel.



3.5.2. Variables analizadas

Variabes que se analizó.

Variable independiente.

Zonas (la Raya, Aguas Calientes, San Cristobal y Chihuaco).

Variable dependiente:

Parámetros: pH, oxígeno disuelto (mg/L), sólidos suspendidos totales (mg/L), conductividad eléctrica (uS/cm), Salinidad (PSU) y Temperatura (°C).

3.5.3. Aplicación estadística

Para comparar los niveles de concentración de los parámetros físico químicos en las cuatro zonas de muestreo y en relación al tiempo, se utilizó una prueba estadística inferencial paramétrica de ANDEVA y contraste de diferencia de TUKEY, haciendo uso del programa INFOSTAT versión 2020.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. LA DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA EN CUATRO ÁREAS DE ESTUDIO DEL RIO VILCANOTA, EN RELACIÓN A LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA

4.1.1. Familias de macroinvertebrados bentónicos (MIB)

Tabla 5

MIB reconocidos en el rio Vilcanota.

ORDEN	FAMILIA	LA RAYA									AGUAS CALIENTES									ALTURA CERRO SAN CRISTOBAL									CHIHUACO									N°						
		ENERO			FEBRERO			MARZO			ENERO			FEBRERO			MARZO			ENERO			FEBRERO			MARZO			ENERO			FEBRERO			MARZO									
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3							
AMPHIPODA	HYALINIDAE	2	1	1	5	8	0	9	7	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	2	3	7	6	3	40	2	0	138									
	ELMIDAE	3	5	5	4	8	2	2	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	448									
COLEOPTERA	GYRINIDAE	2	6	0	0	6	9	8	2	6	9	6	1	7	6	4	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16									
	HYDROPHILIDAE	4	1	0	3	1	5	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8									
	CHIROMIDAE	1	2	0	1	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21									
	NOMIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	3	1	2	1	2	1	0	0	1							
DIPTERA	MUSCIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2									
	SIMULIIDAE	2	1	0	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	14									
	TABANIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4									
	TIPULIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	4									
EPHEMEROPTERA	LIMONIIDAE	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2									
	BAETIDAE	6	3	1	4	6	4	3	2	2	1	0	2	0	45	0	2	0	8	0	4	1	0	2	0	1	3	2	4	0	0	0	423											
	LEPTOPHLEBIIDAE	1	1	3	0	2	6	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	141									
GASTROPODA	LEPTOHYPHIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	6	22	2	9	6	2	5	297									
	PHYSIDAE	3	5	4	3	1	0	0	0	2	0	0	1	8	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6												
	LIMNAEIDAE	5	0	6	0	8	2	0	0	9	56	0	0	0	4	0	8	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6									
ODONATA	AESHNIIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3									
	LIBELLULIDAE	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2									
	COENAGRIONIDAE	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3									
PLECOPTERA	GRIPOPTERYGIDAE	7	6	5	6	4	3	2	3	4	0	2	7	5	8	8	3	1	3	6	3	8	5	4	0	12	8	9	0	0	0	0	0	0	1	4	7	5	8	6	1	3	9	546
	PERLIDAE	1	1	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67						
HEMiptera	VELIIDAE	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4						
	LEPTOCERIDAE	6	4	2	2	1	4	4	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	441							
	HYDROPTILIDAE	0	6	1	0	8	2	0	6	3	48	6	4	6	6	4	12	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7						
TRICHOPTERA	ODONTOCERIDAE	0	0	3	0	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7						
	ODONTOCERIDAE	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	2	6	4	1	3	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	98									



POLYC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	5	0	8	3	1	4	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33
ENTRO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
PODID	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	156
AE	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38
HYDRO	2	5	5	4	0	0	4	0	0	0	2	9	36	5	0	20	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37
BIOSID	0	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
AE	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37
HYDRO	0	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37
DAE	1	0	0	0	4	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37
CALAM	3	2	2	3	4	4	2	2	2	12	5	4	5	7	4	4	4	4	5	1	2	3	1	1	4	4	6	55	0	3	9	9	9	49	7	6	398
OCERA	1	3	1	1	3	3	6	9	8	12	5	4	5	7	4	4	4	5	1	2	3	1	1	4	4	6	55	0	3	9	9	9	49	7	6	398	
TIDAE	0	0	0	4	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	
Nº	7	3	7	2	7	0	1	9	2	5	9	5	72	3	6	41	4	8	5	1	2	3	1	1	4	4	6	55	0	3	9	9	9	49	7	6	398

Se puede observar en la tabla N° 5 la presencia y ausencia los macroinvertebrados bentónicos colectados en los cuatro puntos de muestreo del río Vilcanota (Enero, Febrero y Marzo) épocas lluviosas, viendo la riqueza específica de cada una de ellas haciendo un total de 3985 individuos pertenecientes a 19 taxas y 9 órdenes.

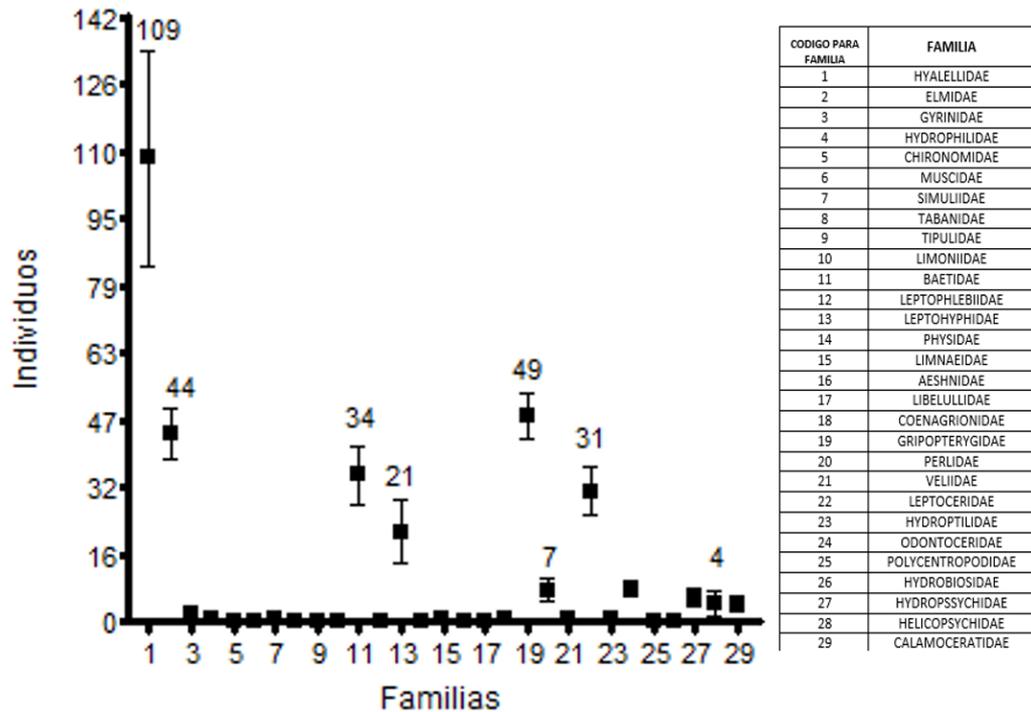
El análisis estadístico se da de la siguiente manera:

4.1.2. Zona de la Raya

Se observan diferencias significativas entre las familias de macroinvertebrados en la zona de muestreo de la Raya, siendo las familias con el mayor número de individuos: Hyalellidae, Gripopterygidae y Elmidae (Hcalc (0,05)=141.15; gl= 28; p<0.0001). En particular, la familia Hyalellidae presenta un promedio de 109 individuos, seguida por Gripopterygidae con 49 individuos, Y Elmidae con 44 Individuos (Figura 2).

Figura 2

Número de familias en relación a individuos de macroinvertebrados muestreados en las aguas de la zona de la Raya, Marangani, Sicuani 2023.



Los resultados obtenidos muestran que los macroinvertebrados bentónicos más abundantes corresponden a individuos de las órdenes Amphípoda, Plecóptera y Coleóptera. También revelan diferencias entre las familias en relación a los individuos, siendo la familia Hyalellidae la más representativa con una amplia distribución en todas las regiones del sur del Perú (Vamosi y Silver, 2012). Asimismo, la mayor densidad de estos individuos registrada en la Raya confirma una buena calidad de sus aguas respecto con el alto nivel de oxígeno y aumento de la densidad de macroinvertebrados bentónicos (Riens et al, 2013).

En relación con el número de individuos durante los meses de evaluación (enero, febrero y marzo), no se observaron diferencias significativas en la zona de muestreo de la Raya ($H_{cal}(0.05)=1.66$; $gl=2$; $p=0.359$).

