

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



TESIS:

**Calidad ecológica basado en macroinvertebrados
en un río influenciado por una ciudad, Pichari,
La Convención, Cusco 2022.**

Para optar el título profesional de:

BIÓLOGA, ESPECIALIDAD: MICROBIOLOGÍA

PRESENTADO POR:

Bach. Milagros Gresil JERI HUAMAN

ASESOR:

Dr. Carlos Emilio CARRASCO BADAJOZ

AYACUCHO - PERÚ

2024

Con amor y cariño a mi madre Yolanda,
mi familia y personas especiales en mi
vida, por su gran apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco de corazón a mi Alma Mater, la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por haberme formado en ella y por darme la oportunidad de ejercer esta noble profesión.

A la Facultad de Ciencias Biológicas, a la Escuela Profesional de Biología y a toda su plana de docentes, por sus enseñanzas que me ayudaron en el desarrollo de mi vida profesional y personal.

Al Laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica (BioSIG) por proporcionarme las instalaciones, materiales, para la realización de mi trabajo de investigación.

Mis sinceros agradecimientos, a mi asesor, Dr. Carlos Emilio Carrasco Badajoz por su asesoramiento, su amistad, confianza, paciencia y el tiempo que me ha brindado en todo el proceso de esta investigación.

A la Mg. Carolina Rayme Chalco, por su ayuda en el procesamiento e identificación de las muestras de macroinvertebrados, por sus aportes y sugerencias sobre el manuscrito original.

A Daniel Lucio Lahuanampa Lope, por su apoyo en todo momento, por su constante aliento para seguir adelante.

A todos los que me apoyaron en algún momento de este proceso, seguro que se me olvidan muchos nombres, pero su aporte estuvo ahí en cada línea que escribí.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes de la investigación	3
2.2. Marco conceptual	6
2.2.1. Río	6
2.2.2. Calidad ecológica	6
2.2.3. Índices de calidad	6
2.2.4. Índices bióticos	6
2.2.5. Macroinvertebrados acuáticos	6
2.2.6. Composición de la comunidad	6
2.2.7. Abundancia relativa	7
2.2.8. Calidad fisicoquímicos del agua	7
2.3. Bases teóricas	7
2.3.1. Río	7
2.3.2. Macroinvertebrados acuáticos	8
2.3.3. Parámetros fisicoquímicos	10
2.3.4. Índices de calidad biológica	11
III. MATERIALES Y METODOS	15
3.1. Lugar de ejecución	15
3.1.1. Ubicación política	15
3.1.2. Ubicación geográfica	15
3.2. Población y muestra	17
3.2.1. Población	17
3.2.2. Muestra	17
3.2.3. Unidad de observación	17
3.3. Sistema de muestreo	17

3.4.	Metodología y recolección de datos	17
3.4.1.	Ubicación de las zonas de muestreo	17
3.4.2.	Obtención de muestras de macroinvertebrados	18
3.4.3.	Características fisicoquímicas del agua	19
3.4.4.	Procesamiento de muestra	19
3.4.5.	Identificación de la muestra	19
3.4.6.	Determinación de la composición y abundancia relativa	19
3.5.	Cálculo de índices bióticos	19
3.5.1.	Índice Biótico de Familia (IBF)	19
3.5.2.	Cálculo del Índice Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT)	20
3.5.3.	Cálculo del Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP)	20
3.6.	Procesamiento y análisis de datos	20
IV.	RESULTADOS	22
V.	DISCUSIÓN	29
VI.	CONCLUSIONES	35
VII.	RECOMENDACIONES	36
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
	ANEXOS	41

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 <i>Puntajes de tolerancia de los macroinvertebrados según el Índice Biótico de Familia.</i>	12
Tabla 2 <i>Valores del Índice Biótico de Familia expresados en 7 clases de calidad de agua.</i>	13
Tabla 3 <i>Calidad del agua según los índices Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT).</i>	13
Tabla 4 <i>Puntajes de familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice (BMWP)/Col.</i>	14
Tabla 5 <i>Clases de calidad, significado de los valores del índice (BMWP)/Col, y colores a utilizar en representaciones cartográficas.</i>	14
Tabla 6 <i>Ubicación geográfica de las zonas de muestreo ubicado en el trayecto del río Pichari, Cusco 2022.</i>	15
Tabla 7 <i>Composición, abundancia total a nivel de familia de macroinvertebrados acuáticos en el río Pichari, La Convención, Cusco durante los meses de mayo a octubre de 2022.</i>	23
Tabla 8 <i>Puntajes y Categorías de calidad basados en macroinvertebrados acuáticos según Biological Monitoring Working Party (BMWP)/Col e Índice Biótico de Familia (FBI) y Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT) en el río Pichari por zonas y meses de muestreo, La Convención, Cusco durante los meses de mayo a octubre de 2022.</i>	27
Tabla 9 <i>Características fisicoquímicas (promedio y desviación estándar) para las aguas del río Pichari por zonas de muestreo, La Convención, Cusco durante los meses de mayo a octubre de 2022.</i>	28

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 <i>Mapa de ubicación de las zonas de muestreo en el curso del río Pichari, Cusco 2022.</i>	16
Figura 2 <i>Abundancia relativa (promedio y desviación estándar) a nivel de familia de macroinvertebrados acuáticos en el río Pichari, La Convención, Cusco durante los meses de mayo a octubre de 2022.</i>	24
Figura 3 <i>Abundancia relativa (promedio y desviación estándar) a nivel de familia de macroinvertebrados acuáticos por zonas de muestreo en el río Pichari, La Convención, Cusco durante los meses de mayo a octubre de 2022.</i>	25
Figura 4 <i>Abundancia relativa (promedio y desviación estándar) a nivel de familia de macroinvertebrados acuáticos por meses de muestreo en el río Pichari, La Convención, Cusco durante los meses de mayo a octubre de 2022.</i>	26

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Abundancias relativas (promedio y desviación estándar) a nivel de familia de la comunidad macroinvertebrada bentónica, río Pichari, La Convención, Cusco 2022.	42
Anexo 2. Abundancia relativa (promedio y desviación estándar) a nivel de familia de macroinvertebrados acuáticos en el río Pichari por zonas de muestreo, La Convención, Cusco de 2022.	43
Anexo 3. Resultado de la prueba de Kruk-Wallis que compara las abundancias relativas a nivel de familia de la comunidad macroinvertebrada bentónica en el río Pichari por zonas de muestreo, La Convención, Cusco de 2022.	44
Anexo 4. Abundancia relativa (promedio y desviación estándar) a nivel de familia de macroinvertebrados acuáticos en el río Pichari por meses de muestreo, La Convención, Cusco de 2022.	45
Anexo 5. Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis que compara la abundancia relativa a nivel de familia de macroinvertebrados acuáticos en el río Pichari por meses de muestreo, La Convención, Cusco durante los meses de mayo a octubre de 2022.	46
Anexo 6. Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis que compara los índices de diversidad y calidad de la comunidad macroinvertebrada bentónica para el río Pichari, La Convención, Cusco 2022.	47
Anexo 7. Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis que compara las características fisicoquímicas de las aguas del río Pichari, La Convención, Cusco 2022.	48
Anexo 8. Formula tamaño muestral para una proporción en una población infinita.	49
Anexo 9. Imágenes de toma de muestra de macroinvertebrados acuáticos en la zona I (altura del puente Paraíso – antes de la ciudad).	50
Anexo 10. Imágenes de toma de muestra de macroinvertebrados acuáticos en la zona II (antes de la ciudad).	51
Anexo 11. Imágenes de toma de muestra de macroinvertebrados acuáticos en la zona III (inicio de la ciudad).	52

- Anexo 12.** Imágenes de toma de muestra de macroinvertebrados acuáticos 53 en la zona IV (durante la ciudad).
- Anexo 13.** Imágenes de toma de muestra de macroinvertebrados acuáticos 54 en la zona V (después de la ciudad).
- Anexo 14.** Imágenes de la colecta de muestra de la comunidad 55 macroinvertebrada en bolsas de polietileno conteniendo alcohol al 96% y la determinación in situ de los principales parámetros mediante un dispositivo multiparamétrico en el río Pichari.
- Anexo 15.** Selección de macroinvertebrados de otros materiales no 56 deseados (hojas de plantas, arena, etc.), utilizando bandejas de plástico, lupas y pinzas; donde se colocaron las muestras y su posterior identificación mediante la ayuda de un estereoscopio que permitió la visualización de características morfológicas de interés taxonómico.
- Anexo 16.** Principales familias del orden Diptera encontrados en el río 57 Pichari, durante los meses mayo a octubre de 2022.
- Anexo 17.** Principales familias del orden Trichoptera encontrados en el río 58 Pichari, durante los meses mayo a octubre de 2022.
- Anexo 18.** Principales familias del orden Ephemeroptera, Coleoptera, 59 Odonata, Plecoptera, Hemiptera y encontrados en el río Pichari, durante los meses mayo a octubre de 2022.
- Anexo 19.** Matriz de consistencia. 60

RESUMEN

Los ríos, tienen una gran importancia para diferentes actividades que desarrolla el hombre, consumo humano, industria, agricultura, diversión, entre otros. La finalidad de este trabajo de investigación fue determinar la calidad biológica del río Pichari mediante el índice Biótico de familia (IBF), índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) e índice Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT, basado en la composición y estructura de macroinvertebrados acuáticos presentes en el río Pichari. El área de estudio incluyó el curso del río desde antes y después de la ciudad de Pichari. Se establecieron cinco zonas de muestreo, las colectas de muestras fueron mensuales desde mayo a octubre de 2022. Se empleó la red Surber adaptada, con un espacio de muestreo de 1200 cm², Las mediciones fisicoquímicas se llevaron a cabo utilizando un dispositivo multiparamétrico marca YIERYI modelo e2-9908 portable. Se registró nueve órdenes; Trichoptera, Diptera, Ephemeroptera, Coleoptera, Megaloptera, Plecoptera; Hemiptera, Lepidoptera y Odonata pertenecientes a la clase Insecta; adicionalmente un representante de la clase Gasterópoda. El río Pichari presentó de acuerdo al índice IBF aguas catalogadas de calidad muy buena a buena, para EPT, son catalogadas de calidad buena a regular, para BMWP, son catalogadas de calidad buena a aceptable. Estas catalogaciones son para todas las zonas y meses de muestreo. El pH, la conductividad eléctrica y los sólidos disueltos totales presentan valores similares en las cinco zonas de muestreo en cuanto a los valores de temperatura varían entre las cinco zonas de muestreo.

Palabras clave: Bentos, calidad del agua, índices bióticos

I. INTRODUCCIÓN

Los ríos son ecosistemas vitales que proporcionan una rica biodiversidad y proveen servicios esenciales a la sociedad (Gonzales del Tánago & García de Jalón, 2007).

Hoy en día están siendo expuestos a diferentes factores que ha generado un deterioro ecológico y que se encuentran alterados en su cantidad y calidad de sus aguas, y que está relacionado con las actividades antrópicas (ocupación de las riberas, deforestación, urbanización, minería y las descargas de aguas residuales y domésticas), como consecuencia se haya alterado su equilibrio natural como se reflejan en los parámetros fisicoquímicos de sus aguas y en las comunidades acuáticas determinando su presencia, abundancia y ausencia (Figueroa *et al.*, 2003). En el Valle del Río Apurímac y Ene (VRAEM), uno de los ríos conocido como el río Pichari, que atraviesa por el centro urbano de la ciudad está expuesta a las diferentes actividades antrópicas (recreación, aseo entre otros), que con el pasar del tiempo puede estar alterado la calidad de aguas y podría dañar no solo la salud del ecosistema sino también la salud de la población que depende de este recurso. Este estudio se centra en la evaluación de la calidad ecológica del río Pichari, utilizando macroinvertebrados como bioindicadores y los índices biológicos como el EPT, BMWP y EPT, para determinar el estado de salud del río, complementando con la evaluación fisicoquímica del agua para obtener una visión integral del estado actual del río Pichari.

Objetivo general

Evaluar la variación de la calidad biológica basados en macroinvertebrados acuáticos Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT), Biological Monitoring Working Party (BMWP) e Índice Biótico de Familia (IBF) en el curso del río Pichari por la ciudad del mismo nombre, ubicado en el distrito de Pichari, provincia de La Convención, en el departamento de Cusco durante los meses de mayo a octubre de 2022.

Objetivos específicos

1. Determinar la composición a nivel de familia de la comunidad macroinvertebrada acuática del río Pichari en su trayecto por la ciudad del mismo nombre.
2. Determinar la abundancia relativa a nivel de familia de la comunidad macroinvertebrada acuática del río Pichari en su trayecto por la ciudad del mismo nombre.
3. Determinar los índices de calidad Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT), Biological Monitoring Working Party (BMWP) e Índice Biótico de Familia (IBF), para estimar la calidad ecológica del río Pichari, durante los meses de mayo a octubre del 2022.
4. Comparar las cinco zonas de muestreo según la calidad ecológica del río Pichari mediante los índices Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT), Biological Monitoring Working Party (BMWP) e Índice Biótico de Familia (IBF), durante los meses de mayo a octubre del 2022.
5. Determinar las características fisicoquímicas del agua del río Pichari durante los meses de mayo a octubre del 2022.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Romero & Tarrillo (2017) en una investigación realizada en la quebrada de Chambag, Santa Cruz, Cajamarca (Perú). Determinaron la calidad del agua de la sub cuenca hidrográfica de Achamayo, con la utilización de macroinvertebrados como bioindicador, donde ubicó cinco zonas de muestreo, durante agosto a diciembre 2016 y marzo 2017. Registrándose un total de ocho órdenes y 17 familias de macroinvertebrados bentónicos, teniendo los órdenes más destacados Diptera, Ephemeroptera y Coleoptera. Los índices de EPT se designaron una calidad de agua pobre en las cinco zonas de muestreo, con respecto con el índice BMWP, en la zona QC-R se catalogó de calidad ligeramente contaminada, en las zonas QC-01, QC-02 se catalogó de calidad dudosa y las zonas QC-03, QC-04, catalogándose de calidad crítica, este último índice guarda relación con los resultados del índice ABI, con un calidad buena, moderada y mala respectivamente.

Rodríguez *et al.* (2016) en una investigación realizada en el río Puyo, Amazonía Ecuatoriana, sobre la calidad ambiental del medio hídrico relacionado con macroinvertebrados como biota acuática indicadora y su relación con parámetros físico-químicos. Lograron Identificar 14 órdenes, 40 familias y 2 808 individuos en las cuatro zonas; la familia con mayor número de individuos fue Leptohyphidae con 23,3%, seguido por Hydropsychidae con 18,7 y de los órdenes Ephemeroptera con 31,9 % y Trichoptera con 31,9. Mayor abundancia de individuos, se registró en la zona 1, 2 y 4 de familias que pertenecen a los órdenes Ephemeroptera con 35,0%; 22,2 % y 48,9% del total de individuos y Trichoptera con 27,4%; 36,3% y 34,6% del total de individuos. En cambio, en la zona 3 se registró mayor número de familias pertenecientes al orden Diptera 32,0%, seguido de Ephemeroptera 24,4% y anélidos de la clase Oligochaeta 18,1%. En la

determinación de la calidad de agua, para el caso de IBMWP-CR en la zona 3 (La Isla) se registró un valor promedio de 42 puntos, catalogándose aguas de calidad dudosa, donde los órdenes más representativos fueron Diptera familia Chironomidae, Ephemeroptera y Haplotoxida o clase Oligochaeta familia Tubificidae y en la zona 1 (Fátima) se registró con un promedio de 117 puntos, catalogándose agua de calidad buena siendo los órdenes más representativos: Ephemeroptera y Trichoptera, aguas de buena calidad. Los valores obtenidos para los índices BMWP-CR y IBF-SV mostró una disminución en la calidad del agua entre las zonas 1 (Fátima) y 3 (La Isla), y una posterior recuperación en el índice IBF-SV al llegar a la zona 4 (Unión Base).

Cavalcanti (2014), menciona que, en los ríos, Kaschiroveni, Kimbiri y San Luís, Distrito de Kimbiri, Provincia de La Convención, Departamento de Cusco (Perú). Se registró 29 familias y 39 géneros, pertenecientes a la clase Insecta y sus órdenes más representativos Diptera, Plecoptera, Ephemeroptera, Lepidoptera, Coleoptera, Neuroptera, Trichoptera, Hemiptera y Odonata. De acuerdo a los índices bióticos para el río Kaschiroveni presentó una calidad regular a buena de los índices EPT y BMWP y calidad excelente para el índice IBF; en cambio para el río Kimbiri es catalogado aguas de buena calidad para los índices EPT y BMWP, en cambio de muy buena calidad para el índice IBF, sin embargo, para el río San Luis fue catalogada aguas de buena calidad para los índices EPT y BMWP y de calidad excelente para IBF calidad. Según los índices de Shannon Wiener y Pielou, muestra similitud para los tres ríos ($p > 0,05$). Para las características fisicoquímicas para los tres parámetros presentaron características similares.

Salcedo *et al.* (2013) en una investigación realizada en la microcuenca San Alberto provincia de Oxapampa, Pasco. Se registró 123 taxones de un total de 47 familias, en la cuenca alta 101 taxones, en la cuenca media 77 y en la cuenca baja 55. Se determinó los órdenes más abundantes en la cuenca alta fue Trichoptera y Ephemeroptera con un valor de 49,88% y 28,58% respectivamente, en caso de familias los más abundantes fueron Leptoceridae y Baetidae con 31,13 % 25,58%. Para el caso de la cuenca media, los órdenes que más abundaron fueron Ephemeroptera y Diptera con 53,53% y 41,12 % y así lo mismo las familias más abundantes estuvieron representadas por Baetidae, Chironomidae y Simuliidae con 53,44%; 30,01% y 9,01% respectivamente. En cambio, para la cuenca baja, los órdenes abundantes también fueron Ephemeroptera y Diptera con 53,53% y 41,12% y las familias más abundantes estuvo conformada por Baetidae y

Chironomidae con valores de 55,80% y 35,75%. Se calcularon los parámetros fisicoquímicos donde la cuenca alta y media obtuvieron valores altos para en caso de pH. Para el caso de temperatura se obtuvieron valores diferentes de acuerdo el curso de la cuenca, presentándose así valores menores en la cuenca baja. En caso de concentración de oxígeno disuelto los valores fueron mayores en la cuenca baja a comparación con la cuenca alta y media. Se obtuvieron valores altos en la cuenca alta en comparación con la baja para conductividad eléctrica. Los valores altos para sólidos disueltos totales (SDT), se reportaron en la cuenca baja a diferencia de la cuenca alta y la media. Finalmente, la turbidez se reportó con un valor alto en la cuenca baja y diferencia del resto.

En la sub cuenca de Achamayo, Concepción, Junín, se realizó un estudio para determinar la calidad de agua mediante la aplicación de los índices bióticos (EPT, IBF, BMWP) y biodiversidad (Shannon–Weaver, Simpson, riqueza). Se realizó la relación de los índices biológicos y los parámetros fisicoquímicos. Teniendo la diferencia en calidad de agua entre buena y mala según el índice EPT, además comparten la similitud con índice IBF, siendo más efectivo la determinación de la calidad del agua en el estudio. Se registró 6 clases, 12 órdenes y 18 familias, donde la clase Insecta fue el más abundante, con siete órdenes en todo el estudio de la sub cuenca. Además, se determinó la relación de los índices biológicos y los parámetros fisicoquímicos llegando a la conclusión que es significativa según la correlación de Pearson, donde indica que los macroinvertebrados acuáticos son bioindicadores de la calidad del agua en sub cuenca Achamayo (Soto, 2013).

Tinco (2024), Menciona que los ríos de Pichari y dos de sus tributarios (río Amargura y Kinkori), donde se establecieron seis zonas de muestreo, cuatro en río Pichari, uno en ríos Amargura al igual que Kinkori. Donde se registró 57 taxones identificados hasta género o familia, con valores altos para el río Pichari, seguido de río Amargura y Kinkori, desde enero a mayo de 2015. La clase Insecta fue la más representativa con los órdenes más abundantes tales como Ephemeroptera, Coleoptera, Plecoptera, Lepidoptera, Megaloptera, Trichoptera, Odonata, Hemiptera, Gastropoda y Diptera. Por otro lado, de acuerdo al índice bióticos BMWP/Col el río Pichari tanto sus dos tributarios registraron valores estadísticamente diferentes ($p < 0.05$). Los altos valores promedios para los índices de diversidad de Simpson y Shannon Wiener fueron registrados en el río Amargura ($p < 0.05$), sin embargo, para Simpson fue [semejante o igual ($p > 0.05$)] en los tres ríos. Los parámetros fisicoquímicos (Conductividad eléctrica, turbidez y

temperatura), estadísticamente fue diferente ($p < 0.05$) al comparar los ríos, con valores altos en el río Pichari y menores en el río Amargura.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Río

Son corrientes naturales de agua que fluyen en una dirección definida desde su origen (manantiales o deshielos) hasta desembocar en otro río, lago, mar u océano (Encalada, 2010).

2.2.2. Calidad ecológica

Se refiere a la salud y el estado de los ecosistemas acuáticos, como ríos, lagos y estuarios. El monitoreo y la gestión adecuada de estos aspectos son esenciales para preservar y mejorar la calidad ecológica de los ecosistemas acuáticos, puede ser estimado mediante índices basados en comunidades acuáticos (Feijoó, 2021).

2.2.3. Índices de calidad

Los índices de calidad aparecen como una herramienta sencilla para evaluar recursos hídricos clave en los procesos de toma de decisiones de política pública y para monitorear su impacto (Torres et al., 2009).

2.2.4. Índices bióticos

Utilizada para evaluar la salud o integridad de un ecosistema como base la presencia, abundancia o diversidad de los organismos vivos. Es por eso que se asignan puntuaciones a grupos de macroinvertebrados dentro de la muestra en función de su resistencia a contaminantes específicos. Los más tolerantes reciben puntuaciones más bajas y los más sensibles reciben puntuaciones más altas. Es la suma de todas estas puntuaciones, muestra la calidad de este ecosistema (Badii et al., 2005).

2.2.5. Macroinvertebrados acuáticos

Los macroinvertebrados acuáticos son un grupo diverso de invertebrados, son fáciles de ver sin un microscopio y también alimentan a animales más grandes (Roldán, 1993). Debido a que son sensibles a los cambios externos que afectan la composición de las poblaciones, pueden utilizarse para el biomonitoreo (Roldán, 2003).

2.2.6. Composición de la comunidad

Es la totalidad de organismos de todas las especies que ocupan un determinado espacio denominado hábitat, proporcionado de las condiciones ambientales necesarias para su supervivencia, el análisis se puede basar en categorías taxonómicas de mayor jerarquía (órdenes, familias y géneros) (Castro & Suárez, 2011).

2.2.7. Abundancia relativa

Es la relación entre una especie o taxón y todas las especies o taxones presentes en un área, que determina cuán común o rara es una especie en comparación con otras especies en una comunidad biológica o un espacio específico (Rodríguez, 2013).

2.2.8. Calidad fisicoquímicos del agua

Conforman parámetros físicos, como la temperatura, el olor, el sabor y el color, y químicos (cloruros, alcalinidad, dureza total, dureza cálcica, dureza magnésica entre otros) del agua (Molina & Vila, 2006). El pH, la conductividad eléctrica, el oxígeno disuelto y la temperatura son los parámetros a los que los organismos son más sensibles (Roldán, 1998).

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Río

Corriente natural de agua que fluye constantemente y desemboca en lago o mar, tiene unas características comunes a todos los ecosistemas acuáticos, es un sistema pulsante y abierto porque está en constante movimiento e intercambio con otros ecosistemas adyacentes. a las orillas del río.(Pimentel, 2014), También se considera un sistema de funcionamiento continuo porque son una colección de sistemas interconectados longitudinalmente donde los procesos a nivel de ecosistema son el resultado de procesos aguas abajo (De Vicuña et al., 1983). Además, los ríos son receptores de desechos humanos, estos dos factores son los determinantes en el cambio del río y su cantidad y calidad, lo que conlleva a problemas como degradación y pérdida de hábitat, cambios en la biodiversidad, problemas de salud (Bustamante et al., 2016).

a) Origen de los ríos

El origen de los ríos es muy variado. En zonas volcánicas, la acumulación de lava puede formar canales que llevan el agua de lluvia o el deshielo a través de ellos. La mayoría de los ríos se forman en madrigueras debido a la fuerza del agua que fluye por el suelo. El agua de lluvia busca la presión natural y comienza a escurrirse por las zonas más susceptibles hasta llegar a los puntos más bajos y valles. La erosión gradual de los arroyos a lo largo de miles de años conduce a la formación de cañones profundos y fácilmente observables. En los Andes, cientos de arroyos emergen de los lagos que se formaron durante el proceso de deshielo de los picos nevados (Roldán, 2008).

b) Naturaleza del lecho de los ríos

El lecho está formado por diferentes tipos de subsuelo, desde piedras o rocas hasta arenas muy finas y arcillas. Determinar el tipo de sustrato del lecho es muy importante porque de él depende el desarrollo de la vegetación marginal y de ciertos organismos bentónicos (Roldán, 2008).

c) Ríos urbanos

Los ríos urbanos son uno de los peores sistemas porque se ven afectados por diferentes fuentes de contaminación, tanto puntuales como difusas. Reciben abundantes escorrentías residuales e industriales y por tanto grandes cantidades de nutrientes y materia orgánica (Pavé & Marchese, 2005).

2.3.2. Macroinvertebrados acuáticos

Son animales sin columna vertebral y son visibles a simple vista sin la necesidad de un microscopio, habitan en ríos profundos, lagos y lagunas con piedras, materia orgánica y troncos. Incluyen insectos, crustáceos, moluscos, gusanos y otros organismos pequeños. La mayoría son larvas de insectos como Plecoptera, Ephemeroptera, Trichoptera, Coleoptera y Diptera (Palma, 2013). (Roldán, 2003), en él menciona que estos organismos son importantes indicadores de la calidad del agua debido a su sensibilidad a cambios en el ambiente.

a) Importantes órdenes de macroinvertebrados

• Orden Ephemeroptera

Conocidas como moscas de mayo que habitan en aguas bien oxigenadas y limpias, sólo algunas pueden tolerar algún grado de contaminación, por lo general son considerados indicadores de buena calidad del agua (Roldán, 1988). Las ninfas son acuáticas y pueden vivir en ríos, arroyos, lagos y estanques. Se alimentan de detritos orgánicos y algas y son fuente importante de alimento para peces y otros animales acuáticos (Ladrera, 2012).

• Orden Plecoptera

Llamadas también moscas de piedra, las ninfas son acuáticas viven en aguas rápidas bien oxigenadas, debajo de piedras, troncos, ramas y hojas; es por esta razón que se considera excelentes bioindicadores de la calidad del agua. Después de desarrollarse las alas trenzadas, los adultos se reproducen y dispersan fuera de agua, y las ninfas presentan aparatos masticadores y se alimentan de otros macroinvertebrados (Fernández & Domínguez, 2001).

• Orden Trichoptera

Son insectos holometábolos cuyas larvas viven en todo tipo de hábitats (lóticos y lénticos). Son herbívoros o depredadores; todos tienen glándulas púbicas que

secretan seda o que utilizan para construir trampas y redes en los que tejen para cazar sus alimentos, además desarrollaron varios hábitos, algunos son predadores otros son detritívoros o herbívoros. Debido a su alta diversidad y a que las larvas tienen diferentes rangos de tolerancia y dependiendo de la familia a la que pertenecen, son indicadores biológicos muy útiles de la calidad del agua y la salud de los ecosistemas (Domínguez & Fernández, 2009).

- **Orden Coleoptera**

Los coleópteros acuáticos viven en las aguas interiores del lótico y léntico, tienen una metamorfosis completa. En zonas inundables, en sustratos como troncos, hojas en descomposición, grava, piedras, arena y vegetación sumergida y emergente. Aunque los escarabajos de agua no suelen alcanzar altas densidades, son importantes en la cadena alimentaria; muchas especies son fuente de alimento para peces y anfibios, mientras que otras son depredadores importantes, y otras se alimentan de algas o desechos orgánicos, la zona con mayor cantidad es de aguas poco profundas, la velocidad del flujo no es fuerte, el agua está limpia, el contenido de oxígeno es alto y la temperatura es moderada (Roldán, 1988).

- **Orden Diptera**

Comúnmente conocido como moscas, presenta una metamorfosis completa pueden encontrarse en casi todos los ambientes y tienen dietas variadas que van desde néctar y la sabia de las plantas hasta la sangre y la materia orgánica en descomposición (Lopretto & Tell, 1995). Son de gran importancia ecológica y médica ya que pueden actuar como polinizadores, descomponedores y vectores de enfermedades (Roldán, 1988).

- **Orden Odonata**

Los odonatos habitan en estanques, pantanos, orillas de lagos y arroyos lentos y poco profundos, a menudo rodeados de abundante vegetación acuática sumergida o emergente. Viven en aguas claras o ligeramente eufóricas (Roldán, 1988).