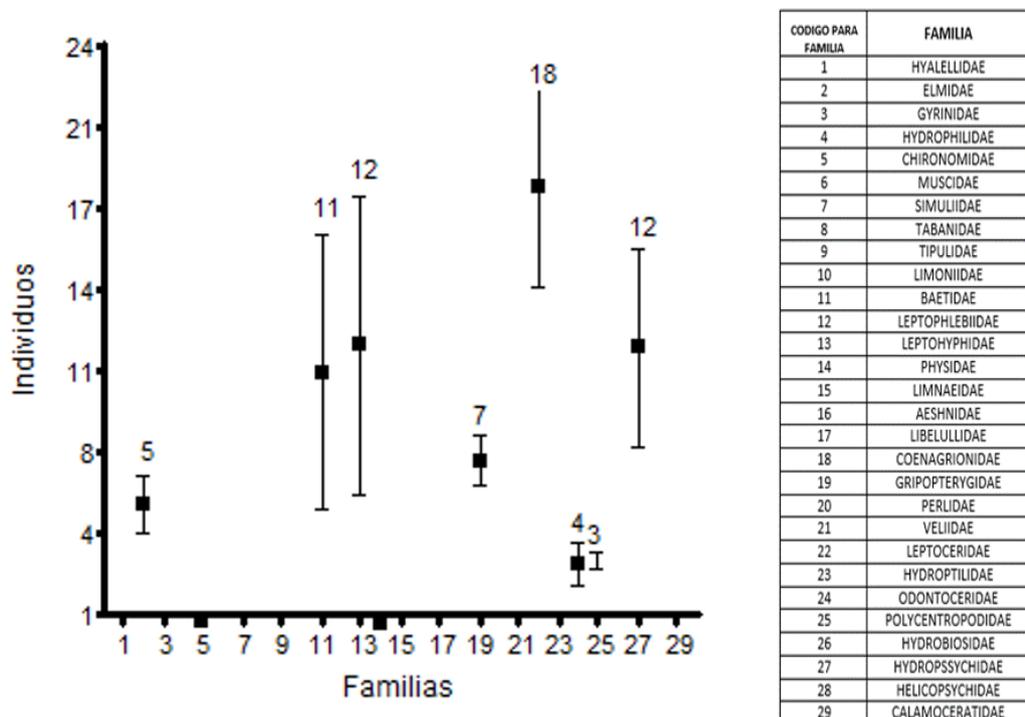
4.1.3. Zona de Aguas Calientes

No se observaron diferencias en el registro del número de individuos de macroinvertebrados durante los meses de enero, febrero y marzo en la zona de muestreo de Aguas Calientes ($H_{cal}(0.05)=0.06$; $gl=2$; $p=0.95$).

En contraste, se identificaron diferencias significativas en el número de individuos de macroinvertebrados según las familias en la misma zona de muestreo ($H_{cal}(0.05)=112.19$; $gl=28$; $p=0.0001$). La familia Leptoceridae mostró la mayor abundancia, con un promedio de 18 individuos, seguida por las familias Leptohiphidae e Hydropssychidae, cada una con 12 individuos (Figura 3).

Figura 3

Número de familias en relación a individuos de macroinvertebrados muestreados en la zona de Aguas Calientes, Sicuani 2023.





En la zona Aguas Calientes se observaron cómo familias representativas Leptoceridae, Hydropssychidae y Leptohyphidae. Estos resultados revelan que las familias mencionadas pertenecientes a las ordenes Trichoptera y Ephemeroptera tienen baja tolerancia a la contaminación (Serrano et al, 2016). El orden Trichoptera es un componente importante de las comunidades bentónicas y la base de la cadena trófica de los ecosistemas acuáticos. La mayor abundancia del orden Trichoptera se registró en esta zona de muestreo, donde la calidad del agua es buena. La familia más representativa por el número de individuos es Leptoceridae. Estos resultados son corroborados por (Mereta et al, 2012), quienes señalan que los Trichoptera están restringidos a ambientes con vegetación, profundidad del agua y conductividad.

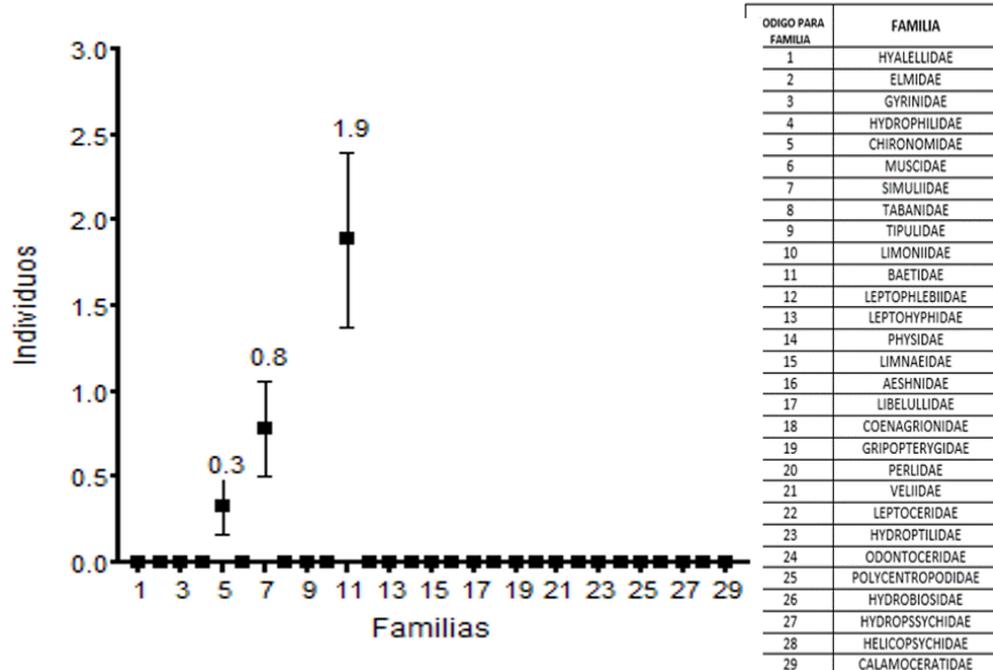
4.1.4. Zona de muestreo San Cristóbal

No se observaron diferencias significativas en el registro del número de individuos de invertebrados durante los meses de enero, febrero y marzo en la zona de muestreo de San Cristóbal ($H_{cal}(0.05)=0.22$; $gl=2$; $p=0.51$).

En cambio, se identificaron diferencias significativas en el número de individuos entre las familias de macroinvertebrados en la zona de muestreo de San Cristóbal ($H_{cal}(0.05)=25.26$; $gl=28$; $p=0.0001$). La familia Baetidae destacó con un promedio de 1.9 individuos, seguida por las familias Simuliidae con un promedio de 0.8, y finalmente la familia Chironomidae con un promedio de 0.3 individuos (Figura 4).

Figura 4

Número de familias en relación a individuos de macroinvertebrados muestreados en la zona de San Cristóbal, Sicuani 2023.



En esta zona de muestreo llamado San Cristobal las familias representativas pertenecen a las ordenes Ephemetoptera, Diptera, pero con menor densidad respecto a los otras zonas de muestreo estos efectos están relacionados con la disminución de la calidad del agua y de los alimentos, así como con la interferencia de los mecanismos respiratorios y otras características morfo fisiológicas del recurso acuático (Miserendino et al, 2012) Por ejemplo las familias Chironomidae y Muscidae pertenecientes al orden Díptera se caracterizan por vivir en aguas oligotróficas, esto indica un nivel bajo de nutrientes.

Además de ello (Villanueva y Zapata, 2016) mencionan que la diversidad de macroinvertebrados se ve afectado por la presencia de aguas residuales de diferentes actividades como urbana, pecuaria, etc.

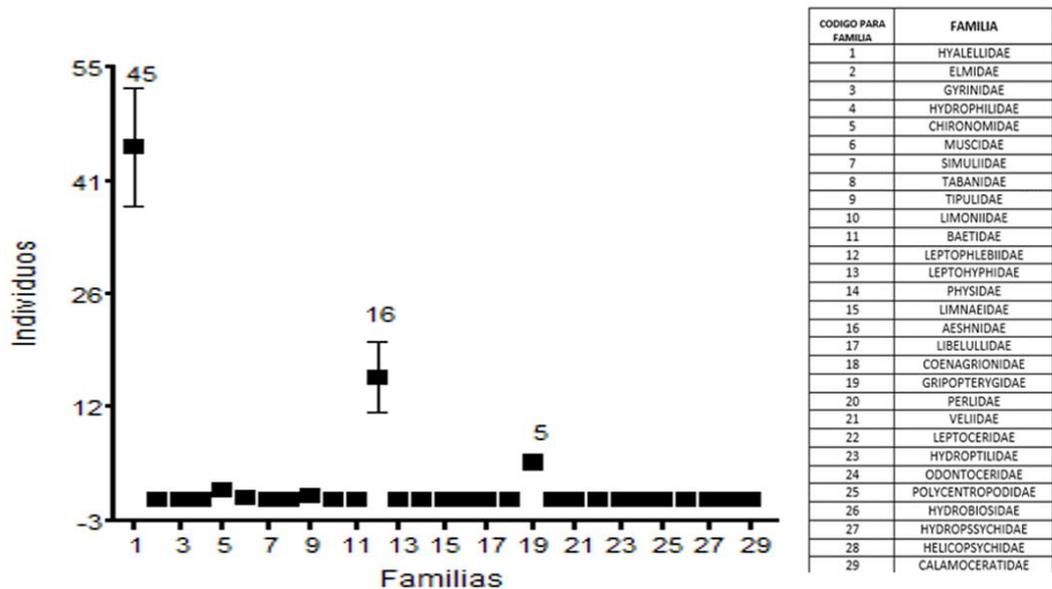
4.1.5. Zona de muestreo de Chihuaco

No se observaron diferencias significativas en el registro del número de individuos de macroinvertebrados durante los meses de enero, febrero y marzo en la zona de muestreo de Chihuaco ($H_{cal}(0.05)=0.08$; $gl=2$; $p=0.90$).

En cambio, se identificaron diferencias significativas en el número de individuos entre las familias de macroinvertebrados en las aguas de la zona de muestreo de Chihuaco ($H_{cal}(0.05)=87.26$; $gl=28$; $p=0.0001$). La familia Hyalellidae destacó, con un promedio de 45 individuos, seguida por las familias Leptophlebiidae con un promedio de 16, y finalmente la familia Griptopterygidae con un promedio de 5 individuos (Figura 5).