- **Orden Megaloptera**

En su mayoría son acuáticos, tienen una metamorfosis completa, presentan mandíbulas grandes y se caracterizan por su alta agresividad. Poseen branquias traqueales y espiráculos para absorber el oxígeno disuelto del agua, así como el aire atmosférico, por lo que toleran una amplia gama de condiciones ambientales y se consideran indicadores ecológicos no oficiales (Domínguez & Fernández, 2009).

b) Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos

En lo actual, se utilizan como indicadores del estado saludable o ecológico del río, el estudio de los macroinvertebrados no solo se refiere a las propiedades físico-químicas de los cuerpos de agua, sino también a la conexión de los procesos ambientales con los sistemas de flujo, la erosión, la estabilidad de riveras, etc. lo cual concuerda con (Lino *et al.*, 2004), que menciona que los macroinvertebrados acuáticos son buenos indicadores de impactos producidos por sólidos en suspensión en los andes de Bolivia, lo cual resalta la importancia de su eficaz estudio (Pimentel, 2014). Se ven afectados por diversos procesos físicos y químicos, por lo que el flujo de agua también cambia la estructura y composición de las comunidades acuáticas. Por esta razón los macroinvertebrados se utilizan como bioindicadores de la calidad del agua (Forero, 2017).

Los rasgos característicos que califican a los macroinvertebrados como buenos indicadores de la calidad del agua incluyen su amplia distribución (geográficamente y en diferentes tipos de ambientes), alta riqueza de especies y diferentes respuestas a los gradientes ambientales. Tienen una vida sedentaria, lo que permite el análisis de zonas contaminadas, y en otros casos, la posibilidad de utilizar la aeronave (deriva) como indicador de contaminación (Bonada *et al.*, 2006).

2.3.3. Parámetros fisicoquímicos

a) pH

Se define como la medida de la concentración molar del ion hidrogenión en un medio acuoso. El pH mide la intensidad de acidez o alcalinidad en el agua (Prieto, 2004). El pH influye significativamente en la presencia de comunidades de flora y fauna en los cuerpos de agua, afecta a la toxicidad de determinados compuestos, como el amoníaco, los metales pesados, el sulfuro de hidrógeno entre otros (Margalef, 1984).

b) Conductividad eléctrica

Capacidad de una solución acuosa para conducir una corriente eléctrica. La energía depende de la presencia de iones, su concentración total, movilidad, valencia, y su temperatura. Las soluciones de materia orgánica suelen ser muy móviles y las moléculas orgánicas que no se separan de la solución acuosa contribuyen poco o nada al flujo (Chapman, 1996).

c) Sólidos disueltos Totales

Se refieren a la cantidad de sustancias solubles en un líquido, estos sólidos incluyen sales, minerales, metales y otros compuestos que están disueltos en el

agua. Los SDT son un parámetro importante en la calidad del agua, ya que afectan el sabor, la corrosividad y la capacidad de potabilización del agua. Además se dividen en sólidos disueltos totales inorgánicos (sales y metales) y orgánicos (compuestos derivados de la materia orgánica) (Roldán, 2003).

d) Temperatura

Es la medida de calor o energía térmica de partículas en una sustancia. La temperatura del agua tiene mucha importancia ya que los organismos requieren determinadas condiciones para sobrevivir (estenotermos y euritermos). Este indicador influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico, como el pH, el OD, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas (IDEAM, 2001).

2.3.4. Índices de calidad biológica

Herramientas para evaluar el estado de los ecosistemas acuáticos, especialmente en cuerpos de agua como ríos y lagos. Estos índices se basan en la presencia y abundancia de organismos biológicos, utilizados a nivel mundial.

a) Índice biótico de familias (IBF)

Esta metodología es de tipo cuantitativa, que consiste en la identificación de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos basándose en la presencia y abundancia de familias, conocer los puntajes asignados que reflejan su tolerancia a la contaminación (Tabla 1) (Muñoz, 2016) (Bullón, 2016):

$$IBF = \frac{\sum n_i t_i}{N}$$

Donde:

N: Número total de organismos en la muestra

ni: Número de individuos en una familia.

ti: Puntaje de tolerancia de cada familia.

Tabla 1

Puntajes de tolerancia de los macroinvertebrados según el Índice Biótico de Familia.

ORDEN O CLASE	FAMILIA	VALOR TOLERANCIA
Diptera	Athericidae	2
	Blephariceridae	0
	Ceratopogonidae	6
	Chironomidae (rojos)	8
	Chironomidae (rosados)	6
	Dolichopodidae	4
	Empididae	6
	Muscidae	6
	Psychodidae	10
	Simuliidae	6
	Tabanidae	6
	Tipulidae	3
Plecoptera	Gripopterygiidae	1
	Perlidae	1
Ephemeroptera	Baetidae	4
	Leptophlebiae	2
	Trycorythidae	4
Coleoptera	Helmidae	4
	Psephenidae	4
Megaloptera	Corydalidae	3
	Sialidae	4
Trichoptera	Glossosomatidae	0
	Helicopsychidae	3
	Helicophidae	6
	Hydropsychidae	4
	Hidrobiosidae	0
	Hydroptilidae	4
	Leptoceridae	4
Basommatophora	Amnicolidae	6
	Lymnaeidae	6
	Physidae	8
	Chiliniidae	6
Haplotaxida		10
Lumbriculida		8
Hirudinea		10

(Hilsenhoff, 1988)

El valor de tolerancia va desde 0 a 10, donde 0 indica que son organismos con menor tolerancia a la contaminación orgánica y 10 indica que son organismos con alta tolerancia a la contaminación orgánica (Muñoz, 2016).

Tabla 2

Valores del Índice Biótico de Familia expresados en 7 clases de calidad de agua.

CLASE	RANGOS DEL IBF	CALIDAD DEL AGUA	COLOR
I	< 3.75	Excelente	Celeste
II	3.76 – 4.25	Muy bueno	Azul
III	4.26 - 5.0	Buena	Verde
IV	5.01 - 5.75	Regular	Amarillo
V	5.76 - 6.50	Relativamente mala	Café
VI	6.51 - 7.25	Mala	Naranja
VII	> 7.26	Muy mala	Rojo

(Hilsenhoff, 1988)

b) Índice Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT)

Indicador utilizado en la evaluación de la calidad del agua en ríos y arroyos. Este índice es semicuantitativo que consiste en la presencia y abundancia de tres grupos de macroinvertebrados (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera), que son indicadores de la calidad de agua, debido a que son más sensibles a la contaminación (Forero, 2017).

Tabla 3

Calidad del agua según los índices Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT).

Número	Índice EPT (%)	Calidad del Agua
1	75 – 100	Muy Buena
2	50 – 74	Buena
3	25 – 49	Regular
4	0 – 24	Mala

(Carrera & Fierro, 2001)

c) Biological Monitoring Working Party (BMWP)

Este es un método rápido y sencillo para evaluar la calidad del agua, que asigna puntuaciones a diferentes grupos de macroinvertebrados según su sensibilidad a la contaminación, es de tipo cualitativo identificados en presencia y ausencia a nivel de familia (Roldán, 2016). La puntuación varía del 1 al 10 de acuerdo a su tolerancia a la contaminación (Tabla 4), familias con alta sensibilidad a la contaminación se asigna una puntuación de diez; mientras tolerantes a la contaminación, y se asigna una puntuación de uno. Sumatoria de puntajes de todas las familias en un lugar dado da el puntaje BMWP total (Tabla 5) (Muñoz, 2016).

Tabla 4

Puntajes de familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice (BMWP)/Col.

Familias	Puntuación
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hidridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae.	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Hydropsychidae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae.	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolycopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydraenidae, Hydrometridae, Noteridae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae	2
Tubificidae	1

(Roldán, 2016)

En la tabla 5, se muestra clases de calidad de agua del índice (BMWP)/Col, es el resultado que se obtiene al sumar los puntajes de las familias encontradas, según el resultado obtenido.

Tabla 5

Clases de calidad, significado de los valores del índice (BMWP)/Col, y colores a utilizar en representaciones cartográficas.

Clase	Calidad	Valor BMWP/Col	Significado	Color
I	Buena	> 150, 101-120	Agua muy limpia a limpias.	Azul
II	Aceptable	61-100	Agua ligeramente contaminada.	Verde
III	Dudosa	36-60	Agua moderadamente contaminada	Amarillo
IV	Crítica	16-35	Agua muy contaminada.	Naranja
V	Muy crítica	< 15	Agua fuertemente contaminada	Rojo

(Roldán, 2016)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El trabajo de investigación se realizó en el trayecto del río Pichari, ubicado aledaño a la ciudad del mismo nombre.

3.1.1. Ubicación política

País : Perú
Región : Cusco
Provincia : La Convención
Distrito : Pichari
Lugar : Río Pichari

3.1.2. Ubicación geográfica

Geográficamente la ubicación de las cinco zonas de muestreo (río Pichari) en sistema de coordenadas proyectada Universal Transversal de Mercator (UTM).

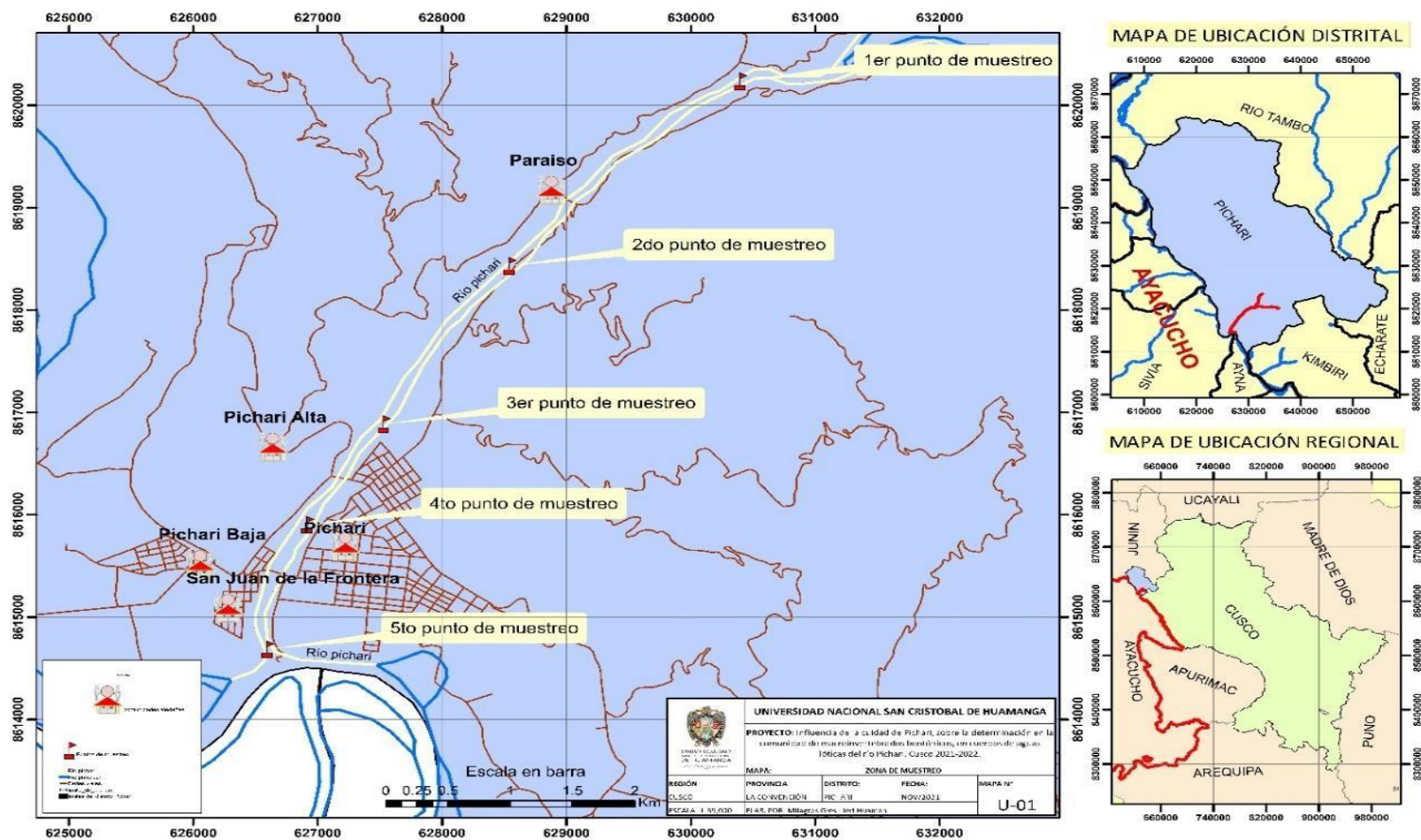
Tabla 6

Ubicación geográfica de las zonas de muestreo ubicado en el trayecto del río Pichari, Cusco 2022.

Zona muestreo	Coordenadas UTM		Altitud (m s.n.m.)	Descripción de la zona de muestreo
	Este	Sur		
I	628966	8618954	713	Antes de la ciudad
II	628414	8618269	675	Antes de la ciudad
III	627769	8617436	643	Inicio de la ciudad
IV	627063	8616030	603	Durante la ciudad
V	626550	8614943	567	Después de la ciudad

Figura 1

Mapa de ubicación de las zonas de muestreo en el curso del río Pichari, Cusco 2022.



3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Macroinvertebrados acuáticos y agua del río Pichari, desde la zona I que comprende según las coordenadas UTM (este 628966 – sur 8618954 y 713 m s.n.m.), hasta la zona V (este 626550 - norte 8614943 UTM y 567 m s.n.m.), durante los meses de mayo a octubre de 2022.

3.2.2. Muestra

60 colectas de macroinvertebrados acuáticos, colectados en las 5 zonas de muestreo a lo largo del río Pichari, durante 6 meses y con una frecuencia mensual, desde mayo a octubre de 2022. Las muestras fueron colectadas con repetición. El tamaño de la muestra fue calculado con la siguiente fórmula (Hernández et al., 2010).

$$n = \frac{Z_{1-\alpha}^2 * p * q}{d^2}$$

Donde

- Z: Nos muestra el nivel de confianza de 0,95
- p: 0,85 de la prevalencia de zonas catalogadas de buena calidad (tabla 8)
- q: Es la proporción de zonas contaminadas
- Con una precisión de 10% $\approx 0,1$
- Estimado el tamaño de muestra fue de: 48,9 pero se consideró 60 para obtener resultados más confiables.

3.2.3. Unidad de observación

Colecta de macroinvertebrados acuáticos del río Pichari.

3.3. Sistema de muestreo

Para las colectas de las muestras se consideraron las recomendaciones de Ramírez (1999), quien sugiere que el criterio personal debe prevalecer (determinístico), como la accesibilidad a los sitios de muestreo a lo largo del río.

3.4. Metodología y recolección de datos

3.4.1. Ubicación de las zonas de muestreo

El criterio de selección de las zonas fue de acuerdo a la presencia de la ciudad de Pichari con su respectivo UTM.

Zona I: Esta zona se encuentra antes de la ciudad con UTM (este 628966 – sur 8618954) con una altitud de 713 m s.n.m., donde no hay mucha intervención antrópica, se caracteriza por presentar una vegetación de tipo arbustiva en el borde del río y de porte arbóreo a 50 metros del margen del río, con especies de los géneros *Cecropia*, *Ficus*, *Oreopanax* y *Miconia* principalmente.