Figura 5

Número de familias en relación a individuos de macroinvertebrados muestreados en la zona de Chihuaco, Sicuani. 2023.





4.2. EL ÍNDICE BIÓTICO ANDINO (ABI) Y (EPT) DE LOS MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS COMO BIOINDICADORES DE CALIDAD, EN CUATRO ZONAS DEL RÍO VILCANOTA, EN RELACIÓN A LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA

4.2.1. Índice biótico andino (ABI)

En las cuatro zonas de muestreo se registraron macroinvertebrados bentónicos con un total de 19 familias pertenecientes a nueve órdenes. La zona de muestreo con mayor abundancia de familias fue la Raya que directamente está relacionado con la baja alteración del ser humano. A continuación, en la siguiente Tabla N° 3 se contrasta la calidad del agua en las cuatro zonas de muestreo utilizando el Índice Biótico Andino (ABI) los cuales varían la puntuación de 1 - 10, teniendo en cuenta que 1 representa mayor tolerancia y 10 menor tolerancia; la suma de estos puntajes fueron un indicativo de la calidad de agua en las cuatro zonas la Raya, Aguas Calientes, San Cristobal y Chihuaco.



Tabla 6

Contraste del índice biótico andino (ABI) en las cuatro zonas de muestreo para las familias de MIB.

INDICE ABI					
ORDEN	FAMILIA	E1	E2	E3	E4
AMPHIPODA	HYALELLIDAE	6	0	0	6
	ELMIDAE	5	5	0	0
COLEPTERA	GYRINIDAE	3	0	0	0
	HYDROPHILIDAE	3	0	0	0
	CHIRONOMIDAE	0	2	2	2
	MUSCIDAE	0	0	0	2
DIPTERA	SIMULIIDAE	5	0	5	0
	TABANIDAE	0	4	0	0
	TIPULIDAE	0	0	0	5
	LIMONIIDAE	4	0	0	0
	BAETIDAE	4	4	4	0
EPHEMEROPTERA	LEPTOPHLEBIIDAE	0	0	0	10
	LEPTOHYPHIDAE	7	7	0	0
GASTEROPODA	PHYSIDAE	0	3	0	3
	LIMNAEIDAE	3	0	0	0
	AESHNIDAE	0	6	0	0
ODONATA	LIBELULLIDAE	6	0	0	0
	COENAGRIONIDAE	6	0	0	0
PLECOPTERA	GRILOPTERYGIDAE	10	10	0	10
HETEROPTERA	PERLIDAE	10	0	0	0
	VELIIDAE	5	0	0	0
	LEPTOCERIDAE	8	8	0	0
	HYDROPTILIDAE	6	0	0	0
	ODONTOCERIDAE	10	10	0	0
	POLYCENTROPODIDA				
TRICHOPTERA	E	8	8	0	0
	HYDROBIOSIDAE	8	0	0	0
	HYDROPSSYCHIDAE	5	5	0	0
	HELICOPSYCHIDAE	10	0	0	0
	CALAMOCERATIDAE	10	0	0	0
TOTAL		142	72	11	38
INDICE ABI		MUY BUENO	BUENO	MAL	MODERADO

Tabla 7

Puntajes para determinar la calidad de agua.

CLASE	ECUADOR	PERU
Muy bueno	> 96	> 74
Bueno	59 - 96	45 - 74
Moderado	35 - 58	27 - 44
Malo	14 - 34	11 - 26
Pésimo	< 14	< 11

Los resultados hallados de los valores ABI en el año 2023 varían desde una calidad mala hasta una calidad muy buena del recurso hídrico. La zona de muestreo que presentó un valor mayor fue la Raya con un puntaje de 142 calificado como calidad “muy buena”, seguido por Aguas calientes obteniendo un valor 72 con calidad de agua “buena”, Chihuaco con puntaje 38 representando una calidad “moderada” del agua y por último la zona San Cristóbal con un valor 11, la cual es la más afectada por factores antrópicos considerándose calidad de agua “mala”.

Castañeda (2021), menciona que la presencia de las familias de macroinvertebrados bentónicos varían en número depende a las condiciones de calidad de agua en la que se encuentran. La variabilidad de macroinvertebrados bentónicos en ciertas zonas de muestreos son indicativos de contaminación, por ejemplo como se muestra en la tabla 3, la zona San Cristóbal posee una puntuación 11 y es la más baja respecto a las demás zonas de muestreo, claramente refleja impactos antropogénicos y corrobora los datos obtenidos por el índice biológico, que mostró mala calidad.



En relación a esto, los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con otros reportados en otros trabajos, que en muchas ocasiones documentaron una disminución de la riqueza y diversidad en cuerpos de agua contaminados (Heino, 2000).

De igual forma los resultados hallados en esta investigación se contrasta con (Quispe y Perez, 2022) en su estudio Evaluación de la calidad de agua del rio Vilcanota utilizando macroinvertebrados – Cusco. Los cuales indican que el Rio Vilcanota presenta aguas de calidad “regular” en época de lluvia además mencionan que en época de estiaje estos valores alcanzados varían hasta llegar a “muy mala” calidad. De esta forma se puede apreciar que la mayoría de investigadores utilizan este índice ABI para evaluar la calidad del agua, un reciente estudio detallado de la relación de factores ambientales y macroinvertebrados en arroyos andinos de gran altitud, mostró que el ABI es un fuerte indicador de la calidad ecológica de los arroyos (Villamarin et al, 2013).

4.2.2. Índice (EPT) ephemeroptera, plecoptera y trichoptera

Mediante las evaluaciones realizadas durante el año 2023 se obtuvieron los siguientes resultados, la densidad total de macroinvertebrados bentónicos y la abundancia de los taxones del EPT Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera fueron bastante variables en las cuatro zonas de muestreo (la Raya, Aguas Calientes, San Cristobal y Chihuaco) los cuales son indicativos del grado de perturbación que tiene cada una de ellas. (Tabla 8).

Tabla 8

Valores de índice biológico EPT.

INDICE EPT					
ORDEN	FAMILIA	E1	E2	E3	E4
EPHEMEROPTERA	BAETIDAE	4	4	4	0
	LEPTOPHLEBIIDAE	0	0	0	10
	LEPTOHYPHIDAE	7	7		0
PLECOPTERA	GRIPOPTERYGIDAE	10	10	0	10
	PERLIDAE	10	0	0	0
	LEPTOCERIDAE	8	8	0	0
	HYDROPTILIDAE	6	0	0	0
TRICHOPTERA	ODONTOCERIDAE	10	10	0	0
	POLYCENTROPODIDAE	8	8	0	0
	HYDROBIOSIDAE	8	0	0	0
	HYDROPSYCHIDAE	5	5	0	0
	HELICOPSYCHIDAE	10	0	0	0
	CALAMOCERATIDAE	10	0	0	0
TOTAL		12	7	1	2

Tabla 9

Numero de taxas para indicativo del Índice EPT.

EPT		
Σ de taxas presentes	Calidad	Significado
>10	Buena	Sin impacto
07 - 10	Baja	Levemente impactado
2 - 6	Pobre	Moderadamente impactado
0 - 1	Muy pobre	Severamente impactado

Nota: (Klemm et al.,1990)

En la primera zona la Raya se encontró especies pertenecientes al orden Ephemeroptera con las familias Baetidae y Leptohiphidae; al orden Plecoptera con las familias Gripopterygidae y Perlidae y la orden Trichoptera con las familias



Leptoceridae, Hydroptilidae, Odontoceridae, Polycentropodidae, Hydrobiosidae, Hydropssychidae, Helico'sychidae y Calamoceratidae. Respecto al puntaje se obtuvo un total de 12, lo cual indica que esta zona es de calidad buena que no está impactado, debido a que es un nacimiento del río Vilcanota.

Para la segunda zona Aguas Calientes se encontraron especies de la orden Ephemeroptera con las familias Baetidae y Leptohiphidae, de la orden Plecoptera con la familia Gripopterygidae y la orden Trichoptera con las familias Leptoceridae, Odontoceridae, Polycentropodidae e Hydropssychidae, llegando a tener un puntaje de 7, un indicativo de que esta zona es de calidad baja levemente impactado.

En relación a la tercera zona San Cristobal se encontró una especie de la orden Ephemeroptera con la familia Baetidae, llegando a tener el puntaje mínimo respecto a las zonas de muestreo con un valor de 1 indicativo de una calidad muy pobre severamente impactado.

Finalmente, la cuarta zona Chihuaco se encontraron especies pertenecientes a las órdenes Ephemeroptera con las familias Baetidae y Leptophlebiidae; al orden Plecoptera con la familia Gripopterygidae, obteniendo un puntaje de dos, lo cual indica aguas de calidad pobre moderadamente impactado.

Los resultados revelan que la estructura y composición de los macroinvertebrados se vieron afectadas por los parámetros de calidad del agua relacionados con las perturbaciones humanas. Es así que existe un caso con gran similitud en los resultados obtenidos de la investigación "Evaluación de la calidad de agua del río Vilcanota utilizando macroinvertebrados – Cusco", que dieron



como resultado en la época de lluvia en promedio una calidad regular y que en época de estiaje la calidad es menor o baja (Quispe y Perez, 2022).

El índice EPT tienen una alta sensibilidad a la contaminación, por ejemplo (Keci et al, 2011) encontró que el bentos es sensible y muestra baja tolerancia hacia los contaminantes del agua y refirió que estos organismos pueden vivir en aguas limpias y bien oxigenadas.

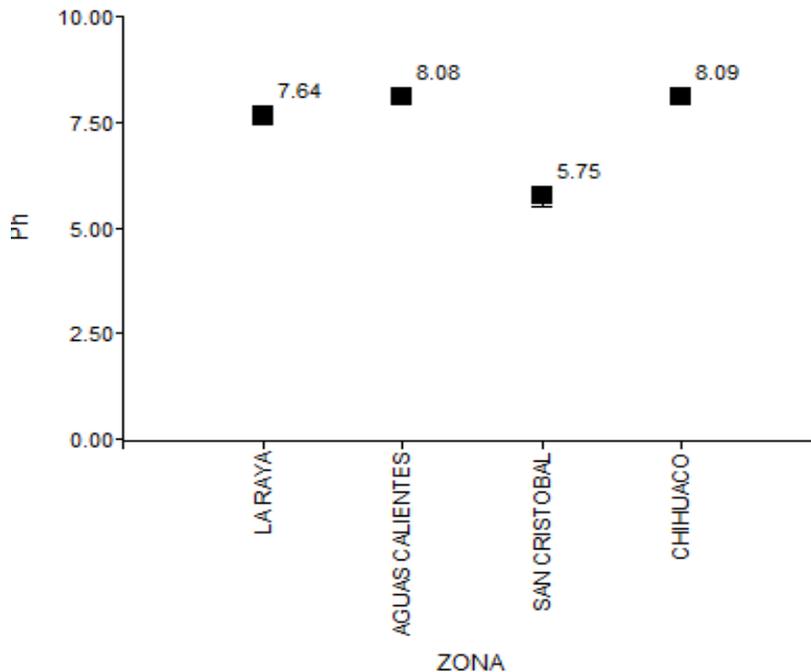
4.3. LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS (PH, OXÍGENO DISUELTO, SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES, CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y SALINIDAD Y TEMPERATURA), EN LAS CUATRO ZONAS DE MUESTREO DEL RÍO VILCANOTA.

4.3.1. Análisis físico químico

El pH, Se evidencia una diferencia en los registros de pH entre las zonas de muestreo de agua, a saber, la Raya, Aguas Calientes y Cerro San Cristóbal. El pH se presenta más alcalino casi neutro se presenta en la Raya, registrando 7.64 ($F_{cal}(0.05) = 648.11$; $gl: 3$; $p=0.00001$) (Figura 6). No obstante, no se detectaron diferencias significativas entre los meses de muestreo (enero, febrero y marzo) ($p=0.72$).

Figura 6

Registros de pH del agua en las cuatro zonas de muestreo (la Raya, Aguas Calientes, San Cristóbal y Chihuaco, Sicuani. 2023).



Los resultados obtenidos de la evaluación de pH muestra que en las zonas la Raya, Aguas Calientes y Chihuaco están considerados dentro del rango 6.5 – 8.5 unidades de pH (D.S N° 0004- 2017 MINAM) con un pH neutro y esto se debe a que en la zona de estudio existe la presencia de rocas calizas (Herrera, 2013). Este tipo de recurso acuático suelen ser adecuados para el crecimiento de los organismos (Shrestha, 2006), además los resultados representan que los valores de pH están dentro el límite aceptable según la categoría tres de riego de vegetales y bebida de animales.

A diferencia de la zona San Cristobal que se tuvo un valor de 5.75 el cual no cumple con el (D.S N° 0004- 2017 MINAM). De los resultados obtenidos según (ALA SICUANI, 2022) muestra que durante el año 2022 el ámbito del río

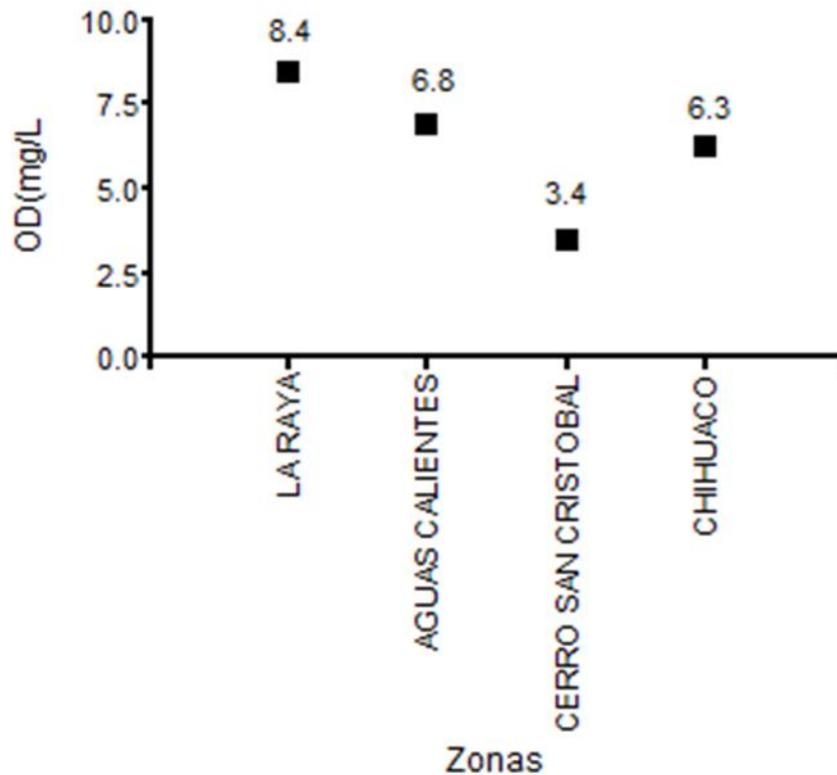


Vilcanota no presentaron valores de pH que se encuentren fuera de los ECAs establecidos en el decreto ya mencionado para ambas categorías del Río Vilcanota.

Oxígeno disuelto (mg/l). Se presenta una diferencia significativa en los registros de Oxígeno Disuelto (mg/L) entre las zonas de muestreo de agua, a saber, la Raya, Aguas Calientes y Cerro San Cristóbal. La mayor oxigenación se observa en la zona de la Raya, con un promedio de 8.43 mg/L, mientras que la zona con menor oxigenación es San Cristóbal, con un promedio de 3.44 mg/L ($F_{cal(0.05)} = 906.66$; $gl=3$; $p=0.00001$) (Figura 7). No obstante, no se encontraron diferencias significativas entre los meses de muestreo (enero, febrero y marzo) ($p=0.92$).

Figura 7

Registros de OD (mg/L) del agua en las cuatro zonas de muestreo (la Raya, Aguas Calientes, San Cristóbal y Chihuaco), Sicuani. 2023.



El oxígeno disuelto fue un factor importante que representa la calidad del agua y contaminación orgánica en cuerpos de agua. El oxígeno disuelto es uno de los factores físicos y esenciales para la respiración de peces y otros organismos acuáticos. La concentración mayor de oxígeno disuelto presenta la primera zona la Raya con 8.43 mg/L y es sumamente importante para el desarrollo de los peces (Sarma y Dutta, 2012). La zona San Cristóbal presenta promedio de 3.44 mg/, debido a que es una zona impactada por las actividades antrópicas, existe una investigación el cual afirma que un bajo nivel de oxígeno disuelto en el agua de los ríos es debido a que las partículas de arcilla absorben la luz y aumentan la temperatura en la superficie del agua (Kataria et al.2006). Además cuando el



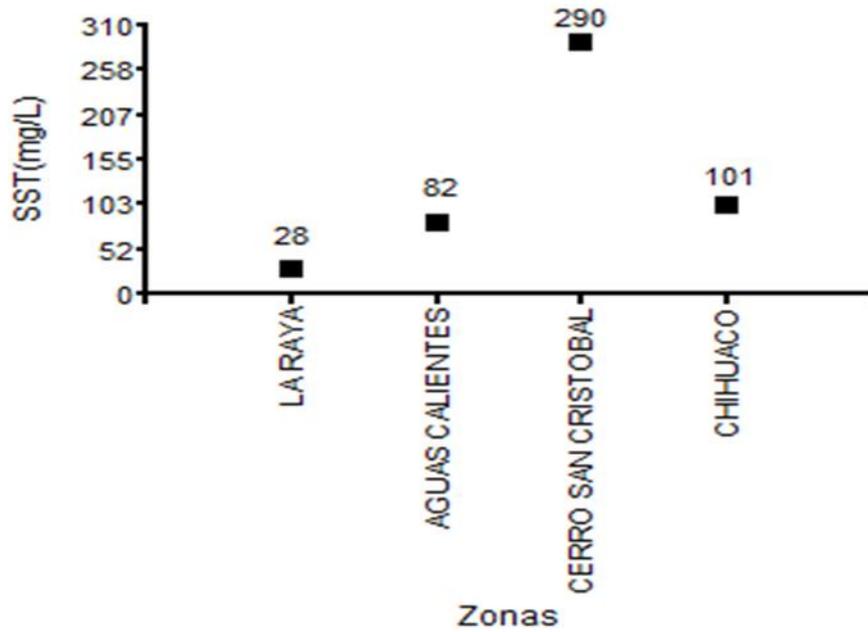
oxígeno disuelto cae por debajo de 4 mg/l, los peces mueren y afectan gravemente la reproducción y el desove (Shresta, 1997).