Zona II: Esta zona se encuentra al igual que la anterior antes de la ciudad con UTM (este 628414 – sur 8618269) con una altitud de 675 m s.n.m., caracterizada por una vegetación dominada por especies de tipo herbáceo (de la familia *Poaceae*) y arbustivo en el borde del río, acompañados por algunas especies arbóreas, en el borde y a 50 metros del borde del río, especies principalmente de los géneros *Cecropia*, *Ocotea* e *Inga*.

Zona III: Se encuentra a inicios de la ciudad con UTM (este 627769 – sur 8617436) con una altitud de 643 m s.n.m., aquí empieza la intervención antrópica, donde se observa pequeñas aglomeraciones humanas aledaño al río, caracterizada con una vegetación de tipo arbórea y arbustiva, compartiendo con la siguiente zona de especies de tipo herbáceo de géneros *Miconia*, *Ocotea*, *Inga*, *Morus* entre otros.

Zona IV: La zona IV que esta durante la ciudad con UTM (este 627063 – sur 8616030) con una altitud de 603 m s.n.m., observándose las actividades antrópicas como: (lavado de carros, aseos, recreación entre otros.). Presentando una vegetación dominante de tipo arbórea y arbustiva, acompañada de especies de tipo herbáceo de los géneros *Ocotea*, *Miconia*, *Cecropia*, *Inga*, *Morus* entre otros.

Zona V: Esta zona ubicada después de la ciudad con UTM (este 626550 – sur 8614943) con una altitud de 567 m s.n.m., donde recibe toda la influencia del centro urbano con una vegetación de tipo arbórea y herbácea principalmente, con especies de los géneros *Ocotea*, *Cecropia*, *Oreopanax* entre otros.

3.4.2. Obtención de muestras de macroinvertebrados

Para recolectar macroinvertebrados acuáticos, seguimos criterios que tuvieron en cuenta la similitud de las zonas de muestreo como el caudal, la profundidad y la presencia de sustrato. Las muestras se recolectaron utilizando una red tipo Surber adaptada (Arana *et al.*, 2020), con un área de 40 x 30 cm (1200 cm²) y con una luz de malla de 0,5 mm, se realizó la toma de dos muestras por cada zona de muestreo, con una frecuencia mensual que abarcó de mayo a octubre de 2022, donde cada muestra estuvo compuesta por cinco colectas y que estas constituyeron una muestra que luego fueron homogenizadas y transferidas en una bolsa de polietileno. El muestreo se realizó en zonas donde el río no tenía más de 40 cm de profundidad, sumergiendo la abertura de la red contra la corriente de agua y removiendo con las manos los componentes del lecho para que los organismos adheridos o debajo de ellos fueran arrastrados con la fuerza de la

corriente y arrastrados hacia el fondo de la red. Luego de su recolección, se colocaron en bolsas de polietileno y se les añadió alcohol al 96% y se etiquetó correctamente para su posterior traslado al Laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica (BioSIG) de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, para su procesamiento.

3.4.3. Características fisicoquímicas del agua

Las determinaciones de la calidad fisicoquímica del agua fueron in situ, se consideró las características de temperatura, conductividad, pH y sólidos disueltos totales, las que fueron determinadas mediante un dispositivo multiparamétrico de marca YIERYI modelo ez-9908 portable.

3.4.4. Procesamiento de muestra

Ya en el laboratorio, se tuvo el siguiente proceso de las muestras. Primero, se eliminó todo residuo no deseado (ramas, piedras, arena, hojas entre otros), donde se colocó en una bandeja plástica de 30 cm x 30 cm x 3 cm, y con la ayuda de una lupa y pinzas entomológicas, se separaron los organismos pertenecientes a la comunidad de los macroinvertebrados, para lo cual se tomó consideraciones de las similitudes morfológicas, se colocaron (previo conteo) en frascos viales que contenían alcohol al 96%.

3.4.5. Identificación de la muestra

Una vez seleccionado, con la ayuda de un estereoscopio, se visualizó las características de importancia taxonómica y mediante la ayuda de claves taxonómicas de Domínguez & Fernández (2009) y Roldán (1996), se identificó hasta la categoría de familia y se determinaron las abundancias por cada taxón. Las muestras identificadas posteriormente fueron puestas en recipientes de plástico (frascos) considerando la identificación taxonómica y preservados con alcohol al 96%.

3.4.6. Determinación de la composición y abundancia relativa

Teniendo la identificación de los organismos se realizó los conteos de los organismos por cada (familia), esto sirvió para representar la abundancia de los componentes de las comunidades acuáticas de macroinvertebrados acuáticos en porcentaje, teniendo de referencia al número total de organismos capturados en zona y fecha.

3.5. Cálculo de índices bióticos

3.5.1. Índice Biótico de Familia (IBF)

Para la estimación de este índice fue necesario disponer la siguiente información:

- Identificar organismos a nivel de familia.
 - Haber determinado la presencia de la familia por cada zona y mes de muestreo
- Para luego mediante el modelo matemático

$$IBF = \frac{\sum n_i t_i}{N}$$

Se estimó los valores mediante la ayuda del software Excel.

Finalmente teniendo en cuenta los puntajes obtenidos, se le asignó una categoría de calidad según la tabla 1.

3.5.2. Cálculo del Índice Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT)

Para la evaluación de este índice era necesario contar con la siguiente información:

- Identificar organismos a nivel de familia.
- Haber determinado la presencia y ausencia de tres grupos de tres grupos de macroinvertebrados (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera de la familia por cada zona y mes de muestreo.

Para luego mediante el modelo matemático:

$$\%EPT = \frac{(N^{\circ} \text{ de Ephemeroptera} + N^{\circ} \text{ de Plecoptera} + N^{\circ} \text{ de Trichoptera})}{N} * 100$$

Se estimó los valores mediante la ayuda del software Excel. Finalmente teniendo en cuenta la categorización que presente este índice, así como se observa en la tabla 3, asignar a cada zona de muestreo una categoría de calidad biológica.

3.5.3. Cálculo del Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP)

Para evaluar este índice fue necesario con la siguiente información.

- Identificar organismos a nivel de familia.
- Haber determinado la presencia y ausencia de la familia por cada zona y mes de muestreo.
- Cada familia recibe una puntuación que oscila entre 10 y 1. Con este método de puntuación es posible comparar la situación relativa entre zonas y meses de muestreo, tal como se observa en la tabla 4.

3.6. Procesamiento y análisis de datos

Se construyó una matriz de datos en el software SPSS 22, donde fueron procesados de acuerdo a los datos registrados de familias de macroinvertebrados y las características fisicoquímicas de las aguas, logrando estadísticos descriptivos de tendencia central y dispersión.

El análisis estadístico utilizado para la comparación de medias de las abundancias de las familias de los macroinvertebrados se empleó.

La prueba Kruskal- Wallis ($\alpha=0,05$), con la finalidad de detectar posibles diferencias entre las zonas de muestreo, de tal manera para los índices IBF, BMWP y EPT, así como para las características fisicoquímicas del agua, ya que los datos no presentan una distribución normal.

IV. RESULTADOS

Tabla 7

Composición, abundancia total a nivel de familia de macroinvertebrados acuáticos en el río Pichari, La Convención, Cusco durante los meses de mayo a octubre de 2022.

Clase	Orden	Familias	Zonas de muestreo					Mes de muestreo					Abundancia total (n°)			
			I	II	III	IV	V	May	Jun	Jul	Ago	Set		Oct		
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae													6906	
		Leptohyphidae													4228	
		Leptophlebiidae													2293	
		Oligoneuriidae													7	
	Odonata	Coenagrionidae													8	
		Libellulidae													14	
	Plecoptera	Perlidae													1765	
	Hemiptera	Naucoridae													52	
	Megaloptera	Corydalidae													297	
	Trichoptera	Calamoceratidae													2	
		Glossosomatidae													51	
		Hydrobiosidae													89	
		Hydropsychidae													3122	
		Leptoceridae													821	
		Limnephilidae													6	
		Odontoceridae													5	
	Lepidoptera	Crambidae													6	
	Diptera	Blephariceridae														11
		Ceratopogonidae														78
		Chironomidae														9574
		Dolichopodidae														15
		Empididae														6
		Psychodidae														53
		Simuliidae														5050
		Tipulidae														93
	Coleoptera	Elmidae														1556
		Hydrophilidae														5
		Psephenidae														115
		Ptilodactylidae														40
Gastropoda	Caenogastropoda	Thiaridae													1	
			24	26	26	28	26	26	21	26	26	25	24			

Presencia:



Ausencia:



Figura 2

Abundancia relativa (promedio y desviación estándar) a nivel de familia de macroinvertebrados acuáticos en el río Pichari, La Convención, Cusco durante los meses de mayo a octubre de 2022.

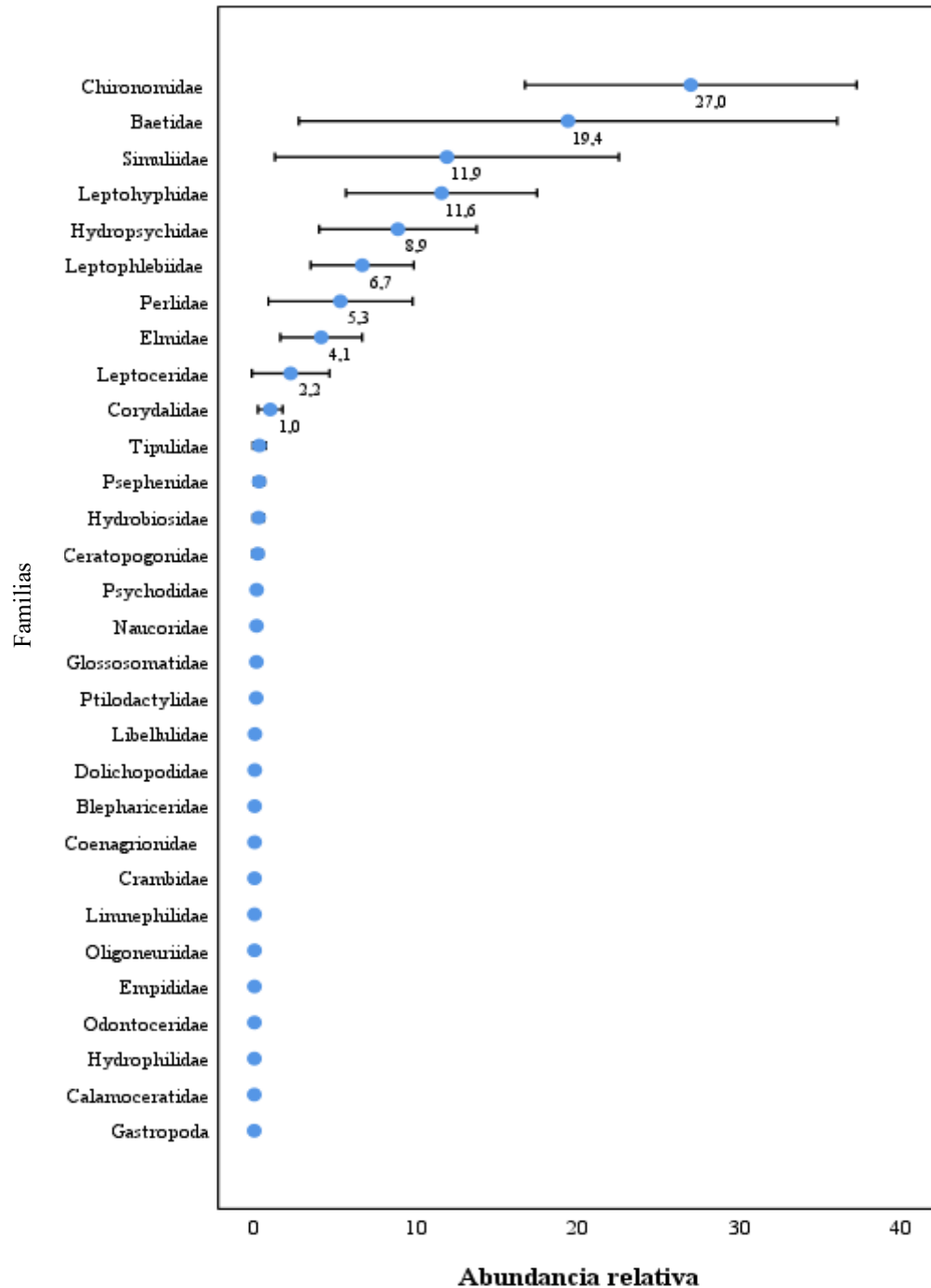


Figura 3

Abundancia relativa (promedio y desviación estándar) a nivel de familia de macroinvertebrados acuáticos por zonas de muestreo en el río Pichari, La Convención, Cusco durante los meses de mayo a octubre de 2022.

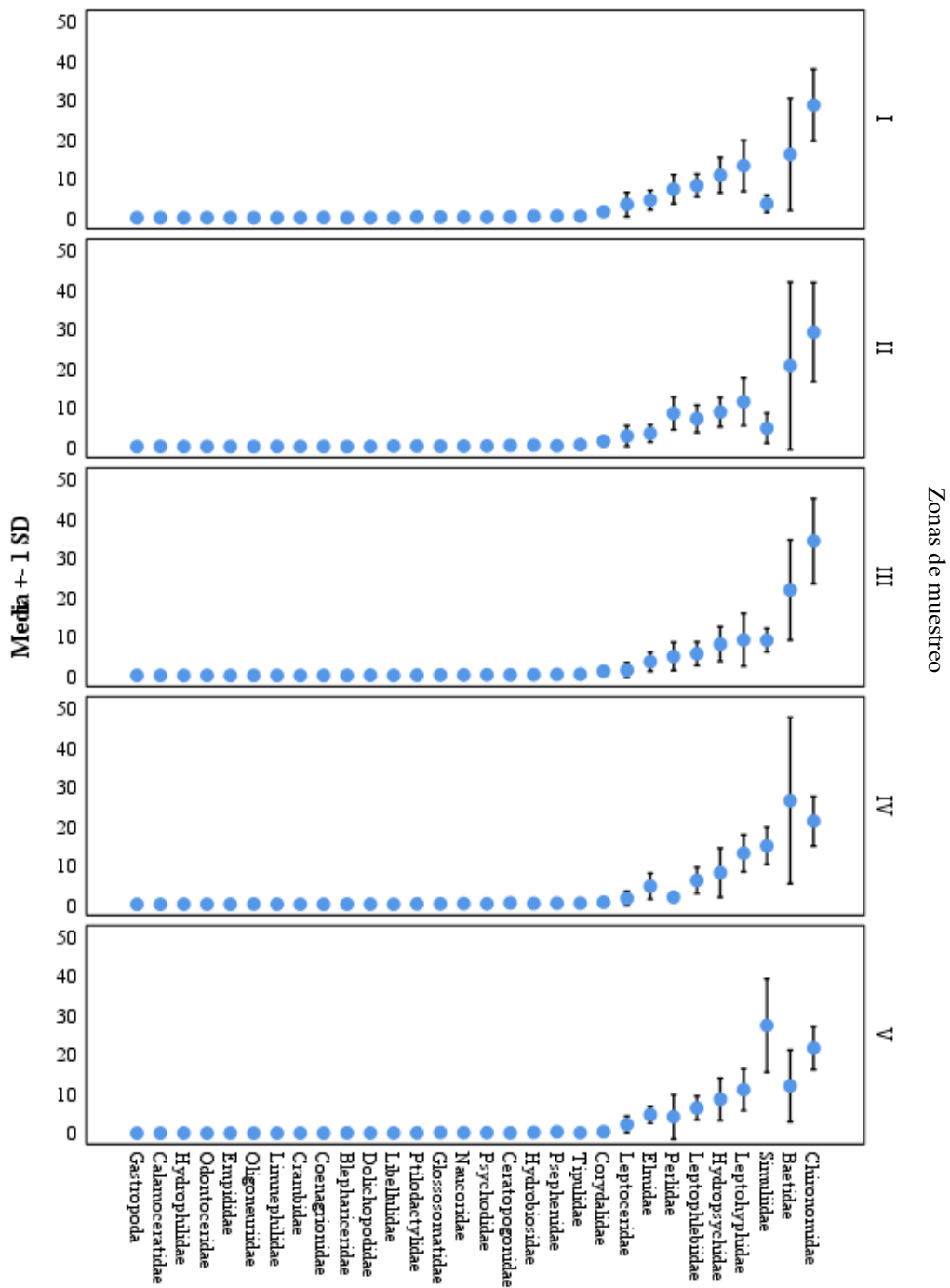


Figura 4

Abundancia relativa (promedio y desviación estándar) a nivel de familia de macroinvertebrados acuáticos por meses de muestreo en el río Pichari, La Convención, Cusco durante los meses de mayo a octubre de 2022.

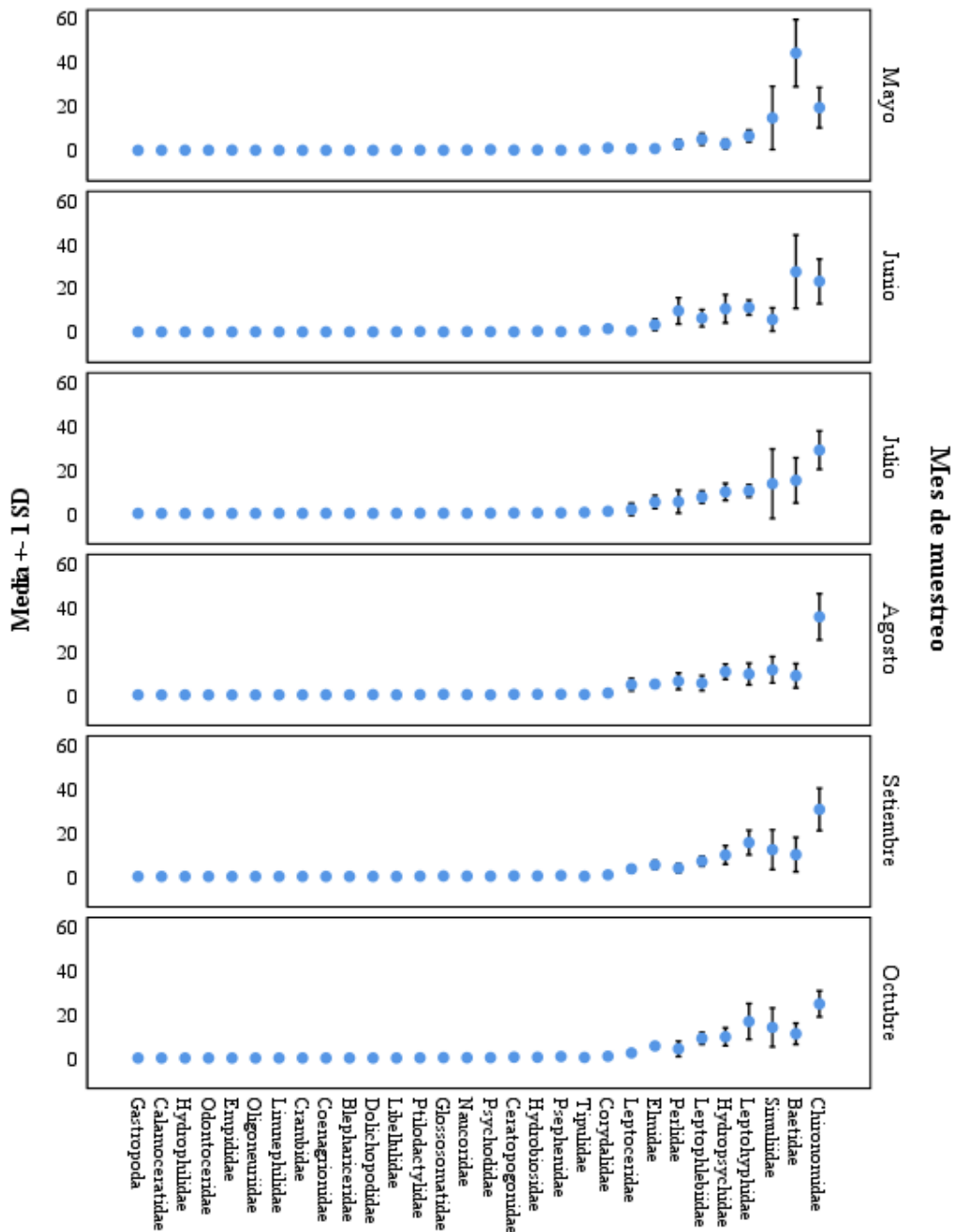


Tabla 8

Puntajes y Categorías de calidad basados en macroinvertebrados acuáticos según Biological Monitoring Working Party (BMWP)/Col e Índice Biótico de Familia (FBI) y Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT) en el río Pichari por zonas y meses de muestreo, La Convención, Cusco durante los meses de mayo a octubre de 2022.

Zonas/meses de muestreo			BMWP/Col		IBF		EPT	
			Puntaje	Categoría / Color	Puntaje	Categoría / Color	Puntaje	Categoría
Zonas	I	Media	103,08 (16,26)	Buena	3,93 (0,51)	Muy bueno	59,81 (10,45)	Buena
	II	Media	103,42 (14,62)	Buena	4,04 (0,54)	Muy bueno	59,76 (16,52)	Buena
	III	Media	104,25 (16,82)	Buena	4,53 (0,49)	Buena	50,98 (11,57)	Buena
	IV	Media	113,75 (19,65)	Buena	4,20 (0,18)	Buena	57,34 (10,96)	Buena
	V	Media	109,08 (11,23)	Buena	4,47 (0,39)	Buena	44,88 (8,43)	Regular
Sig. Asin.			0,560		0,007		0,010	
Meses	Mayo	Media	106,8 (22,0)	Buena	4,4 (0,3)	Buena	62,7 (15,2)	Buena
	Junio	Media	95,6 (16,4)	Aceptable	3,9 (0,6)	Muy bueno	65,5 (12,3)	Buena
	Julio	Media	99,3 (13,6)	Aceptable	4,4 (0,5)	Buena	50,1 (11,5)	Buena
	Agosto	Media	114,9 (10,3)	Buena	4,6 (0,4)	Buena	45,8 (10,4)	Regular
	Setiembre	Media	113,0 (13,9)	Buena	4,2 (0,3)	Muy bueno	49,9 (6,2)	Regular
	Octubre	Media	110,7 (9,7)	Buena	4,0 (0,5)	Muy bueno	53,3 (9,3)	Buena
Sig. Asin.			0,039		0,043		0,007	

Tabla 9

Características fisicoquímicas (promedio y desviación estándar) para las aguas del río Pichari por zonas de muestreo, La Convención, Cusco durante los meses de mayo a octubre de 2022.

Características fisicoquímicas	Zonas de muestreo					Sig. asin.
	I	II	III	IV	V	
pH	8,0(0,3)	7,9(0,4)	8,0(0,2)	8,2(0,2)	8,3(0,2)	0,101
Conductividad eléctrica (uS/cm)	101,0(10,8)	104,5(14,0)	104,8(13,0)	105,5(10,7)	103,8(11,8)	0,909
Sólidos disueltos totales (mg/L)	50,3(6,7)	53,2(7,0)	54,3(7,4)	54,7(5,7)	54,2(5,9)	0,552
Temperatura °C	19,9(0,6)	20,5(0,7)	20,8(0,5)	21,5(0,5)	21,5(0,4)	0,003

V. DISCUSIÓN

En la tabla 7, se muestra la composición y abundancia de macroinvertebrados acuáticos y el número total de individuos capturados, identificados a nivel de familia, por zonas (cinco) y meses de muestreo (seis) del río Pichari. Se colectó un total de 36 269 individuos, pertenecientes a 30 familias, comprendidos en 10 órdenes y dos clases (Insecta y Gastropoda), de los cuales 19 familias fueron comunes en todas las zonas y meses de muestreo. La clase Insecta representó el 99.9% de individuos capturados, además de ser la más diversa, ya que presentó 29 familias, mientras la clase Gastropoda solo presentó una familia. En la clase Insecta, el orden con mayor número de familias fue Díptera con ocho familias, seguido de Trichoptera con siete y Ephemeroptera con cuatro. Cavalcanti (2014), en una investigación en el río Kimbiri y dos de sus afluentes, se halló 29 familias, nueve órdenes, donde el orden Diptera fue la más abundante con siete familias, seguido por Trichoptera con seis, Coleoptera con cinco, estos resultados se asemejan a lo reportado en la presente investigación. De igual manera Tinco (2024), identificó la presencia de 36 familias, nueve órdenes, donde el orden Diptera fue la más diversa con 10 familias, en tres ríos del distrito de Pichari. Esta diversidad mencionada, se puede deber a la presencia de microhábitats determinado por diferentes tipos de sustrato (arena, roca, sedimentos, hojarascas y plantas acuáticas), además de diferentes profundidades y velocidad (Carvacho, 2012). En la referida tabla se observa que las familias Leptohyphidae, Perlidae, Hydropsychidae, Leptophlebiidae, Hydrophilidae, Simuliidae, Chironomidae y Baetidae, tuvieron una mayor abundancia y una amplia distribución espacial ya que fueron registrados en todas las zonas y meses de muestreo; probablemente debido a que dichos organismos presentan rangos de tolerancia que se adaptan a los factores ambientales y fisicoquímicas como la temperatura, pH, sólidos disueltos, entre otras (Domínguez & Fernández, 2009). En las zonas de muestreo

la presencia de individuos es distinto, según al número de taxones siendo así en la zona I (altura del centro poblado Paraíso) se halló 24 familias; en las zonas II, III y V, se halló 26 familias; en la zona IV (a la altura del puente ejército) se halló 28 familias, por lo que se podemos decir que, pese a que la comunidad estudiada se halla en el mismo curso del río, éstas varían en la presencia y ausencia de familias. Así mismo, se puede observar diferentes valores en cuanto al número total de individuos por familia, siendo Baetidae (Ephemeroptera), el que presentó mayor número con 6 906 individuos, seguido de Simuliidae (Diptera) con 5050 individuos y Hydropsychidae (Trichoptera) con 3 122. También es de resaltar que las familias Calamoceratidae, Odontoceridae, Hydrophilidae y Thiaridae presentaron menos de cinco individuos, esto podría deberse a que dichas familias presentan taxones con menores rangos de tolerancia que se adecuan a las condiciones medio ambientales de la zona. Ladrera (2012), afirma que las variaciones de la composición y abundancia de las comunidades es un hecho que ocurre a lo largo del periodo de un año, condicionado por las variaciones del hábitat en el cual se hallan, dentro de dichos factores se puede mencionar a la presencia e intensidad de las lluvias, cambios en la temperatura ambiental, entre los más importantes.

En la Figura 2, se muestra la abundancia relativa de las 30 familias de macroinvertebrados acuáticos que fueron hallados en el río Pichari, donde destaca la existencia de componentes que son comparativamente más abundantes que otros. Estas abundancias son muy variables ya que los valores de la desviación estándar (mostrados en forma de líneas en la parte superior de las barras) presentan valores elevados. Las familias Chironomidae y Baetidae, fueron los más abundantes con 27% y 19,4%, de igual modo las familias de Simuliidae, Leptohyphidae con 11,9 % y 11,6%, juntos representan un 69,9% de la abundancia total, de hecho estas familias se encontraron en todas las zonas de muestreo y durante los meses de muestreo; sin embargo el resto de las familias presentaron abundancias menores a 10 % a los que podríamos denominar como raras debido que algunas familias no se hallaron en todas las zonas ni los meses de muestreo. Molles (2007), menciona que los grupos de organismos más abundantes presentan ciertas ventajas en comparación con los menos abundantes, los que podría catalogarse como características adaptativas que les permite desempeñarse mejor bajo las condiciones en el cual se halla su hábitat. Bullón (2016), menciona que sus adaptaciones biológicas, están directamente

relacionados a su capacidad reproductiva, donde dichos organismos pueden recurrir a mayor cantidad de recursos alimenticios.

En la figura 3, muestra la abundancia relativa a nivel de familia de macroinvertebrados acuáticos en las cinco zonas de muestreo del río Pichari. En la zona I, II y III la familia Chironomidae (Diptera) fue la más abundante, en cambio en la zona IV fue Baetidae (Ephemeroptera) y en la zona V, la familia Simuliidae (Diptera). Sin embargo, las familias con abundancias menores fueron Oligoneuridae, Coenagrionidae, Calamoceridae, Limnephilidae, Odontoceridae, Crambidae, Blephariceridae, Empididae, Hydrophilidae y Thiaridae, que en muchos casos presentan valores próximos a cero. Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis, que se muestra en el Anexo 3, para comparar las abundancias de las familias según las zonas, se halló significancia estadística ($P < 0,05$) en solo siete de las 30 familias reportadas. Lo que quiere decir que las abundancias de dichas familias son diferentes según la zona del río, tal es el caso de Perlidae, Oligoneuridae, Libelulidae, Chironomidae, Corydalidae y Simuliidae. Lo mencionado anteriormente coincide con Miller (1994), sugiriendo que el aumento en su abundancia de algunas poblaciones puede ser resultado de las preferencias de determinados hábitats, falta de depredadores, acceso más fácil a alimentos, una combinación de ambos, sumado a ello a los posibles cambios que introduce la ciudad de Pichari, como el incremento de la concentración de materia orgánica. La familia Chironomidae es la más abundante y dominante. Posiblemente debido a que son organismos eurítipicos y que presentan rasgos de tolerancia más amplios que permiten incrementar su densidad Camacho (2010). Esto nos muestra que las condiciones ambientales cambian en el tramo del río estudiado, lo que son condicionantes de la presencia y abundancia de dichos organismos.