En relación a los ECAs de (D.S N° 0004- 2017 MINAM), las zonas que presentan valores admitibles son la Raya, Aguas Calientes y Chihuaco con 8.43, 3.44 y 6.4 mg/L respectivamente para la categoría 3, permitiendo el desarrollo de macroinvertebrados. A diferencia de la zona San Cristobal que obtuvo un valor de 3.44 mg/L donde se encontraron menor número de familias de macroinvertebrados. Además Barra (2015), sostiene que los niveles de OD varían por el descenso o ausencia de lluvias y baja la aireación del agua.

Sólidos suspendidos totales (sst) (mg/l). Existe diferencia en los registros de sólidos suspendidos totales (sst) (mg/l) en las zonas de muestreo de agua la Raya, Aguas Calientes y Cerro San Cristóbal, teniendo un mayor promedio de 289.67 SST (mg/L) en la zona de San Cristóbal, mientras fue menor en la zona de la Raya con un promedio de 27.73 SST (mg/L) ($F_{cal}(0.05) = 4476.60$; $gl = 3$; $P = 0.0001$) (Figura 8). Sin embargo, no hubo diferencias entre los meses de muestreo (enero, febrero y marzo) ($P = 0.99$).

Figura 8

Registros de Sólidos Suspendedos Totales (SST) (mg/L) del agua en las cuatro zonas de muestreo (la Raya, Aguas Calientes, San Cristóbal y Chihuaco), Sicuani. 2023.



Respecto a los resultados de Sólidos Suspendedos Totales en las cuatro zonas de muestreo, afirmamos que la Raya, Aguas Calientes y Chihuaco se encuentran dentro de los ECAs permitidos del D.S N° 0004- 2017 MINAM. A diferencia de la zona de muestreo San Cristóbal que está sobre los niveles máximo permitidos de la categoría 4 ECA del agua (ALA Sicuani, 2022).

Conductividad eléctrica ($\mu\text{s}/\text{cm}$). Se evidencia una diferencia significativa en los registros de Conductividad Eléctrica ($\mu\text{s}/\text{cm}$) entre las zonas de muestreo de agua, específicamente Chihuaco y San Cristóbal. Se observa un mayor promedio de 3519 CE ($\mu\text{s}/\text{cm}$) en la zona de Chihuaco, en contraste con un menor promedio de 936 CE ($\mu\text{s}/\text{cm}$) en la zona San Cristóbal ($F_{\text{cal}}(0.05) = 10.68$; $g_l=3$; $p=0.0001$) (ver Figura 9). Además, se identificaron diferencias entre los meses de muestreo

(enero, febrero y marzo), siendo enero el mes con el mayor promedio, registrando 2258.90, mientras que marzo presentó el menor promedio con 1445.66 ($p=0.0029$) (Figura 10).

Figura 9

Registros de Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) del agua en las cuatro zonas de muestreo (la Raya, Aguas Calientes, San Cristóbal y Chihuaco), Sicuani. 2023.

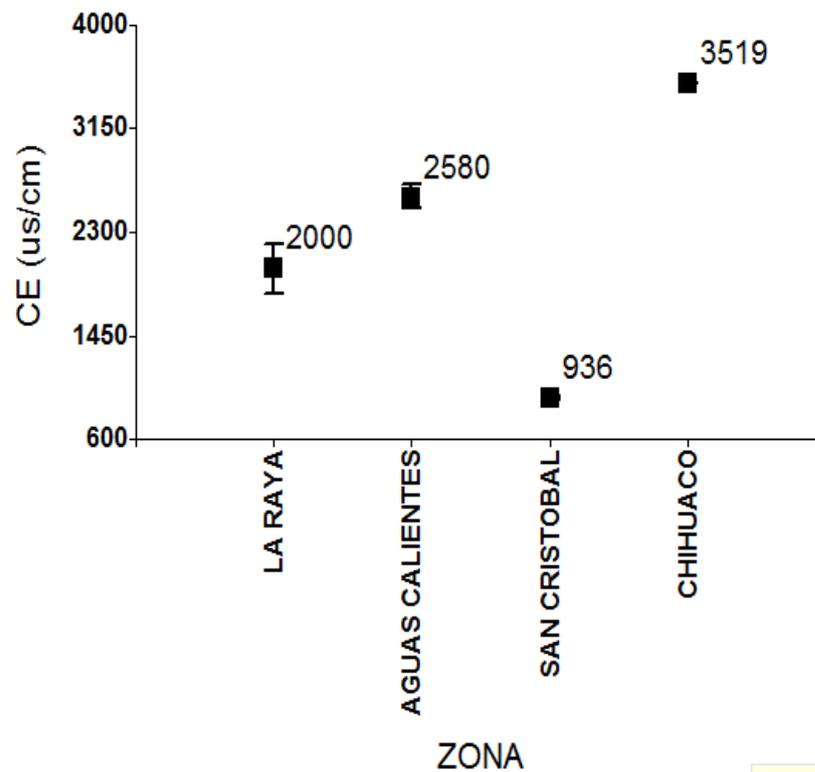
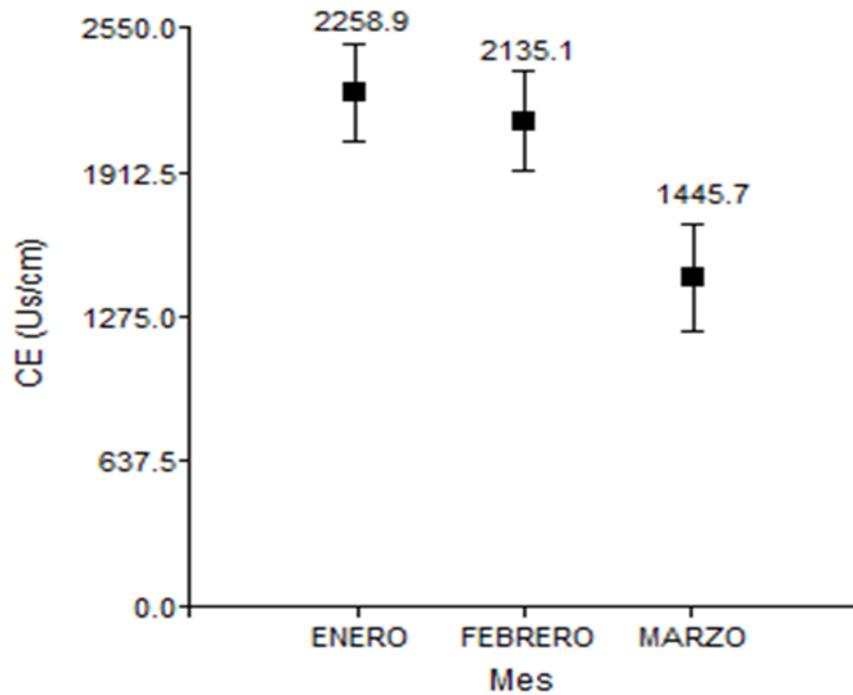


Figura 10

Registros de Conductividad Eléctrica ($\mu\text{s}/\text{cm}$) del agua en los meses de enero, febrero y marzo. Sicuani. 2023.



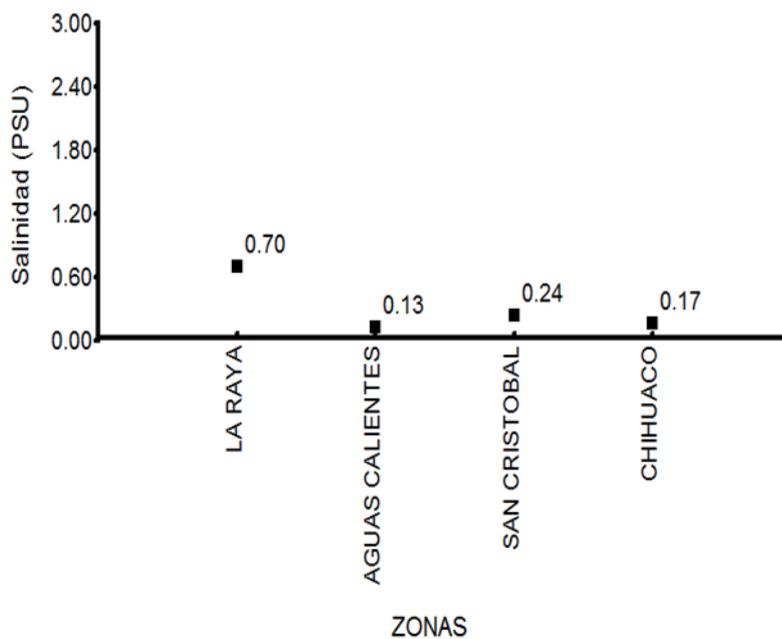
La conductividad registrada en este estudio nos muestra que los valores entre meses y estaciones estuvieron todos dentro del mismo rango excepto la zona San Cristóbal, que tuvo un valor menor sobre los ECAs del D.S N° 0004- 2017 MINAM). Oben (2000) atribuyó la disminución de conductividad durante la época de lluvia.

Roldan (2019), en su investigación menciona que la conductividad es baja en las aguas superficiales de montaña y un aumento de sales en el agua provocado por alguna actividad ya sea natural o antrópica.

Salinidad (PSU). Se presenta una diferencia significativa en los registros de Salinidad (PSU) entre las zonas de muestreo de agua, que incluyen la Raya, Aguas Calientes, Cerro San Cristóbal y Chihuaco. Se observa un mayor promedio de 0.70 en la raya, mientras que la zona de Aguas Calientes registra el menor promedio con 0.13 PSU ($F_{cal}(0.05) = 51.16$; $gl=3$; $p=0.0001$) (Figura 11). No obstante, no se detectaron diferencias significativas entre los meses de muestreo (enero, febrero y marzo) ($p=0.97$).

Figura 11

Registros de Salinidad (PSU) del agua en las cuatro zonas de muestreo (la Raya, Aguas Calientes, San Cristóbal y Chihuaco), Sicuani. 2023.



El agua es de vital importancia para toda forma de vida y es un soluto a nivel universal, en ese sentido evaluamos la salinidad en cuatro zonas de estudio a nivel del río Vilcanota ya que las sales son de importancia mayor a la hora de hacer uso de este recurso vital, puesto de que la ganadería y agricultura se adaptan muy poco a las sales disueltas en el agua (Briceño, 2018).

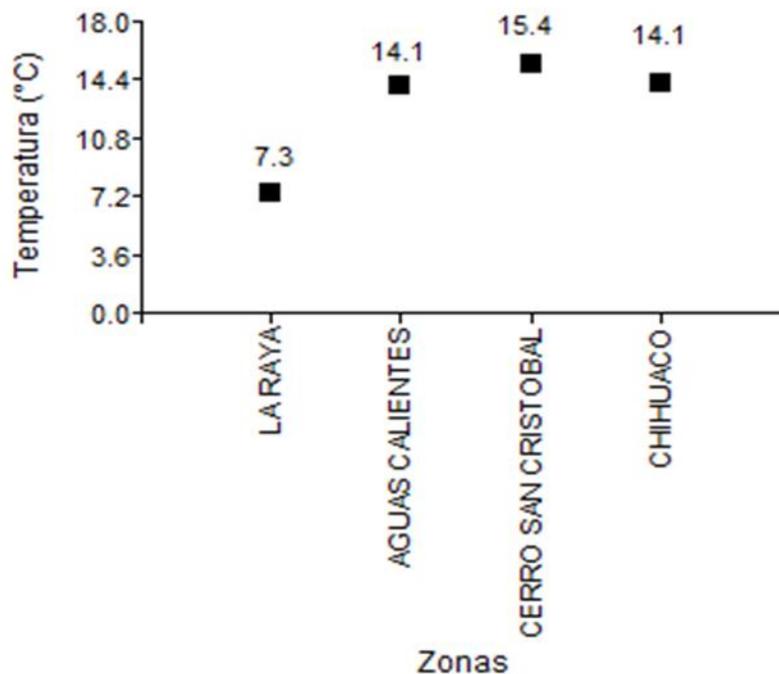


Las precipitaciones y la evaporación tienen efectos combinados sobre las variaciones de la salinidad (Nwuankwo, 2004). Esta afirmación se reflejó en los resultados registrados para la salinidad en este estudio, en la zona de muestreo la Raya observó variabilidad temporal registrándose valores elevados 0.70 PSU. Éste parámetro no aplica para esta categoría 3 del D.S N°004-2017 MINAM. La salinidad más alta en esta zona de muestreo podrían ser atribuido a la alta intensidad de la luz solar que aumentó la tasa de evaporación (Markinde et al, 2015) también informa que los valores de salinidad son más altos en las zonas de mayor altitud en comparación con las más bajas. (Lusky, 2005) Informó que las lluvias y escorrentías por líquidos podrían causar la dilución de salinidad del estuario, reduciendo así el contenido salino y esto puede explicar las salinidades más bajas registradas en las zonas de menor altitud.

Temperatura (°C). Se evidencia una diferencia significativa en los registros de temperatura (°C) entre las zonas de muestreo de agua, abarcando la Raya, Aguas Calientes y Cerro San Cristóbal. La zona de Cerro San Cristóbal presenta un mayor promedio de 15.41, mientras que la zona de la Raya registra un menor promedio de 7.32 ($F_{cal}(0.05) = 603.78$; $gl=3$; $p=0.0001$) (Figura 12). No obstante, no se identificaron diferencias significativas entre los meses de muestreo (enero, febrero y marzo) ($p=0.96$).

Figura 12

Registros de Temperatura °C del agua en las cuatro zonas de muestreo (la Raya, Aguas Calientes, San Cristóbal y Chihuaco, Sicuani. 2023.



En este estudio, la temperatura del agua fue relativamente uniforme durante todo el período con valores mensurables a diferencia de la primera zona de muestreo la Raya debido a que se encuentra sobre los 4200 msnm (Moscoso et al, 2017). La temperatura osciló entre 7.32 y 14.1 °C durante todo el periodo de estudio. La temperatura más alta de 15.41°C se registró en la estación San Cristobal esto fue un causante para que el número de familias de macroinvertebrados bentónicos fuesen encontrados en menor cantidad. Estos resultados son similares en la investigación “Índice de calidad de agua, aplicando el ICARHS en el río Vilcanota en el tramo Paclamayo – Pucruto, distrito de Urubamba – Cusco - 2021” donde la temperatura es mayor en las zonas con mayor actividad antropogénica y de mayor contaminación (Carhuasuica y Gonzales, 2022).



V. CONCLUSIONES

PRIMERA: Se recolectaron un total de 3985 individuos pertenecientes a 19 taxas y 9 órdenes; de los cuales en la zona la Raya existe una mayor abundancia de los macroinvertebrados siendo las familias con el mayor número de individuos: HYALELLIDAE, GRIPOPTERYGIDAE y ELMIDAE con 109, 49 y 44 individuos respectivamente. La zona que presentó un número menor de taxas fue San Cristóbal con la familia BAETIDAE 1.9 individuos y la familia SIMULIIDAE con un promedio de 0.8.

SEGUNDA: Referente a la aplicación de los índices biológicos para la calidad del Rio Vilcanota, para el Índice Biótico Andino (ABI). Indican que las zonas de muestreo la Raya, Aguas Calientes y Chihuaco oscilan entre las categorías de calidad de agua “modera” a “muy buena” y la zona San Cristobal presenta una calidad de agua “Mala”. Para el índice EPT, tanto la Raya como Aguas Calientes califica como zonas de calidad buena levemente impactado, la zona San Cristobal de calidad muy pobre severamente impactado y por ultimo Chihuaco califica aguas de calidad pobre, moderadamente impactado.

TERCERA: Los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos, (pH, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales, conductividad eléctrica, salinidad y temperatura), del monitoreo durante los meses Enero Febrero y Marzo del año 2023 cumplen con los ECAs del D.S N°004-2017 MINAM, exceptuando la zona San Cristobal, tanto en pH que se obtuvo 5.75, Oxígeno Disuelto 3.44 (mg/L) y Conductividad Eléctrica 931.2 μ S/cm, estos valores están fuera de los ECAs permitidos de la categoría 3, sobre



los Sólidos Suspendidos Totales presenta 290 mg/L los cuales son niveles máximos indicando que dicha zona no es apto para riego y bebida de animales. Por último la temperatura más alta fue 15.41°C, se registró en la zona San Cristóbal y esto fue un causante para que el número de familias de macroinvertebrados bentónicos fuesen encontrados en menor cantidad respecto a las demás zonas.



VI. RECOMENDACIONES

PRIMERA: Se hace una invitación extensiva a todos los estudiantes, docentes de la carrera de Ciencias Biológicas y/o afines para poder complementar la información de algunos parámetros fisicoquímicos – microbiológicos que no contempla esta investigación referente al río Vilcanota.

SEGUNDA: Incentivar e impulsar a todos los tesisistas e investigadores a utilizar de los índices biológicos como una metodología tradicional en los demás ríos de la provincia de Canchis para tener un listado completo de las especies de macroinvertebrados bentónicos y poder crear un atlas.

TERCERA: Poder publicar esta investigación por intermedio de la Municipalidad Provincial de Canchis y poder llegar a las diferentes Instituciones Educativas para sensibilizar sobre el tema de macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, R., Rios Touma , B., Rieradevall, M., & Prat, N. (2009). *Propuesta de un protocolo de evaluacion de la calidad ecologica de rios andino y su aplicacion a dos cuencas en Ecuador y Peru. Limnetica*, 64.
- Autoridad Local del Agua Sicuani. (2022). *Carta N° 0105-2022-ANA-AAA-UV-ALA-SI*. Sicuani: Autoridad Nacional del Agua.
- Allan, J. D. (2004). Influence of land use and landscape setting on the ecological status of rivers. *School of Natural Resources*, 197.
- Alonso, A., & Camargo, J. (2006). Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles. *Ecosistemas*.
- Ayala Quispe, L. (2018). *Comunidad macroinvertebrada y características fisicoquímicas de dos rios del distrito de Cangallo*, 2017.
- Barra, P. (2015). Evaluación de la calidad del agua en nueve quebradas en el tramo carretero Puerto Maldonado-Mazuko, departamento de Madre De Dios, mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos. Puerto Maldonado, Madre de Dios, Perú. *Disponible en <http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD>*, 115.
- Briceño, J. (2018). *“Evaluación de la carga en solución*. Cajamarca: tesis. Carhuasuica, Y., & Gonzales, S. (2022). *Índice de calidad de agua, aplicando el icarhs para el rio Vilcanota*. 123: tesis.
- Cañedo-Argüelles, M.; Kefford, B.J.; Piscart, C.; Prat, N.; Schäfer, R.B.; Schulz, C.J. *Salinización de los ríos: una cuestión ecológica urgente*. Environ. Pollut. 2013, 173, 157–167
- Carhuasuica, Y., & Gonzales, S. (2022). Índice de calidad de agua, aplicando el Icarhs en el río Vilcanota en el tramo Paclamayo – Pucruto, distrito de Urubamba – Cusco - 2021.
- Castañeda Estela, D. (2021). *Caracterización Físicoquímica Y Biológica De Las Aguas*



- Del Rio Grande En La Localidad De Cortegana - Celendin - Cajamarca.
Cajamarca.
- Cook, S.E.K., 1976. Búsqueda de un índice de estructura comunitaria sensible a la contaminación del agua. *Contaminación ambiental*, 11: 269-288
- Condori, D. J., & Huaccanqui, N. (2019). Macroinvertebrados bentonicos como indicadores de calidad del agua en el rio Kitamayo -Pisac- Cusco. Cusco.
- Craft, C.; Neubauer, S.C. Global Change & Tidal Freshwater Wetlands: Scenarios and Impacts. In *Tidal Freshwater Wetlands*; Margraf Publishers GmbH Scientific Books: Weikersheim, Germany, 2009; Chapter 23; pp. 253–266.
- Dawson, F.H., Newman, J.R., Gravelle, M.J., Rouen, K.J and Henville, P. 1999 Assessment of the tropic status of rivers using macrophytes. Evolution of the Mean Tropic Rank. Research and development. Technical report E39, Environment Agency, Bristol.
- Dirección General de Salud Ambiental, M. D. (2007). *rio Vilcanota - Urubamba* . Cusco.
- Dirzo, R., Young, H., Galletti, M., Ceballos, G., y Collen, B. (2014). Defaunation in the anthropocene. *Science* 345, 401–406. doi:10.1126/science.1251817
- Duarte, C.M., Kalff, J. & Peters, H. 1986. Patterns in biomass and cover of aquatic macrophytes in lakes. *Can J Fish Aquatic Science* 43, 1900–1908.
- Dudgeon, D., Arthintong, A., Kewabata, Z., y Naiman, J. (2005). Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges.
- Dynesius, M., & Nilsson, C. (1994). Fragmentación y regulación de caudales de los sistemas fluviales en el tercio norte del mundo. pp. 753-762
doi: 10.1126/science.266.5186.753
- Elosegi, A., & Sabater, S. (2009). Conceptos técnicos en ecología. España.
- Dominguez, E., & Fernandez, H. (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos Sistemática y biología. Tucuman Argentina: Fundacion Miguel Lillo.
- Fernandez, D., Barquin, J., & Raven, P. (2011). A review of river habitat characterisation methods: indices vs. characterisation protocols. *AIL*, 18.



- Figuroa, R., Valdovinos, C., Araya, E., & Parra, O. (2003). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores. *Revista chilena de historia natural*.
- Flores Rojas, D., & Huamantínco Araujo, A. (julio de 2017). Desarrollo de una herramienta de vigilancia ambiental ciudadana basada en macroinvertebrados bentónicos en la Cuenca del Jequetepeque (Cajamarca, Perú). 16(2). doi:<http://dx.doi.org/10.21704/rea.v16i2.1014>
- Forero Cespedes, A., Reynoso Flores, G., & mandaville , C. (Diciembre de 2013). Evaluación De La Calidad Del Agua Del Río Opia (Tolima-Colombia) Mediante Macroinvertebrados Acuáticos Y Parámetros Físicoquímicos. *Caldasia*, 35(2).
- Friedl, S. (2003). Water pollution: Definition, types, and sources. <http://study.com/academy/lesson/water-pollutiondefinitiontypes-and-sources.html>
- France, R.L., 1990. Marco teórico para desarrollar y poner en funcionamiento un índice de integridad de la comunidad de zoobentos: aplicación al biomonitoreo con comunidades de zoobentos en los Grandes Lagos. *MI*. páginas. 169-193.
- Grant, I. F. (2022). Ecological monitoring methods for the assessment of pesticide impact in the tropics. *Natural Resoirces Institute*, 418.
- Gutierrez Canovas, C., Sanchez Fernandez, D., Velasco, J., Milan, A., & Bonada, N. (2015). Similarity in the difference: changes in community functional features along natural and anthropogenic stress gradients. *National Library of medicine*, 1447.
- Gomez, J. A. (2014). Determinacion de la calidad de agua mediante variables fisicoquimicas y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadoores de calidad de agua en la cuenca del rio Garagoa. chile.
- Heino, J. (2000). Lentic macroinvertebrate assemblage structure along gradients in spatial heterogeneity, habitat size and water chemistry. *Hydrobiologia*, 242.
- Herrera, H. (2013). Los pasivos mineros ambientales y los conflictos sociales en Hualgayoc. Cajamarca. *Revista de investigacion social de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 277.



- Hilsenhoff, W. L. (1988). Rapid Field Assessment of Organic Pollution with a Family-Level Biotic Index. North American Benthological Society.
- Hussain, Q., & Pandit, A. (2012). Macroinvertebrates in streams: A review of some. Journal.
- Jorgensen, S.E. 1980. Gestión del lago. desarrollo, suministro y gestión del agua, Universidad de Copenhague, Dinamarca. 14,146.
- Kamble, SM. (2014). Water pollution and public health issues in Kolhapur city in Maharashtra. International Journal of Scientific and Research Publications, 4, 1-6.
- Kataria, H. C., Singh, A. & Pandey, S. C. 2006. Studies on water quality of Dahod Dam, India. Pollution Research. 25, 553- 556.
- Keci, E., Paparisto, A., & Hamzaraj, E. (2011). Biological assessment of water quality in the National Park of Prespa Lake using macroinvertebrates as bioindicators. *Int J Trop Insect Sci*, 86.
- Kenny, M.A., Sutton-Grier, A.E., Smith, R.F. and Gresens, S.E. 2009. Benthic macro invertebrates as indicators of water quality: The intersection of Science and policy. *Terrestrial Arthropod Reviews*.2, 99-128
- Korschgen, C.E., Green,W.L., & Kenow, K.P. 1997. Efectos de la irradiación sobre el crecimiento y producción de yemas invernales de *Vallisneria americana* y consecuencias para su abundancia y distribución. *Botánica acuática*, 58, 1-9.
- klemm , d., blocksom, k., thoeny, w., & fulk, f. (1990). Methods development and use of macroinvertebrates as indicators of ecological conditions for streams in the mid-atlantic highlands region. Reseach Laboratory.
- Lusky, D. (2005). The estuarine environment. *In The Estuarine Ecosystem*, 48.
- Mandaville, S. M. (2002). Benthic Macroinvertebrates in Freshwaters Taxa Tolerance Values, Metrics, and Protocols. *Science*, 128.



- Markinde , O., & et al. (2015). Comparative assessment of physical and chemical characteristics of water in Ekerekana and Buguma Creeks, Niger Delta Nigeria. *Journal of Environment Protection and Sustainable Development*, 133.
- Martin, R.; Wood, G. A Review of Current Monitoring Activities to Develop a Framework for State and Condition Monitoring; Report No 1013-10-DAB; Australian Groundwater Technologies Pty Ltd.: Adelaide, Australia, 2011.
- Mats Dynesius, C. N. (1994). Fragmentation and Flow Regulation of River Systems in the Northern Third of the World. *Science*, 762.
- Mereta , S., & et al. (2012). Analysis of environmental factors determining the abundance and diversity of macroinvertebrate taxa in natural wetlands of Southwest Ethiopia. *Ecological Informatics*, 61.
- Mereta, S., Boetsa, P., & Meester, L. d. (2015). Development of a multimetric index based on benthic macroinvertebrates for the assessment of natural wetlands in Southwest Ethiopia. *Elsevier*, 19.
- Metcalf, J.L., 1989. Evaluación biológica de la calidad del agua corriente basada en comunidades de macroinvertebrados: historia y estado actual en Europa. *Contaminación ambiental*, 60: 101-139.
- Miserendino, M., Archangelsky, C., & Brand, L. (2012). Cambios ambientales y respuestas de macroinvertebrados en arroyos patagónicos (Argentina) a la caída de ceniza del Volcán Chaitín. 424, págs. 202-212, 10.1016/j.scitotenv.2012.02.054
- Moscoso, J., & et al. (2017). Producción de Metano en Vacunos al Pastoreo Suplementados con Ensilado, Concentrado y Taninos en el Altiplano Peruano en Época Seca. *Scielo*, 12.
- Mykra, H., Heino, J., & Muotka, T. (2007). Scale-Related Patterns in the Spatial and Environmental Components of Stream Macroinvertebrate Assemblage Variation. *Journal*, 159.
- Nguyen, T. H., Eurie Forio, M. A., Boets, P., Lock, K., Damanik Ambarita, M. N., Suhareva, N., . . . Goethals, P. (2018). Threshold Responses of Macroinvertebrate



- Communities to Stream Velocity in Relation to Hydropower Dam: A Case Study from The Guayas River Basin (Ecuador). Scifeed, 10.
- Norlin, J.I., Bayley, S.E. & Ross, L.C.M. 2005 Submerged macrophytes, zooplankton and the predominance of low-over high-chlorophyll states in western boreal, shallow-water wetlands. *Freshwater Biology*. 50, 868–881.
- Nwuankwo, D. (2004). Studies on the Environmental preference of blue-green algae (cyanophyta) in Nigeria coastal waters. *The Nigeria Environmental Society Journal*, 51
- Oben, B. (2000). Limnological assessment of the impact of agricultural and domestic effluent on three man-made lakes in Ibadan, Nigeria. Ph.D. Thesis, University of Ibadan, p. 334
- Ortega, H., Chocano, L., Palma, C., & Samanez, I. (2010). Biota acuática en la Amazonía Peruana: diversidad y usos como indicadores ambientales en el Bajo Urubamba (Cusco - Ucayali). *Rev. peru biol.* v.17 , 29-35.
- Pascual, G., Iannacone, I., & Alvariano, L. (diciembre de 2019). Macroinvertebrados bentónicos y ensayos toxicológicos para evaluar la calidad del agua y del sedimento del río Rímac, Lima, Perú. *Scielo*, 30(4).
- Pastrán Pastrán, M. S. (2017). Evaluación De La Calidad del Agua mediante I Utilización de Macro Invertebrados Bentónicos, como Bioindicadores: Estudio De Caso En El Río Suárez (Chiquinquirá – Boyacá). Universidad Libre de Ingeniería, Colombia, Bogotá.
- Peña, S. (junio de 2019). Macroinvertebrados como bioindicadores de la claidad del agua Quebrada La Calaboz. *Scielo*, 13(25), 14-22.
- Quispe Phocco, R. (2015). Diversidad de la ictiofauna y macroinvertebrados como bio indicadores de la calidad hídrica en dos tributarios del río Bajo Madre de Dios. Madre de Dios.
- Quispe Román, R., & Salas Ventura, S. (2017). de familias por Hilsenhoff (IBF), Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT) y Biological Monitoring Working Party Colombia (BMWP/Col) e índices fisicoquímicos como el índice de calidad



- de agua (ICA), el índice de contaminación por mineralización (ICOM. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Cusco.
- Quispe, V., & Perez, C. (2022). *Evaluación de la calidad de agua del rio Vilcanota utilizando macroinvertebrados - Cusco*. Juliaca: Tesis.
- Ramirez, A. (2010). Metodos de recoleccion. Redalyc.org.
- Rao, S. S. (1989). Estrés ácido e interacciones microbianas acuáticas. Ed. CRC Press. Pp:176.
- Riens, J., Schwarz, M., & Hoback, W. (2013). Aquatic Macroinvertebrate Communities and Water Quality at Buffered and Non-Buffered Wetland Sites on Federal Waterfowl Production Areas in the Rainwater Basin, Nebraska. *Springer Link*, 1036.
- Rodríguez Badillo, L., Ríos Guayasamín, P., Espinosa Chico, M., Cedeño Loja, P., & Jiménez Ortiz, G. (Diciembre de 2016). aracterización de la calidad de agua mediante macroinvertebrados bentónicos en el río Puyo, en la Amazonía Ecuatoriana. 26(3).
- Roldan , G. (2019). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col. Medellín: Medellín, Colombia. Universidad de Antioquia. . books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=ZEjgIKZTF2UC&oi=fnd&pg=PR11&dq=roldan+2003+Bioindicación+de+la+calidad+de+agua+en+Colombia+ldan%202003%20Bioindicación%20de%20la%20calidad%20de%20agua%2,655.
- Roldan Perez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua. Ciencias Naturales.
- Roldan, G. y Ramirez, J. (2008). Fundamentos de limnología neotropical. 3(1), 2-3. <http://repositorio.accefyn.org.co/handle/001/71>
- Ruiz Cruzado, H. G. (2019). Analisis correlacional entre los indices bioticos con macroinvertebrados y la concentracion d emetales toxicos en las aguas del rio Llaucano, Bambamarca - Peru 2019. Universidad Privada del norte, Cajamarca, Cajamarca.



- Salcedo Gustavson, S., Artica Cosme, L., & Andrea Trama, F. (diciembre de 2013). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de agua en la microcuenca San Alberto, Oxapampa, Perú. doi:<https://doi.org/10.18259/acs.2013016>
- Sarma, D., & Dutta, A. (2012). Efecto de ciertos alimentos sobre el crecimiento y la supervivencia de las crías de *Ompok pabo* (Hamilton-Buchanan) en cautiverio. *Journal*.
- Sawyer, C. N. 1960. Chemistry for sanitary engineering. Mc Graw Hill Publication. New York, USA.
- Schilt, C. (2007). Developing fish passage and protection at hydropower dams. *ScienceDirect*, 325.
- Serrano, E., Grack, C., Equille, B., & Armienta, A. (2016). Potential application of macroinvertebrates indices in bioassessment of Mexican streams. *Ecological Indicators*, 567.
- Sharma, M. P., Sharma, S., Goel, V., Sharma, P., & Kumar, A. (2006). Water Quality Assessment of Behta River Using Benthic Macroinvertebrates. *Life Science Journal*, 74.
- Shrestha, T. (1997). The Mahseer: In the rivers of Nepal disrupted by dams and ranching strategies. *Published by Mrs, Bimala Shrestha, Kathmandu*.
- Shrestha, T. (2006). The Mahseer: In the rivers of Nepal disrupted by dams. *Published by Mrs*.
- Tchobanoglous, G., & Schroeder, E.D. 1987. Calidad del agua: caracterización, modelización, modificación. Universidad de California. pp: 706
- Tolkamp, HH, 1985. Evaluación biológica de la calidad del agua corriente utilizando macroinvertebrados: un estudio de caso para Limburgo, Países Bajos. *Ciencia y Tecnología del Agua*. 17(17): 867-878.



- Vamosi, S., & Silver, C. (2012). Macroinvertebrate Community Composition of Temporary Prairie Wetlands: A Preliminary Test of the Effect of Rotational Grazing. *ResearchGate*, 14.
- Vásquez Valerio, M., & Medina Tafur, C. (2015). Calidad de agua según los macroinvertebrados bentónicos y parámetros físico-químicos en la microcuenca del río Tablachaca (Ancash, Perú) 2014. *REBIOL*, 35(2).
- Vimos Lojano, D. (2017). Influencia de las comunidades hidráulicas e hidrobiológicas en la variación espacial y temporal de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en ríos altoandinos de cabecera al sur de Ecuador. Tesis de posgrado doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Villamarin, C., Rieradevall, M., Barbour, T., & Prat, N. (2013). A tool to assess the ecological condition of tropical high Andean streams in Ecuador and Peru: the Imeera index. *Ecological Indicators*, 92.
- Villanueva, M. C., & Zapata, F. C. (2016). Análisis de la Biodiversidad de Macroinvertebrados Bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín-Perú. *Scientia Agropecuaria* vol.7, 33-44
- Vincent, J., & Vallarino, L. M. (1969). *Chemistry*. Ed. Prentice-Hall, University of California. pp: 844.
- Waite, I. R., Herlihy, A. T., David P. Larsen, N. S., & Klemm, D. J. (2004). The effects of macroinvertebrate taxonomic resolution in large landscape bioassessments: an example from the Mid-Atlantic Highlands, U.S.A. *ResearchG*, 17.
- Wallace, J.B. & Webster, J.R., 1996. El papel de los macroinvertebrados en la función de los ecosistemas fluviales. *Revisión anual de entomología*, 41: 115-139.
- Zamora Muñoz, C., Cantero, S., Sanchez Ortega, A., & Alba Tercedor, J. (1995). Are biological indices Bmpw' And Aspt' And Their Significance Regarding Water Quality Seasonally Dependent Factors Explaining Their Variations. Pergamon.

ANEXOS

ANEXO 1. Evidencias fotográficas



Vista Panorámica la Raya.



Vista panorámica Aguas Calientes.



Vista Panorámica Chihuaco



Vista Panorámica San Cristóbal.



Utilización de malla para recolectar MIB..



Medición de los parámetros físico químico con el multiparametro Hanna.



Pasando muestras colectadas a la bandeja.



Buscando MIB en las piedras.



Transfiriendo los MIB al frasco de plástico

ANEXO 5. Grupos de macroinvertebrados



Dugesiidae



Baetidae



Gripopterygidae



Aeshnidae



Leptophlebiidae



Polycentropodidae



Planorbidae



Elmidae



Hyalellidae



Physidae



Tabanidae



Hydrophilidae



ANEXO 6. Constancia



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CANCHIS
GERENCIA DE GESTION AMBIENTAL



CONSTANCIA

EL QUE SUSCRIBE, RAUL FELIPE HUAYNAPATA QUISPE

DEJA CONSTANCIA QUE:

La señorita Lupe Yhadira Mejicano Hualpa, ha realizado su investigación de tesis titulada "CUANTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS COMO INDICADORES DE CALIDAD DEL SISTEMA RÍO VILCANOTA - SICUANI", en las instalaciones del laboratorio de la Municipalidad Provincial de Canchis los meses Enero, Febrero y Marzo del año 2023.

Se expide el presente documento a solicitud de la interesada, para los fines que estime por conveniente.

Sicuani, 08 de Abril del 2023.


MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CANCHIS
GERENCIA DE GESTION AMBIENTAL
Blgo. Raul F. Huaynapata Quispe
GERENTE



ANEXO 7. Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Lupe Yhadira Mejicano Huallpa
identificado con DNI 73214846 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
de Biología

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
" Contaminación de macroinvertebrados bentónicos como
indicadores de calidad del sistema río Velcanota -
Sicani "

Es un tema original.

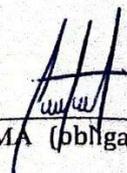
Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 10 de Mayo del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella



ANEXO 8. Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Lupe Ynaderia Mejicano Huallpa identificado con DNI 73819846 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
de Biología

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“Cuantificación de macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad del sistema río Vilcanota - Siquani”

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

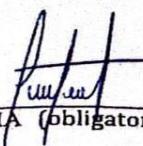
En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 24 de Abiel del 2024


FIRMA (obligatoria)