En la figura 4, muestra la abundancia relativa a nivel de familia de macroinvertebrados acuáticos en el río Pichari, por meses de muestreo (mayo a octubre de 2022), tiempo que se realizó el presente trabajo. Se observa que son pocas las familias dominantes y muchos los raros o poco abundantes, situación que es común en todos los meses de muestreo. En los meses de mayo y junio la familia que predomina fue Baetidae, en julio, agosto, setiembre y octubre predominó la familia Chironomidae. Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis (anexo 5), se halló significancia estadística ($P < 0,05$) en 13 de las 30 familias, como es el caso de Baetidae, Leptohyphidae, Glossosomatidae, Hydropsychidae, Leptoceridae, Odontoceridae, Chironomidae, Dolichopodidae, Empididae,

Psychodidae, Hydrophilidae, Elmidae y Psephenidae, lo que indica que sus abundancias difieren según los meses de muestreo. Mientras tanto no se halló significancia estadística ($p > 0,05$) en 17 de los 30, en la que indica que las abundancias de dichas familias son semejantes en los seis meses. Cabe resaltar que, en las zonas y meses de muestreo, sólo dos o tres familias han sido las más abundantes o dominantes, en cambio el resto presentaron abundancias mínimas por lo que podrían ser catalogados como raros. Lo reportado coincide con lo mencionado por Roldán (1993) quien afirma que muchos taxones componentes de los macroinvertebrados, están adaptados a vivir en ambientes con diferentes características ambientales y morfológicas del río, algunas de ellas se adecuan muy bien a ambientes con elevadas corrientes y concentraciones elevadas de oxígeno, así como también existen otros adaptados a vivir en ecosistemas con ciertas perturbaciones e incluso en condiciones extremas.

En la tabla 8, se muestra los puntajes de índices de calidad (promedio y desviación estándar) y las categorías de calidad basados en macroinvertebrados acuáticos según los índices BMWP/Col, IBF y EPT para el río Pichari. Donde el valor máximo para el índice BMWP es de 113,75 zona IV, en cambio el valor mínimo es de 103,08 zona I de igual manera las zonas II, III y V, presentando valores 103,42; 104,25; 109,08 y todas las zonas están dentro de la categorización como aguas muy limpias a limpias, con una calidad (buena). Por otro lado, el valor máximo fue en el mes de agosto con un valor de 114,9, que es categorizada como aguas muy limpias a limpias, seguido por los meses mayo, setiembre y octubre con valores de 106,2; 113,0 y 110,7 que también están dentro de la categorización como aguas muy limpias a limpias, representando un color azul, mientras los valores mínimos fueron en los meses junio y julio con valores de 95,6 y 99,3 respectivamente y están categorizadas como aguas ligeramente contaminadas, con una calidad (Aceptable) representando un color verde. Para el caso de índice IBF, se registró los valores máximos con 4,53 y 4,47 en zonas III y V, por lo que son categorizadas como aguas de buena calidad representando un color azul; por otro lado, los valores mínimos fueron 3,93, 4,04 y 4,20 para las zonas I, II y IV, respectivamente, que son categorizadas aguas de muy buena calidad representando así un color verde. Según los meses, se registró un valor máximo en agosto un valor de 4,6 que se encuentra en una categoría de aguas de buena calidad, así lo mismo en los meses de julio y agosto con valores de 4,4 y 4,6, que también se encuentran en la categorización de aguas de buena calidad representando un color verde, se obtuvo un valor mínimo para junio con 3,9 en la

cual es categorizada como aguas de excelente calidad representando un color celeste, para los meses de setiembre y octubre se obtuvieron valores de 4,2 y 4,0 que son catalogadas aguas de muy buena calidad, representando un color azul, es así para este índice nos indica que mientras el valor sea mayor pierde la calidad del agua. Para el índice EPT, se registró valores máximos en las zonas I y II, seguidamente en las zonas III y IV con valores de 59,81 y 59,76 respectivamente; por lo que todos los mencionados anteriormente son categorizadas como aguas de buena calidad, el valor mínimo fue hallado en la zona V con un valor de 44,88, por lo que es categorizada aguas de calidad regular. Para los meses mayo, junio, julio y octubre se registró valores máximos de 62,7; 65,5; 50,1 y 53,3 que son categorizadas como aguas de buena calidad, mientras que para agosto y setiembre se tuvo valores menores con 45,8 y 49,9 que son categorizadas como aguas de calidad regular. Al realizar la prueba de Kruskal Wallis, comparando las zonas de muestreo, en los índices IBF y EPT, se halló significancia estadística ($p < 0,05$), donde nos indica estadísticamente son diferentes en las zonas de muestreo en cuanto a su calidad de agua, sin embargo, para el índice BMWP/Col no se halló significancia estadística ($p > 0,05$), lo que nos indica que las zonas son iguales en la calidad de sus aguas. Según nuestros hallazgos, necesitamos señalarlo que los valores de tolerancia en BMWP/Col para las familias Crambie, Limnephilidae, Ceratopogonidae y Dolichopodidae, su presencia está documentada en este estudio, sin embargo, no muestran en la tabla de puntuación, motivo para su exclusión en el proceso de los cálculos. Cavalcanti (2014) mencionó en un estudio realizado en los ríos de Kimbiri y sus tributarios, para el año 2011, de acuerdo a los índices EPT donde fueron catalogados aguas de buena calidad, para IBF de muy buena calidad a Excelente calidad y para BMWP catalogado aguas de buena calidad, esto puede deberse a que actividades como la agricultura no tuvieron tanto impacto como lo tienen hoy. Los resultados obtenidos nos muestran que la calidad de sus aguas del río Pichari en su mayoría son catalogadas de buena calidad pese a las actividades antrópicas que se desarrolla en sus riberas, posiblemente debido al gran caudal que presenta diluyendo la materia orgánica y otros compuestos que son incorporados a sus aguas, y también su comportamiento de resiliencia donde tiene la capacidad de resistir a grandes cambios climáticos como las inundaciones y sequías.

En la tabla 9, nos muestra los valores promedios de las características fisicoquímicas en las aguas del río Pichari, por zonas de muestreo, donde se determinó (pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos y temperatura). Para pH

se registró valores máximos de 8,3; 8,2; 8,0 y 8,0, para V, IV, I y III, respectivamente; el valor mínimo fue registrado para la zona II con 7,9. Los valores básicos de pH, se debe posiblemente a que las aguas del río contengan minerales, fertilizantes sintéticos, productos tensoactivos (jabones, detergentes entre otros), como consecuencia de que la población aledaña emplea frecuentemente el río para diversión, lavado de ropa, lavado de sus vehículos, entre otros). Roldán (2003), indica que el pH puede ser un factor selectivo, en general la mayor parte de los organismos acuáticos prefieren aguas donde el pH varía entre 6 a 8, en este rango concuerda con lo mencionado en el trabajo. La conductividad eléctrica se registró valores mínimos, llegando solo a un valor máximo en la zona IV con 105,5 $\mu\text{S/cm}$ y los demás con valores menores en la zona (II y III) con 104,5 $\mu\text{S/cm}$ y 104,8 $\mu\text{S/cm}$; en la zona V con 103,8 $\mu\text{S/cm}$ y en la zona I con 101,0 $\mu\text{S/cm}$ respectivamente. Estos valores de conductividad que son ligeramente altos pueden deberse más que nada a la precipitación fluvial que originan un aumento en la entrada de sales por escorrentía, la concentración por evaporación y la descomposición de materia orgánica. Roldán (2003) , señala que la conductividad en las aguas superficiales tropicales de montaña por lo general es muy baja (aguas oligotróficas) y un aumento de sales en el agua provocado por actividades humanas aumenta la conductividad disminuyendo la diversidad de especies. En el caso de sólidos totales disueltos (STD), presentó valores máximos en zonas III, IV y V con 54,3 mg/L; 54,7 mg/L y 54,2 mg/L, y el valor mínimo en zonas I y II con 50,3 mg/L, y 53,7 mg/L, respectivamente y se considera dentro de los valores típicos para aguas continentales neotropicales Roldán (2008) Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis, comparando las cinco zonas de muestreo del río estudiado, tanto para pH, conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales, no se halló significancia estadística ($p > 0,05$), lo que nos indica que las cinco zonas de muestreo son iguales y/o similares en los tres parámetros. En cambio, la temperatura del agua es diferente según las zonas esto debido a los diferentes momentos de muestreos, a mayor recorrido mayor temperatura a medida que pasen las horas del día. Según Margalef (1984) y Roldán (2008) la temperatura es un factor importante que afecta la distribución de los organismos, sin embargo, este efecto no se manifiesta en la zona de muestreo debido a que las variaciones de este factor se dan a nivel de toda la zona en estudio. Viendo así los resultados de las temperaturas para las cinco zonas oscilan entre 19°C a 21°C, siendo el más alto en la zona IV y V con 21,5°C y mínimos en la zona I con 19,9°C respectivamente.

VI. CONCLUSIONES

1. En la zona de muestreo del río Pichari se colectó 36 269 individuos, pertenecientes a dos clases, 10 órdenes y 30 familias, siendo la clase Insecta la más representativa con 29 familias dentro de las cuales 8 familias fueron más abundantes con un número mayor de individuos capturados, así mismo se encontró cuatro familias con abundancias menores.
2. La abundancia relativa de macroinvertebrados acuáticos en el río Pichari es muy variable, tanto por meses y zonas de muestreo, con valores elevados de desviación estándar. Presentan pocas familias que son abundantes y muchos que no lo son, los que presentaron mayor abundancia fueron Baetidae (Ephemeroptera), seguida por Chironomidae y Simuliidae (Diptera), mientras que las familias menos abundantes fueron Calamoceratidae, Limnephiliidae, Odontoceridae (Trichoptera); Hydrophilidae (Coleoptera); Empididae, Dolichophodidae (Diptera).
3. El río Pichari es catalogado de una calidad buena a regular para el índice (EPT), buena a aceptable para el índice (BMWP y muy buena a buena para el índice (IBF), por lo tanto, no hay evidencia de que la ciudad no está influenciado sobre la calidad ecológica del río Pichari, esto tanto para zonas y meses de muestreo.
4. Según la calidad ecológica del río Pichari, al ser comparado entre zonas y meses de muestreo, tanto para el índice (EPT) y (IBF), nos indican en forma general que estadísticamente son diferentes ($p < 0,05$), en cambio para el BMWP se halló significancia estadística solo para meses de muestreo y cuanto a zonas de muestreo no se halló significancia estadística ($p > 0,05$).
5. Las características fisicoquímicas de las aguas del río Pichari son significativamente semejantes ($p > 0,05$) en las cinco zonas de muestreo tanto para pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales. En cambio, la temperatura del agua mostró diferencia significativa ($p < 0,05$).

VII. RECOMENDACIONES

1. Implementar el uso de macroinvertebrados acuáticos para la evaluación de la calidad del agua y la aplicación de los índices bióticos en los demás ríos de la selva, para enriquecer el listado de familias en la zona del VRAEM.
2. Realizar estudios durante todo el año para poder determinar las variaciones en su abundancia e indirectamente su dinámica en un tiempo mucho más amplio.
3. Realizar la calibración del índice BMWP, con el propósito de adaptarlo a situaciones de los ríos tropicales del VRAEM, para obtener un índice preciso y útil para evaluar la calidad del agua.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arana, J., Rayme, C., Alarcón, R. D. P., Ayala, Y., Carrasco, C., & Aponte, H. (2020). Macroinvertebrados acuáticos en arroyos asociados con bofedales altoandinos, Ayacucho Perú. *Revista de Biología Tropical*, 68(S2), S116-S161. <https://doi.org/10.15517/rbt.v68iS2.44344>
- Badii, M., Garza, V., & Garza, R. (2005). Los Indicadores Biológicos en la Evaluación de la Contaminación por Agroquímicos en Ecosistemas Acuáticos y Asociados. CULCyT, 2.
- Bonada, N., Prat, N., Resh, V. H., & Statzner, B. (2006). Developments in Aquatic Insect Biomonitoring: A Comparative Analysis of Recent Approaches. *Annual Review of Entomology*, 51(1), 495-523. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151124>
- Bullón, E. V. (2016). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad de agua en la cuenca del río Perene, Chanchamayo. o [Tesis de licenciatura de Ingeniero Forestal y Ambiental, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3462>
- Bustamante, A., Galindo, G., Jaramillo, J., & Vargas, S. (2016). Percepción de la contaminación del río Tlapaneco por la población ribereña. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 13, 47-62.
- Carrera, C., & Fierro, K. (2001). Manual de monitoreo los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. Universidad de Texas. Eco Ciencia. <https://books.google.com.pe/books?id=S2NdAAAAMAAJ>
- Carvacho, C. (2012). Estudio de las Comunidades de Macroinvertebrados bentónicos y Desarrollo del Índice Multiparamétrico para Evaluar el Estado Ecológico de los Ríos de la Cuenca de Limari en Chile.
- Castro, G., & Suárez, A. (2011). Manual de prácticas de comunidades y ecosistemas. *Universidad Veracruzana. Facultad de Biología Xalapa*. 38.
- Cavalcanti, J. (2014). Comunidad macroinvertebrada bentónica e índices bióticos para determinar la calidad biológica en tres ríos del distrito de Kimbiri, La Convención—Cusco, 2011. Tesis de licenciatura en la especialidad de ecología y recursos naturales.
- Cavalcanti, J. (2014). Comunidad macroinvertebrada bentónica e índices bióticos para determinar la calidad biológica en tres ríos del distrito de Kimbiri, La Convención—Cusco, 2011. Tesis para obtener el título profesional de biólogo con mención en la especialidad de ecología y recursos naturales. 2014.
- Chapman, D. V. (Ed.). (1996). Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring .united nationseducational, scientific and cultural organization world healthorganization United Nations en Vironment PROGRAMME (2. Ed). E & FN Spon. <http://www.earthprint.com>
- De Vicuña, B. G., Amor, A., & Escudero, A. (1983). El río, aspectos limnológicos. Instituto de Orientación y Asistencia Técnica del Oeste. 8. <https://digital.csic.es/handle/10261/23699>

- Domínguez, E., & Fernández, H. (2009). Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos—Sistemática y Biología. *Annals of the Entomological Society of America*, 103(4), 695-695. <https://doi.org/10.1603/008.103.0401>
- Encalada, A. (2010). Funciones ecosistémicas y diversidad de los ríos: Reflexiones sobre el concepto de caudal ecológico y su aplicación en el Ecuador. *Polémika*, 2(5), Article 5. <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/polemika/article/view/370>
- Feijoó, C. (2021). Conservación, Manejo y Restauración de Sistemas Fluviales. Una aproximación Ecológica. (1ra Edición Luján).
- Fernández, H. R., & Domínguez, E. (2001). Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Sociedad Malacológica del Uruguay Uruguay. 9(22), pág. 211.
- Figuerola, R., Valdovinos, C., Araya, E., & Parra, O. (2003). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. *Revista chilena de historia natural*, 76(2). <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2003000200012>
- Forero, J. (2017). Macroinvertebrados bentónicos y su relación con la calidad del agua en la cuenca alta de del Río Frío (Tabio, Cundinamarca). Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales. <http://hdl.handle.net/10554/34419>
- Gonzales del Tánago, M., & García de Jalón, D. (2007). Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos. Universidad Politécnica de Madrid.
- Hernández, S., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). Metodología de Investigación. (Quinta Edición). MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Hilsenhoff, W. (1988). Rapid Field Assessment of Organic Pollution with a Family-Level Biotic Index. *Journal of the North American Benthological Society*. 7, pág. 67-68.
- IDEAM. (2001). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia). Adscrito al Ministerio de Ambiente. 2001. Temperatura, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia.
- Ladrera, R. (2012). Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos. Universidad de La Rioja (Spain) | UNIRIOJA · *Agriculture and Food*. <https://www.researchgate.net/profile/Ruben-Ladrera>
- Lino, F., Fossati, O., Apaza, R., & Goitia, E. (2004). Macroinvertebrados de las lagunas. Centra de Ecologia Sim6n I. Patifio-Departamento de Difusi6n.
- Lopretto, E. C., & Tell, G. (1995). Ecosistemas de aguas continentales: Metodologías para su estudio. Ediciones Sur. <https://books.google.com.pe/books?id=n6tcAAAAMAAJ>
- Margalef, R. (1984). Limnología. Ediciones Omega, S.A., Barcelona. 1010 p. *Limnology and Oceanography*, 29, 1349-1349. <https://doi.org/10.4319/lo.1984.29.6.1349b>
- Molles, C. (2007). Ecología: Conceptos y aplicaciones. Departamento de Ecología, Universidad de Alicante, Instituto Multidisciplinar para el Estudio del Medio «Ramón Margalef» (IMEM)Apdo. De correos 99, 03080 Alicante, España.

- Revista Científica y Tecnológica de Ecología y Medio Ambiente, 1, pág. 139-141.
- Muñoz, C. (2016). Caracterización fisicoquímica y biológica de las aguas del río Grande Celendín - Cajamarca. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1755>
- Palma, A. (2013). Guía para la identificación de invertebrados acuáticos. 1ra Edición. pág. 122.
- Pavé, P. J., & Marchese, M. (2005). Invertebrados bentónicos como indicadores de calidad del agua en ríos urbanos (Paraná-Entre Ríos, Argentina). Instituto Nacional de Limnología (INALICONICET-UNL). *Ecología Austral*, pág. 183-197.
- Pimentel, H. (2014). Análisis desde la perspectiva de los Índices Bióticos, ECA-Agua y Manejo Adaptativo; usando Macroinvertebrados Bentónicos en ríos Altoandinos-Camisea 2009-2012. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1906>
- Prieto, C. (2004). El agua; sus formas, efectos, abastecimientos, usos, daños, control y conservación. (2a. ed., 2a. reimp.). Ecoe.
- Rodríguez, E. (2013). Efecto del manejo forestal en la diversidad y composición arbórea de un bosque templado del noroeste de México. 189-199.
- Rodríguez, L., Ríos, P., Espinoza, M., Cedeño, P., & Jiménez, G. (2016). Caracterización de la calidad de agua mediante macroinvertebrados bentónicos en el río Puyo, en la Amazonía Ecuatoriana. *HIDROBIOLÓGICA*, 26(3), Article 3. <https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbshidro/2016v26n3/Rodriguez>
- Roldán, G. (1988). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Fondo para la Protección del Medio Ambiente «José Celestino Mutis». <https://books.google.com.pe/books?id=ItVgAAAAMAAJ>
- Roldán, G. (1993). Fundamentos de limnología neotropical. (2da Edición Medellín. Editorial Universidad de Antioquia-Colombia.).
- Roldán, G. (1996). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia.
- Roldán, G. (1998). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Centro de Investigaciones, CIEN (Vol. 8). Universidad de Antioquia.
- Roldán, G. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Propuesta para el uso del método BMWP Col. Editorial Universidad de Antioquia. <https://books.google.com.pe/books?id=q4GsMQEACAAJ>
- Roldán, G. (2008). Fundamentos de limnología neotropical. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. (2da Edición). Editorial Universidad de Antioquia. <https://books.google.co.ve/books?id=FA5Jr7pXF1UC>
- Roldán, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: Cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista*

- de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(155), Article 155. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.335>
- Romero, D., & Tarrillo, H. (2017). Evaluación de la calidad de agua utilizando macroinvertebrados acuáticos como indicadores bióticos en la quebrada de Chambag, Santa Cruz, Cajamarca, durante agosto, diciembre 2016 y marzo 2017. Universidad de Lambayeque.
- Salcedo, S., Artica, L., & Trama, F. A. (2013). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de agua en la microcuenca San Alberto, Oxapampa, Perú. *Apuntes de Ciencia & Sociedad*, 3(2), Article 2. <https://doi.org/10.18259/acs.2013016>
- Soto, E. (2013). Macroinvertebrados como bioindicadores de calidad de agua en la sub cuenca de Achamayo. Concepción.
- Tinco, L. (2024). Diversidad de la comunidad macroinvertebrada bentónica en el río Pichari y dos tributarios, La Convención, Cusco 2015. Tesis de Licenciatura de la Universidad en la especialidad de Recursos Naturales y Ecología. San Cristóbal de Huamanga.
- Torres, P., Hernán, C. H., & Patiño, P. (2009). Índice de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 8(15).

ANEXOS

Anexo 1. Abundancias relativas (promedio y desviación estándar) a nivel de familia de la comunidad macroinvertebrada bentónica, río Pichari, La Convención, Cusco 2022.

Familias	Media	Desviación estándar
Baetidae	19,38	16,63
Leptohyphidae	11,57	5,90
Leptophlebiidae	6,68	3,19
Oligoneuriidae	0,02	0,06
Coenagrionidae	0,03	0,07
Libellulidae	0,05	0,10
Perlidae	5,32	4,45
Naucoridae	0,14	0,19
Corydalidae	0,99	0,76
Calamoceratidae	0,01	0,04
Glossosomatidae	0,14	0,21
Hydrobiosidae	0,27	0,33
Hydropsychidae	8,88	4,87
Leptoceridae	2,25	2,40
Limnephilidae	0,02	0,07
Odontoceridae	0,01	0,05
Crambidae	0,02	0,06
Blephariceridae	0,03	0,08
Ceratopogonidae	0,22	0,30
Chironomidae	26,97	10,25
Dolichopodidae	0,04	0,09
Empididae	0,02	0,07
Psychodidae	0,15	0,18
Simuliidae	11,90	10,62
Tipulidae	0,32	0,40
Elmidae	4,14	2,52
Hydrophilidae	0,01	0,04
Psephenidae	0,31	0,33
Ptilodactylidae	0,12	0,14
Gastropoda	0,00	0,02

Anexo 2. Abundancia relativa (promedio y desviación estándar) a nivel de familia de macroinvertebrados acuáticos en el río Pichari por zonas de muestreo, La Convención, Cusco de 2022.

Familias	Zonas de muestreo									
	I		II		III		IV		V	
	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS
Baetidae	16,2	14,3	20,6	21,3	21,8	12,8	26,4	21,1	12,0	9,1
Leptohyphidae	13,3	6,5	11,5	6,1	9,1	6,7	13,0	4,7	11,1	5,3
Leptophlebiidae	8,2	2,9	7,1	3,5	5,6	3,0	6,1	3,3	6,4	3,0
Oligoneuriidae	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
Coenagrionidae	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Libellulidae	0,0	0,1	0,1	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
Perlidae	7,3	3,7	8,5	4,2	4,9	3,6	1,8	0,7	4,2	5,7
Naucoridae	0,2	0,3	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2
Corydalidae	1,6	0,8	1,4	0,8	1,1	0,7	0,5	0,4	0,4	0,2
Calamoceratidae	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Glossosomatidae	0,2	0,3	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2
Hydrobiosidae	0,4	0,5	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Hydropsychidae	10,9	4,5	8,8	3,7	8,0	4,4	8,0	6,3	8,7	5,4
Leptoceridae	3,4	3,1	2,7	2,6	1,4	1,9	1,5	1,8	2,2	2,1
Limnephilidae	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
Odontoceridae	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0
Crambidae	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1
Blephariceridae	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1
Ceratopogonidae	0,2	0,3	0,3	0,4	0,1	0,2	0,3	0,3	0,1	0,1
Chironomidae	28,7	9,1	29,1	12,6	34,2	10,8	21,2	6,3	21,6	5,5
Dolichopodidae	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1
Empididae	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1
Psychodidae	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Simuliidae	3,6	2,2	4,7	3,8	9,0	3,0	14,9	4,7	27,4	11,9
Tipulidae	0,4	0,5	0,5	0,6	0,3	0,2	0,3	0,3	0,1	0,1
Elmidae	4,5	2,5	3,4	2,2	3,5	2,4	4,6	3,3	4,7	2,1
Hydrophilidae	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1
Psephenidae	0,4	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
Ptilodactylidae	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Gastropoda	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

DS: Desviación estándar

Anexo 3. Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis que compara las abundancias relativas a nivel de familia de la comunidad macroinvertebrada bentónica en el río Pichari por zonas de muestreo, La Convención, Cusco de 2022.

Familias	H de Kruskal-Wallis	gl	Sig. asin.
Baetidae	5,364	4	0,252
Leptohyphidae	7,121	4	0,130
Leptophlebiidae	5,340	4	0,254
Oligoneuriidae	9,989	4	0,041
Coenagrionidae	2,971	4	0,563
Libellulidae	10,957	4	0,027
Perlidae	27,988	4	0,000
Naucoridae	1,025	4	0,906
Corydalidae	26,507	4	0,000
Calamoceratidae	4,000	4	0,406
Glossosomatidae	1,490	4	0,828
Hydrobiosidae	2,175	4	0,704
Hydropsychidae	3,708	4	0,447
Leptoceridae	6,020	4	0,198
Limnephilidae	4,553	4	0,336
Odontoceridae	1,943	4	0,746
Crambidae	2,446	4	0,654
Blephariceridae	6,481	4	0,166
Ceratopogonidae	5,787	4	0,216
Chironomidae	12,486	4	0,014
Dolichopodidae	5,590	4	0,232
Empididae	2,072	4	0,722
Psychodidae	1,445	4	0,836
Simuliidae	43,734	4	0,000
Tipulidae	5,068	4	0,280
Elmidae	2,829	4	0,587
Hydrophilidae	6,312	4	0,177
Psephenidae	1,252	4	0,870
Ptilodactylidae	11,078	4	0,026
Gastropoda	4,000	4	0,406

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: zonas de muestreo

Anexo 4. Abundancia relativa (promedio y desviación estándar) a nivel de familia de macroinvertebrados acuáticos en el río Pichari por meses de muestreo, La Convención, Cusco de 2022.

Familias	Mes de muestreo											
	Mayo		Junio		Julio		Agosto		Setiembre		Octubre	
	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS
Baetidae	44,2	15,3	27,3	16,7	15,0	10,3	8,7	5,5	9,9	7,8	11,0	4,8
Leptohyphidae	6,5	2,8	11,1	3,4	10,3	2,8	9,5	4,9	15,4	5,6	16,6	8,1
Leptophlebiidae	5,1	2,7	6,2	3,9	7,4	2,8	5,4	3,5	7,0	2,3	8,9	2,7
Oligoneuriidae	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Coenagrionidae	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Libellulidae	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
Perlidae	2,9	2,2	9,6	6,0	5,3	5,2	6,2	3,8	3,8	2,0	4,2	3,5
Naucoridae	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2
Corydalidae	1,1	0,7	1,4	1,2	1,0	1,0	0,9	0,4	0,7	0,6	0,8	0,4
Calamoceratidae	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Glossosomatidae	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3
Hydrobiosidae	0,2	0,2	0,3	0,4	0,2	0,5	0,3	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3
Hydropsychidae	3,0	2,1	10,5	6,4	9,8	3,9	10,6	3,5	9,8	4,2	9,6	4,1
Leptoceridae	0,7	1,8	0,5	0,5	1,9	2,8	4,7	2,8	3,5	1,4	2,3	1,4
Limnephilidae	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Odontoceridae	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Crambidae	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1
Blephariceridae	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
Ceratopogonidae	0,1	0,2	0,0	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4
Chironomidae	19,4	9,2	23,0	10,2	28,8	8,7	35,5	10,5	30,5	9,6	24,6	5,9
Dolichopodidae	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0
Empididae	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Psychodidae	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1
Simuliidae	14,7	14,4	5,6	5,3	13,5	15,8	11,4	6,0	12,2	9,1	13,9	8,8
Tipulidae	0,3	0,4	0,5	0,6	0,5	0,5	0,2	0,2	0,1	0,1	0,3	0,3
Elmidae	0,8	0,4	3,2	2,6	5,2	3,0	4,9	1,2	5,2	2,0	5,5	1,3
Hydrophilidae	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Psephenidae	0,0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,4	0,3	0,7	0,4
Ptilodactylidae	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
Gastropoda	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

DS: Desviación estándar

Anexo 5. Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis que compara la abundancia relativa a nivel de familia de macroinvertebrados acuáticos en el río Pichari por meses de muestreo, La Convención, Cusco durante los meses de mayo a octubre de 2022.

Familias	H de Kruskal-Wallis	gl	Sig. asin.
Baetidae	32,928	5	0,000
Leptohyphidae	20,527	5	0,001
Leptophlebiidae	10,159	5	0,071
Oligoneuriidae	4,298	5	0,507
Coenagrionidae	9,969	5	0,076
Libellulidae	3,450	5	0,631
Perlidae	10,707	5	0,058
Naucoridae	2,436	5	0,786
Corydalidae	3,599	5	0,608
Calamoceratidae	5,000	5	0,416
Glossosomatidae	16,932	5	0,005
Hydrobiosidae	7,672	5	0,175
Hydropsychidae	19,883	5	0,001
Leptoceridae	28,318	5	0,000
Limnephilidae	7,065	5	0,216
Odontoceridae	16,740	5	0,005
Crambidae	4,087	5	0,537
Blephariceridae	0,831	5	0,975
Ceratopogonidae	11,022	5	0,051
Chironomidae	15,388	5	0,009
Dolichopodidae	13,053	5	0,023
Empididae	15,514	5	0,008
Psychodidae	13,325	5	0,021
Simuliidae	6,163	5	0,291
Tipulidae	7,368	5	0,195
Elmidae	26,441	5	0,000
Hydrophilidae	11,468	5	0,043
Psephenidae	27,562	5	0,000
Ptilodactylidae	2,909	5	0,714
Gastropoda	5,000	5	0,416

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Mes de muestreo

Anexo 6. Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis que compara los índices de diversidad y calidad de la comunidad macroinvertebrada bentónica para el río Pichari, La Convención, Cusco 2022.

Zonas/mes de muestreo	Índices	H de Kruskal-Wallis	gl	Sig. asin.
Zonas de muestreo	Puntos BMWP/Col	2,988	4	0,560
	Puntos IBF	14,048	4	0,007
	Puntos EPT	13,169	4	0,010
Mes de muestreo	Puntos BMWP	11,679	5	0,039
	Puntos IBF	11,466	5	0,043
	Puntos EPT	15,941	5	0,007

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: zonas y mes de muestreo

Anexo 7. Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis que compara las características fisicoquímicas de las aguas del río Pichari, La Convención, Cusco 2022.

Características fisicoquímicas	H de Kruskal-Wallis	gl	Sig. asin.
pH	7,765	4	0,101
Conductividad eléctrica (uS/cm)	1,007	4	0,909
SDT (mg/L)	3,034	4	0,552
T °C	15,987	4	0,003

a. Prueba de Kruskal Wallis

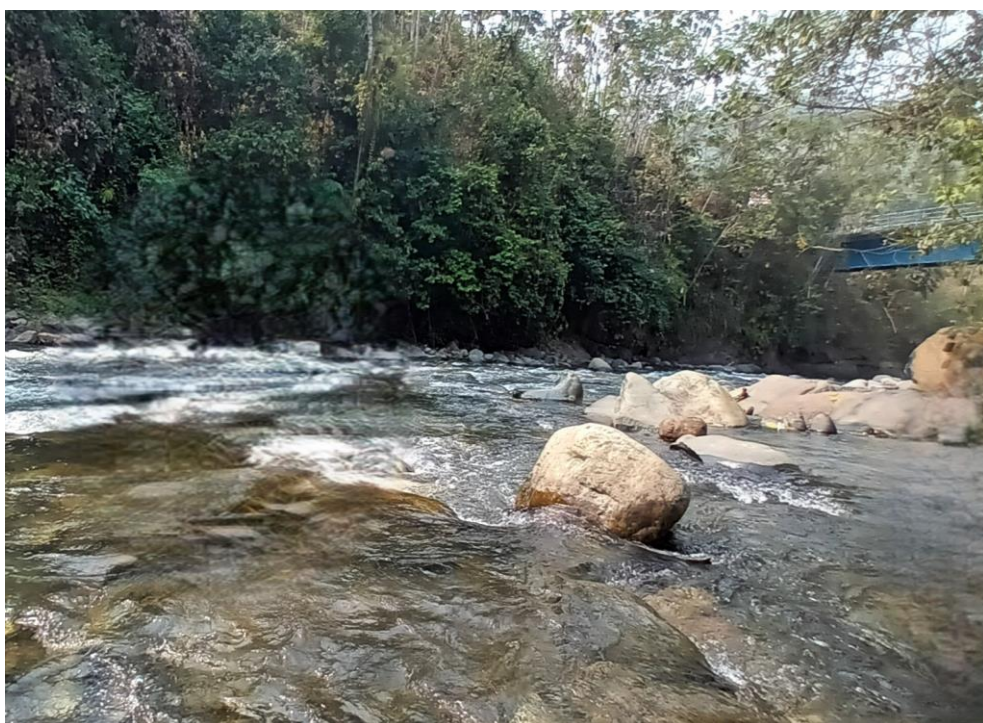
b. Variable de agrupación: zonas de muestreo

Anexo 8. Formula tamaño muestral para una proporción en una población infinita.

$$n = \frac{Z_{1-\alpha}^2 * p * q}{d^2}$$

Error alfa	α	0,05
Nivel de confianza	$1-\alpha$	0,95
Z de (1- α)	$Z(1-\alpha)$	1,96
Prevalencia de zonas no contaminadas	p	0,85
Complemento de p	q	0,15
Precisión	d	0,1
		0,6
Tamaño de muestra	n	48,9804

Anexo 9. Imágenes de toma de muestra de macroinvertebrados acuáticos en la zona I (altura del puente Paraíso – antes de la ciudad).



Vista panorámica de zona I (altura del puente Paraíso)

Anexo 10. Imágenes de toma de muestra de macroinvertebrados acuáticos en la zona II (antes de la ciudad).



Vista panorámica del río Pichari zona II.

Anexo 11. Imágenes de toma de muestra de macroinvertebrados acuáticos en la zona III (inicio de la ciudad).



Vista panorámica del río Pichari zona III

Anexo 12. Imágenes de toma de muestra de macroinvertebrados acuáticos en la zona IV (durante la ciudad).



Vista panorámica de la zona IV

Anexo 13. Imágenes de toma de muestra de macroinvertebrados acuáticos en la zona V (después de la ciudad).



Vista panorámica de la zona V.

Anexo 14. Imágenes de la colecta de muestra de la comunidad macroinvertebrada en bolsas de polietileno conteniendo alcohol al 96% y la determinación in situ de los principales parámetros mediante un dispositivo multiparamétrico en el río Pichari.



Anexo 15. Selección de macroinvertebrados de otros materiales no deseados (hojas de plantas, arena, etc.), utilizando bandejas de plástico, lupas y pinzas; donde se colocaron las muestras y su posterior identificación mediante la ayuda de un estereoscopio que permitió la visualización de características morfológicas de interés taxonómico.



Anexo 16. Principales familias del orden Diptera encontrados en el río Pichari, durante los meses mayo a octubre de 2022.



- | | | | |
|---------------------|------------------|---------------------|--------------------|
| 1. Ceratopogonidae; | 2. Chironomidae; | 3. Simuliidae; | 4. Tipulidae; |
| 5. Empididae; | 6. Psychodiade; | 7. Blephariceriade; | 8. Dolichopodidae. |

Anexo 17. Principales familias del orden Trichoptera encontrados en el río Pichari, durante los meses mayo a octubre de 2022.



9. Hydrobiosidae; 10. Limnephilidae; 11. Glossosomatidae; 12. Odontoceridae;
13. Leptoceridae; 14. Hydropsychidae

Anexo 18. Principales familias del orden Ephemeroptera, Coleoptera, Odonata, Plecoptera, Hemiptera y encontrados en el río Pichari, durante los meses mayo a octubre de 2022.



- | | | | |
|---------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
| 15. Baetidae; | 16. Leptohyphidae; | 17. Leptophlebiidae; | 18. Oligoneuridae; |
| 19. Elmidae; | 20. Psephenidae; | 21. Hydrophilidae; | 22. Ptilodactylidae; |
| 23. Coenagrionidae; | 24. Perlidae; | 25. Naucoriidae; | 26. Corydalidae |

Anexo 19. Matriz de consistencia.

Título: Calidad ecológica basado en macroinvertebrados en un río influenciado por una ciudad, Pichari, La Convención, Cusco 2022.

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
¿Cómo varía la calidad ecológica basados en macroinvertebrados acuáticos Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT), Biological Monitoring Working Party (BMWP) e Índice Biótico de Familia (FBI) del río Pichari en su trayecto por la ciudad del mismo nombre, La Convención, Cusco, durante los meses de mayo a octubre de 2022?	General Evaluar la variación de la calidad ecológica basados en macroinvertebrados acuáticos Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT), Biological Monitoring Working Party (BMWP) e Índice Biótico de Familia (FBI) en el curso del río Pichari por la ciudad del mismo nombre, ubicado en el distrito de Pichari, provincia de La Convención, en el departamento de Cusco durante los meses de mayo a octubre de 2022. Específicos a) Determinar la composición a nivel de familia de la comunidad macroinvertebrada acuática del río Pichari en su trayecto por la ciudad del mismo nombre. b) Determinar la abundancia relativa a nivel de familia de la comunidad macroinvertebrada acuática del río Pichari en su trayecto por la ciudad del mismo nombre. c) Determinar los índices de calidad Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT), Biological Monitoring Working Party (BMWP) e Índice Biótico de Familia (IBF), para estimar la calidad ecológica del río Pichari, durante los meses de mayo a octubre del 2022. a) Comparar las cinco zonas de muestreo según la calidad ecológica del río Pichari mediante los índices Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT), Biological Monitoring Working Party (BMWP) e Índice Biótico de Familia (FBI), durante los meses de mayo a octubre de 2022. b) Determinar las características fisicoquímicas del agua de río Pichari durante los meses de mayo a octubre de 2022.	Río - Calidad ecológica del medio acuático - Índices de calidad - Índices bióticos - Macroinvertebrados acuáticos - Composición de la comunidad - Abundancia relativa - Calidad fisicoquímico del agua - Importantes ordenes de macroinvertebrados bentónicos - Ephemeroptera - Trichoptera - Coleoptera - Plecoptera - Odonata - Lepidoptera - Megaloptera - Hemiptera - Diptera	a. Calidad ecológica basado en macroinvertebrados Indicadores: - Composición a nivel de familia. - Abundancia relativa a nivel de familia - Índices BMWP - Índice EPT - Índice FBI b. Características fisicoquímicas Indicadores: - Conductividad eléctrica (µS/cm) - Sólidos disueltos totales (ppm) - pH - Temperatura (°C)	TIPO DE INVESTIGACIÓN Básica NIVEL DE INVESTIGACIÓN Descriptiva MÉTODO Descriptivo Diseño: Descriptivo POBLACIÓN La Comunidad de macroinvertebrados acuáticos y el agua del río Pichari MUESTRA 60 muestras de macroinvertebrados de las cinco zonas de muestreo y agua para su análisis físico químicos. MÉTODO: Para la identificación se utilizó las claves propuestas por Roldán (1996), Fernández y Domínguez (2009) INSTRUMENTOS - Estereoscopio - Equipos - Guía y claves taxonómicas

**UNSCH**FACULTAD DE
CIENCIAS BIOLÓGICAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. Milagros Gresil JERI HUAMAN
RESOLUCIÓN DECANAL No 388-2024-UNSCH-FCB-D

En la ciudad de Ayacucho, siendo las cuatro de la tarde del día viernes veintisiete de setiembre del año dos mil veinticuatro; se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, presidido por el Dr. Saturnino Martín TENORIO BAUTISTA a su vez siendo Miembro Jurado; Dr. Segundo Tomás CASTRO CARRANZA (Miembro-Jurado); Dr. Edwin PORTAL QUICAÑA (Miembro-Jurado); Mg. Percy COLOS GALINDO (Miembro-Jurado); Dr. Carlos Emilio CARRASCO BADAJOZ (Miembro-Asesor), actuando como secretaria docente encargada la Blga. Rosana Luzía VENTURA CAVERO con memorándum No 300-2024 UNSCH (IN)-FCB, con fecha veintiséis de setiembre del dos mil veinticuatro; para presenciar el acto de sustentación de tesis titulada: **Calidad ecológica basado en macroinvertebrados en un río influenciado por una ciudad, Pichari, La Convención, Cusco 2022.**, presentado por la **Bach. Milagros Gresil JERI HUAMAN**; el presidente verificó la documentación presentada por la aspirante, e indicó al secretario docente encargada dar lectura a la documentación generada que refrenda el presente acto académico, luego se dispuso el inicio al acto de sustentación, indicando a la sustentante que dispone de cuarenta y cinco minutos para exponer su trabajo de tesis tal como establece el Reglamento de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Biología. Culminada la exposición, el presidente invitó a cada uno de los Miembros del Jurado a participar con sus observaciones, sugerencias y preguntas a la sustentante. Acto seguido, el presidente invitó a la sustentante y al público asistente a abandonar momentáneamente el Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas para que los miembros del jurado evaluador y así puedan realizar las deliberaciones y calificaciones; cuyos resultados son los que consignan a continuación:

Miembros del Jurado Evaluador	Exposición	Respuesta/preguntas	Promedio
Dr. Segundo Tomás CASTRO CARRANZA	17	15	16
Dr. Edwin PORTAL QUICAÑA	17	16	17
Mg. Percy COLOS GALINDO	17	16	17
		PROMEDIO	17

La sustentante alcanzó el promedio de 17 aprobatorio. Posteriormente, el presidente autorizó el ingreso de la sustentante y público asistente al Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga; dando a conocer los resultados e indicando que de este modo se da por finalizado el presente acto académico, siendo firmado al pie del presente en señal de conformidad.


Dr. Saturnino Martín TENORIO BAUTISTA
Presidente y Miembro Jurado


Dr. Segundo Tomás CASTRO CARRANZA
Miembro – Jurado


Dr. Edwin PORTAL QUICAÑA
Miembro – Jurado


Mg. Percy COLOS GALINDO
Miembro – 4to Jurado


Dr. Carlos Emilio CARRASCO BADAJOZ
Miembro – Asesor


Blga. Rosana Luzía VENTURA CAVERO
Secretaria – Docente (e)



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

DECANATURA - ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

Nº 78-2024-FCB-D

Yo, FIDEL RODOLFO MUJICA LENGUA, Director de la Escuela Profesional de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; autoridad encargada de verificar la tesis titulada: **Calidad ecológica basado en macroinvertebrados en un río influenciado por una ciudad, Pichari, La Convención, Cusco 2022.**, por MILAGROS GRESIL JERI HUAMAN; he constatado por medio del uso de la herramienta TURNITIN, procesado CON DEPÓSITO, una similitud de 22%, grado de coincidencia, menor a lo que determina la ausencia de plagio definido por el Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH, aprobado con Resolución del Consejo Universitario Nº 039-2021-UNSCH-CU.

En consecuencia, la tesis cumple con las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Se acompaña el INFORME FINAL DE TURNITIN correspondiente.

Ayacucho, 22 de noviembre de 2024.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
Escuela Profesional de Biología
Dr. Fidel R. Mujica Lengua
DIRECTOR

Calidad ecológica basado en macroinvertebrados en un río influenciado por una ciudad, Pichari, La Convención, Cusco 2022.

por Milagros Gresil JERI HUAMAN

Fecha de entrega: 15-nov-2024 02:29p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2520817305

Nombre del archivo: JERI-HUAMAN-Milagros-Gresil-pregrado-2024-TURNITIN.pdf (746.96K)

Total de palabras: 9702

Total de caracteres: 50639

Calidad ecológica basado en macroinvertebrados en un río influenciado por una ciudad, Pichari, La Convención, Cusco 2022.

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%	24%	5%	11%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unsch.edu.pe	11%
	Fuente de Internet	
2	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga	4%
	Trabajo del estudiante	
3	hdl.handle.net	2%
	Fuente de Internet	
4	repositorio.ucv.edu.pe	2%
	Fuente de Internet	
5	Submitted to uncedu	1%
	Trabajo del estudiante	
6	repositorio.uncp.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
7	ianas.org	<1%
	Fuente de Internet	
8	Submitted to Universidad Científica del Sur	<1%
	Trabajo del estudiante	

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo