

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



TESIS:

**Ensamblaje de macroinvertebrados y calidad fisicoquímica en
arroyos que escurren agua de tres bofedales altoandinos, en la
localidad de Llachocmayo, Chiara. Ayacucho 2020 - 2021**

Para optar el título profesional de:

**BIÓLOGO, ESPECIALIDAD: ECOLOGÍA Y RECURSOS
NATURALES**

PRESENTADO POR:

Bach. Diego Armando VEGA HINOSTROZA

ASESOR:

Dr. Carlos Emilio CARRASCO BADAJOZ

AYACUCHO - PERÚ

2026

A mis padres, hermanos y familiares
quienes me apoyaron constantemente.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Alma Mater, por haberme brindado los conocimientos y valores que me inculcaron en mi formación personal y profesional.

Al Vicerrectorado de Investigación-UNSCH por la contribución con el financiamiento parcial del presente trabajo de investigación a través del Fondo de Desarrollo Socioeconómico de Camisea (FOCAM).

A la plana de docentes de la Escuela Profesional de Biología por su enseñanza, apoyo, comprensión, cordialidad y optimismo en el transcurso de mi formación académica, científica y profesional.

Al coordinador del BioSIG (Laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica) Dr. Carlos Emilio Carrasco Badajoz, por haberme facilitado el espacio y materiales necesarios para realizar el presente trabajo de investigación.

A mi asesor, Dr. Carlos Emilio Carrasco Badajoz, por la orientación académica, sus conocimientos y apoyo durante la ejecución del presente trabajo de investigación.

A la Mg. Carolina Rayme Chalco y Blg Grenyt Delfia Huamani Llantoy por el apoyo en la identificación de macroinvertebrados y el análisis fisicoquímico del agua.

A mis padres por su gran apoyo y lograr la materialización del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes	3
2.1.1. Antecedentes internacionales	3
2.1.2. Antecedentes nacionales	6
2.1.3. Antecedentes regionales	9
2.2. Marco conceptual	12
2.2.1. Bofedales	12
2.2.2. Macroinvertebrados acuáticos	13
2.2.3. Arroyos	13
2.2.4. Ensamblaje	13
2.2.5. Abundancia	13
2.2.6. Riqueza	14
2.2.7. Similitud	14
2.2.8. Taxón	14
2.2.9. Parámetros físicos del agua	14
2.2.10. Parámetros químicos del agua	14
2.3. Bases teóricas	14
2.4. Marco Legal	23
III. MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1. Descripción espacial del área de estudio	24
3.1.1. Ubicación política	24
3.1.2. Ubicación geográfica	24
3.2. Población y muestra	24
3.2.1. Población	24
3.2.2. Muestra	25

3.2.3. Tipo de investigación	25
3.3. Sistema de muestreo y recolección de datos	25
3.3.1. Ubicación de las zonas de muestreo	25
3.3.2. Características fisicoquímicas de agua	27
3.3.3. Obtención de macroinvertebrados acuáticos	27
3.3.4. Determinación la relación de características fisicoquímicas del agua sobre composición, riqueza y la abundancia del ensamblaje de macroinvertebrados	29
3.3.5. Determinación de la similitud del ensamblaje de macroinvertebrados acuáticos según zonas y meses de muestreo	30
3.4. Análisis estadístico	30
IV. RESULTADOS	31
V. DISCUSIÓN	43
V. CONCLUSIONES	54
VII. RECOMENDACIONES	55
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
ANEXOS	60

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo establecidos en los arroyos provenientes de tres bofedales altoandinos, localidad de Llachoccmayo, distrito de Chiara, Ayacucho - 2021.	25
Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos del agua evaluados de acuerdo con la metodología establecida por la SUNASS (1997)	27
Tabla 3. Valores promedio y variabilidad (desviación estándar) de las características fisicoquímicas del agua evaluadas en los arroyos asociados a tres bofedales altoandinos de Llachoccmayo, Chiara, Ayacucho 2021.	32
Tabla 4. Composición del ensamblaje de macroinvertebrados en arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.	33
Tabla 5. Coeficiente de correlación (Rho de Spearman) de las abundancias de los componentes del ensamble de macroinvertebrados y las características fisicoquímicas en arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.	39
Tabla 6. Coeficiente de correlación de coeficiente rho Spearman de las características fisicoquímicas del agua con la riqueza de taxa, familias y órdenes de macroinvertebrados en arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.	40
Tabla 7. Similitud (Índice de Bray-Curtis) de las cuatro zonas de muestreo según la composición y abundancia de los componentes del ensamble de los macroinvertebrados en arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.	41
Tabla 8. Similitud (Índice de Bray-Curtis) de los meses de muestreo según la composición y abundancia de los componentes del ensamble de los macroinvertebrados en arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.	42

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa de localización de los cuatro puntos de muestreo establecidos en los arroyos asociados al flujo hídrico de tres bofedales altoandinos, ubicados en la localidad de Llachoccmayo, distrito de Chiara, Ayacucho, 2021.	26
Figura 2. Riqueza de taxones (a) y familias (b) promedio y desviación típica por muestra del ensamble de macroinvertebrados en arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.	35
Figura 3. Número total de especímenes del ensamble de macroinvertebrados colectados en arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.	36
Figura 4. Abundancia relativa promedio y desviación típica de los componentes dominantes del ensamble de macroinvertebrados colectados en arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.	37
Figura 5. Abundancia relativa promedio y desviación típica de los componentes más dominantes del ensamble de macroinvertebrados colectados según arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.	38

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Resultado de la prueba de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilks para determinar la normalidad para las características físicas del agua de arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.	61
Anexo 2. Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis que compara las características fisicoquímicas del agua de arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.	62
Anexo 3. Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis que compara la riqueza (taxa) y el total de especímenes capturados del ensamble de macroinvertebrados de arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.	63
Anexo 4. Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis que compara la riqueza (familias) y el total de especímenes capturados del ensamble de macroinvertebrados de arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.	64
Anexo 5. Abundancia relativa promedio, máximo y mínimo de los componentes del ensamble de macroinvertebrados colectados en arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.	65
Anexo 6. Abundancia relativa promedio de los componentes del ensamble de macroinvertebrados colectados según arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.	66
Anexo 7. Vista panorámica de la zona alta de localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.	67
Anexo 8. Muestreo de macroinvertebrados acuáticos de los arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.	68

Anexo 9. Toma de muestra de agua de los arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.	69
Anexo 10. Toma de datos de las características fisicoquímicas del agua <i>in situ</i> Coenagrionidae de los arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.	70
Anexo 11. Filtración de muestras de agua para la medición de nutrientes de los arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.	71
Anexo 12. Limpieza y separación por morfotipo de muestras de macroinvertebrados acuáticos de los arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.	72
Anexo 13. Identificación de muestras de macroinvertebrados acuáticos de los arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.	73
Anexo 14. Características taxonómicas del orden Ephemeroptera de la familia Baetidae, familia Leptophlebiidae, orden Plecoptera de la familia Gripopterygidae y orden Odonata de la familia Aeshnidae y familia Coenagrionidae de los arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.	74
Anexo 15. Características taxonómicas del orden Trichoptera de la familia Helicopsychidae, familia Hydrobioididae, familia Hydroptilidae, familia Leptoceridae de los arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.	75
Anexo 16. Características taxonómicas del orden Trichoptera de la familia Leptoceridae, familia Limnephilidae, y familia Polycentropodidae de los arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.	76
Anexo 17. Características taxonómicas del orden Diptera de la familia Ceratopogonidae y familia Chironomidae de los arroyos que	

escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.	77
Anexo 18. Características taxonómicas del orden Diptera de la familia Dolichopodidae, familia Empididae, familia Ephydriidae y familia Muscidae de los arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.	78
Anexo 19. Características taxonómicas del orden Diptera de la familia Simuliidae, familia Tabanidae y familia Tipulidae de los arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.	79
Anexo 20. Características taxonómicas del orden Coleoptera de la familia Curculionidae, familia Dytiscidae, familia Elmidae, familia Epimetopidae, familia Hydrophilidae, familia Scirtidae y familia Staphylinidae de los arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.	80
Anexo 21. Características taxonómicas del orden Amphipoda, orden Trombidiformes, orden Hirudinida, orden Lumbriculida, orden Tricladida, orden Anthoathecatae y orden Lymnaeida de los arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.	81
Anexo 22. Matriz de consistencia.	82

RESUMEN

Es frecuente observar que los bofedales altoandinos presentan arroyos donde existe una alta diversidad de organismos. En dichos ecosistemas, se puede hallar comunidades como plancton, plantas acuáticas, macroinvertebrados, anfibios e incluso peces. Por otro lado, los bofedales tienen gran importancia por los servicios ecosistémicos que brindan. Por ello, el objetivo principal de este trabajo de investigación fue, estudiar la relación de las características fisicoquímicas con el ensamblaje de macroinvertebrados acuáticos en arroyos que escurren de tres bofedales alto andinos ubicados en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho, durante los meses de enero a diciembre del 2021. El tipo de investigación corresponde al nivel descriptivo correlacional. La recolección de los macroinvertebrados acuáticos se realizó mediante el uso de una Red Surber con medidas de 30x40 cm y 500 μ m de luz de malla. La determinación de parámetros fisicoquímicos del agua como la temperatura, conductividad eléctrica, pH y sólidos totales disueltos, se llevó a cabo *in situ*, mientras que la alcalinidad total, cloruros, dureza cálcica, dureza magnésica y dureza total se determinaron en el laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. Para la identificación de los especímenes colectados, se emplearon las claves de la publicación “Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y biología” (Domínguez & Fernández, 2009). Se concluye que las características fisicoquímicas de los arroyos muestreados, son típicas de ecosistemas altoandinos alimentados por agua de precipitaciones y manantiales, con pH alcalino que va desde 7,14 a 7,40, con conductividad eléctrica baja (58,8 a 69,2 μ S/cm), con similar comportamiento de la dureza total (35,8 a 50,5 mg/L). Respecto a la composición, riqueza y abundancia, se recolectó un total de 51 445 especímenes pertenecientes a 51 taxones de macroinvertebrados, agrupados en 34 familias, 14 órdenes y 7 clases, siendo los más abundantes los géneros *Andesiops* con 17,52% seguido de *Hyalella* con 16,95%. Existe relación estadísticamente significativa (coeficiente rho Spearman, $p < 0,05$) de las características fisicoquímicas con la estructura del ensamblaje, demostrando que la dureza cálcica, dureza total y el pH influyen directamente sobre la composición, riqueza y abundancia con 9, 8 y 7 de los 51 taxones hallados, respectivamente. La similitud (Bray-Curtis) entre las zonas de muestreo muestra valores por debajo del 50%, mientras que, por meses fluctúa desde 0,09 hasta 0,81.

Palabras clave: Ensamblaje, arroyos, bofedales, altoandino, características fisicoquímicas.

I. INTRODUCCIÓN

Los bofedales altoandinos son ecosistemas acuáticos que se encuentran en mayor vulnerabilidad debido a que están relacionados íntimamente al régimen de lluvias, por lo que la cantidad de agua depende de la precipitación pluvial (Quispe et al., 2017). Los arroyos altoandinos están asociados a los bofedales; dentro de este ecosistema existen una alta diversidad de especies que son únicas, tales como: plancton, plantas, macroinvertebrados, anfibios e incluso peces (Hanson et al., 2010). A parte de ello, los bofedales tienen gran importancia por los servicios ecosistémicos que brindan, tales como: forraje para el ganado (bovino, ovino y camélidos sudamericanos), combustible, purificación y regulación del agua, entre otros (Grey, 2020).

El estudio de macroinvertebrados es importante porque pueden utilizar como indicadores biológicos, debido a que cumplen funciones importantes en los ecosistemas acuáticos (Car & Roldán, 2012). Por otro lado, tienen una estrecha relación con el medio donde habitan, por ello son empleados para determinar la calidad del agua (Hanson et al., 2010).

Estos ecosistemas, en los últimos años, están sufriendo impactos negativos, principalmente por la actividad humana (deforestación, urbanización, agricultura intensiva, contaminación, entre otros). Por lo que es necesaria la implementación de medidas de conservación. Por ello, es importante estudiar todos sus componentes, tanto en la parte abiótica y biótica. Sin embargo, la información disponible sobre el estudio de macroinvertebrados es escasa. Por ello, se realizó el presente estudio en arroyos que se encuentran asociados a bofedales altoandinos, ubicado en la localidad de Llachoccmayo, distrito de Chiara departamento de Ayacucho. La composición, abundancia relativa hasta el nivel de familia y género, y el análisis fisicoquímico del agua.

La presente investigación aporta información relevante sobre la composición y presencia de macroinvertebrados en ecosistemas de bofedal, organismos considerados indicadores biológicos debido a su elevada sensibilidad ante los cambios ambientales ocasionados por factores naturales y actividades antropogénicas. Por ello, el estudio se planteó bajo los siguientes objetivos:

Objetivo general

Estudiar la relación de las características fisicoquímicas con el ensamblaje de macroinvertebrados acuáticos en arroyos que escurren de tres bofedales alto andinos ubicados en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho, durante los meses de enero a diciembre del 2021.

Objetivos específicos

1. Determinar las características fisicoquímicas del agua de los tres arroyos que escurren de los tres bofedales altoandinos.
2. Determinar la composición, riqueza y abundancia del ensamble de macroinvertebrados acuáticos en los arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos.
3. Determinar la relación de las características fisicoquímicas del agua sobre la composición, abundancia y la riqueza del ensamble de macroinvertebrados acuáticos.
4. Determinar la similitud del ensamble de macroinvertebrados acuáticos según zonas y meses de muestreo.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

López et al. (2023) realizaron una investigación en quebradas de montaña del Oriente antioqueño, Colombia, con el objetivo de determinar las variables ambientales del hábitat que influyen en la estructura y dinámica de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos. Los autores consideraron que la composición y distribución de estos organismos están estrechamente relacionadas con las condiciones fisicoquímicas del agua y las características físicas del ambiente donde se desarrollan. El estudio fue ejecutado en febrero de 2021, durante el periodo de transición entre la temporada seca y lluviosa. Para la evaluación de la comunidad de macroinvertebrados se emplearon diferentes métodos de colecta mediante tres tipos de redes (red tipo net, red de pantalla y red manual), seleccionadas de acuerdo con las características de cada mesohábitat evaluado. Asimismo, se analizaron tres tipos de ambientes dentro de los sistemas acuáticos: rápidos, rizados y pozas, considerando variables ambientales asociadas a la presencia de cobertura vegetal, condiciones hidráulicas y características fisicoquímicas del agua. Los resultados evidenciaron una comunidad conformada por 75 géneros, distribuidos en 46 familias y 16 órdenes taxonómicos. Además, se encontraron diferencias entre los mesohábitats evaluados en relación con variables como concentración de oxígeno disuelto, profundidad, velocidad del agua y abundancia de organismos. El mesohábitat denominado rizo presentó los mayores valores de diversidad y abundancia de macroinvertebrados, mientras que las pozas mostraron menor presencia de organismos, debido a que ofrecieron condiciones menos favorables para el establecimiento de estas comunidades. Finalmente, los autores concluyeron que factores como la velocidad de corriente, profundidad del agua, disponibilidad de

oxígeno disuelto y calidad de la cobertura vegetal influyen significativamente en la distribución y estructura de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos. Este estudio constituye un aporte importante para comprender la relación entre las condiciones del hábitat y la biodiversidad acuática, proporcionando información útil para la conservación de ecosistemas fluviales andinos y la recuperación de ambientes degradados por actividades antropogénicas.

Castillo (2019) desarrolló una investigación en ocho bofedales pertenecientes a la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, Ecuador, ubicados en un rango altitudinal entre 3929 y 4312 m s.n.m., donde predominan temperaturas que fluctúan entre -3 y 14 °C. El objetivo del estudio fue evaluar la calidad del agua mediante la integración de indicadores físicos, químicos y biológicos, considerando a los macroinvertebrados acuáticos como organismos indicadores del estado ecológico de estos ecosistemas altoandinos. Para la evaluación biológica, se realizó un inventario de la comunidad de macroinvertebrados presente en cada bofedal. La colecta de organismos se efectuó mediante el uso de una red Surber y mediante captura directa, mientras que las muestras obtenidas fueron preservadas en alcohol al 70% para su posterior identificación taxonómica. Asimismo, se analizaron diversos parámetros fisicoquímicos del agua, cuyos resultados fueron obtenidos mediante el Laboratorio Analítico Ambiental Agua-Efluentes Industriales (LASA) y comparados con los criterios de calidad establecidos por el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE, 2015), considerando diferentes usos del recurso hídrico, como consumo humano, actividades agrícolas, pecuarias y conservación de vida silvestre. Los resultados evidenciaron la presencia de 4138 individuos pertenecientes a 21 familias de macroinvertebrados acuáticos, destacando por su abundancia las familias Hyalellidae y Limnephilidae. La predominancia de estos grupos, considerados organismos fragmentadores dentro de la cadena trófica, fue asociada con la influencia de actividades agrícolas y ganaderas desarrolladas en las zonas cercanas a los bofedales. En cuanto a los parámetros fisicoquímicos evaluados, la mayoría de variables se encontraron dentro de los límites establecidos por los criterios de calidad ambiental, a excepción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y la demanda química de oxígeno (DQO), cuyos valores superaron los rangos permitidos en la mayoría de los bofedales analizados. Finalmente, la calidad ecológica del agua fue determinada mediante la aplicación de índices biológicos como EPT, BMWP/Col, ABI/Ecuador y un índice adaptado para

bofedales de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo. Los resultados indicaron condiciones de calidad que variaron entre categorías de muy mala a crítica en la mayoría de los ecosistemas evaluados; sin embargo, el bofedal Culebrillas presentó una calidad de agua clasificada como excelente. El estudio demuestra la importancia del uso combinado de parámetros fisicoquímicos y comunidades de macroinvertebrados como herramientas para diagnosticar el estado ecológico de los bofedales altoandinos.

Villamarín (2012) realizó una investigación orientada a determinar la estructura y composición de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en ríos altoandinos de Ecuador y Perú, con la finalidad de analizar los patrones de distribución y variación de estos organismos en ecosistemas fluviales tropicales de montaña. El estudio permitió evaluar la influencia de factores ambientales, principalmente la variación altitudinal, sobre la riqueza, abundancia y composición taxonómica de las comunidades bentónicas. Los resultados evidenciaron una alta diversidad de macroinvertebrados acuáticos, registrándose un total de 196 taxones, lo que demuestra la elevada riqueza biológica presente en los ríos altoandinos tropicales. El autor determinó que la altitud representa uno de los principales factores que condicionan la estructura de estas comunidades, observándose una disminución en la riqueza de taxones y familias conforme se incrementaba la elevación. Asimismo, se identificaron cambios en la abundancia de determinados grupos taxonómicos a lo largo del gradiente altitudinal; algunos géneros como *Nectopsyche*, *Paltostoma*, *Rheotanytarsus* y *Polypedilum* redujeron progresivamente su presencia, mientras que otros como *Hyaella*, *Podonomopsis*, *Podonomus*, *Limnophyes*, *Claudioperla*, *Anacroneuria* y *Paraheptagyia* incrementaron su abundancia en sectores de mayor altitud. Además, el estudio evidenció que las comunidades de macroinvertebrados presentaron patrones de variación asociados a factores espaciales, como la latitud, donde algunos taxones disminuyeron su abundancia o desaparecieron gradualmente en determinadas zonas. También se determinó que variables ambientales como la litología y las características biogeográficas influyen en la composición taxonómica de las comunidades, especialmente a nivel de familias. Entre los grupos identificados, la familia Chironomidae destacó por presentar los mayores valores de abundancia y riqueza dentro de los ecosistemas evaluados. Concluyendo que los gradientes altitudinales generan modificaciones importantes en la distribución, riqueza y abundancia de los macroinvertebrados acuáticos, debido a la influencia de las

condiciones ambientales propias de cada zona. Este estudio constituye un aporte relevante para comprender la dinámica ecológica de las comunidades bentónicas en ecosistemas altoandinos y su relación con los factores ambientales que determinan su presencia y estructura.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Huaccanqui y Condori (2019) desarrollaron una investigación en la cuenca del río Kitamayo, ubicada en el distrito de Calca, provincia de Pisac, región Cusco, durante el periodo comprendido entre noviembre de 2018 y febrero de 2019. El objetivo principal del estudio fue evaluar la calidad del agua del río Kitamayo mediante el uso de macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos del estado ecológico del ecosistema acuático. Para el desarrollo de la investigación, los autores establecieron estaciones de muestreo considerando un gradiente altitudinal, clasificando las zonas en sectores alto, medio y bajo. La estación superior correspondió a Pampallacta, ubicada a 4070 m s.n.m.; la estación intermedia fue Quello Quello, localizada a 3494 m s.n.m.; mientras que la estación inferior correspondió a Pisac, a una altitud de 2998 m s.n.m. En cada estación se evaluaron tres subestaciones de muestreo, con la finalidad de caracterizar la composición y distribución de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos. Los resultados evidenciaron que los grupos taxonómicos más representativos fueron los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Amphipoda, los cuales en conjunto representaron aproximadamente el 73% de la abundancia total de macroinvertebrados bentónicos registrados. Entre los grupos con mayor predominancia destacaron la familia Hyalellidae con 24% de abundancia, seguida de Baetidae con 17%, y Gripopterygidae y Leptophlebiidae con 16% cada una. En cuanto al análisis ecológico de la comunidad, el índice de diversidad de Shannon-Wiener indicó una diversidad clasificada como media, mientras que el índice de Simpson reflejó valores correspondientes a una diversidad entre media y alta. Asimismo, el índice de similitud de Jaccard evidenció una elevada semejanza en la composición de macroinvertebrados entre las estaciones de Pampallacta y Quello Quello. Por otro lado, la aplicación del Índice Biótico Andino (ABI) permitió determinar que las estaciones evaluadas presentaron una buena calidad biológica del agua. concluyeron que la comunidad de macroinvertebrados bentónicos constituye una herramienta eficiente para evaluar las condiciones ecológicas de los sistemas fluviales altoandinos, debido a su respuesta frente a las características ambientales del hábitat. Este estudio aporta información relevante

sobre la relación entre la distribución de macroinvertebrados, el gradiente altitudinal y la calidad del agua en ecosistemas acuáticos de montaña.

Carrasco et al. (2020) realizaron una investigación durante el periodo 2016-2017 en dos bofedales altoandinos, Guitarrachayocc y Pichccahuasi, ubicados en el distrito de Paras, provincia de Cangallo, región Ayacucho. El estudio tuvo como finalidad caracterizar la composición y estructura de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos presentes en sistemas lóticos asociados a estos ecosistemas, así como analizar su relación con las condiciones fisicoquímicas del agua. Los resultados permitieron identificar 26 taxones de macroinvertebrados acuáticos distribuidos en 20 familias, 11 órdenes y cinco clases taxonómicas: Insecta, Clitellata, Gastropoda, Malacostraca y Oligochaeta. Entre los grupos registrados, la clase Insecta presentó la mayor riqueza, con 22 géneros identificados, destacando por su abundancia los géneros *Dicrotendipes* (26,9%), *Macrelmis* (19,85%) y *Claudioperla* (9,5%). Sin embargo, la presencia y abundancia de estos taxones presentó diferencias entre los bofedales evaluados, evidenciando variaciones asociadas a las características particulares de cada ambiente acuático. Respecto a las variables fisicoquímicas del agua, el bofedal Guitarrachayocc presentó una mayor variabilidad ambiental, registrándose valores de pH entre 3,2 y 7,6, además de una conductividad eléctrica que osciló entre 168,9 y 1117 $\mu\text{S/cm}$. En contraste, el bofedal Pichccahuasi mostró condiciones más estables, con valores de pH entre 6,4 y 6,6 y conductividad eléctrica entre 432,5 y 512 $\mu\text{S/cm}$. Estas diferencias reflejaron la influencia de las condiciones ambientales propias de cada zona de estudio sobre la composición de las comunidades biológicas. Asimismo, mediante el análisis de agrupamiento Cluster (Paired Group) basado en el índice de similitud de Sorensen, considerando un nivel de similitud del 60%, se establecieron tres grupos diferenciados según la composición de macroinvertebrados. El primer grupo estuvo constituido por las estaciones pertenecientes al bofedal Pichccahuasi; el segundo correspondió a las zonas evaluadas del bofedal Guitarrachayocc; mientras que el tercer grupo estuvo conformado por una zona particular de este último bofedal, donde únicamente se registraron los géneros *Lancetes* y *Ectemnostega*. Esta última zona presentó condiciones ambientales extremas, caracterizadas por los mayores valores de conductividad eléctrica (1117 $\mu\text{S/cm}$) y el menor valor de pH registrado (3,2). Finalmente, concluyeron que las variaciones en las condiciones fisicoquímicas del agua influyen en la estructura y distribución de las comunidades de

macroinvertebrados acuáticos en bofedales altoandinos. El estudio evidencia la utilidad de estos organismos como indicadores biológicos para evaluar cambios ambientales y comprender la dinámica ecológica de ecosistemas acuáticos de alta montaña.

Acosta (2009) realizó una investigación en la cuenca altoandina del río Cañete, Perú, con el objetivo de analizar la variación espacial y temporal de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en relación con el gradiente altitudinal, considerando un rango de elevación comprendido entre 2550 y 4400 m s.n.m. El estudio contempló dos periodos hidrológicos contrastantes: agosto de 2004, correspondiente a la época seca, y abril de 2005, durante la temporada lluviosa, con la finalidad de evaluar los cambios en la estructura de las comunidades biológicas frente a las variaciones ambientales. Los resultados evidenciaron una elevada diversidad taxonómica, registrándose un total de 108 géneros de macroinvertebrados acuáticos, donde la familia Chironomidae destacó por presentar la mayor representatividad dentro de la comunidad evaluada. El autor determinó que la riqueza de géneros presentó una tendencia negativa respecto al incremento de la altitud, observándose una reducción progresiva del número de taxones y familias en los sectores de mayor elevación. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas asociadas a la variación estacional entre la época seca y lluviosa. Dentro de los grupos identificados, el género *Cricotopus* (familia Chironomidae) presentó la mayor amplitud de distribución, debido a que estuvo presente a lo largo de todo el gradiente altitudinal evaluado. En contraste, otros géneros mostraron preferencias específicas por determinados rangos altitudinales; tal es el caso de *Podonomopsis* y *Limnophyes*, registrados principalmente entre los 4000 y 4500 m s.n.m.; *Podonomus*, entre los 3000 y 3500 m s.n.m.; y *Rheotanytarsus*, entre los 2500 y 3000 m s.n.m., evidenciando que la altitud condiciona la distribución de ciertos grupos taxonómicos. Asimismo, el estudio permitió identificar variaciones longitudinales en las características fisicoquímicas del agua en diferentes sectores de la cuenca, registrándose cambios en parámetros como temperatura, oxígeno disuelto, pH, alcalinidad, conductividad eléctrica y concentraciones de calcio, magnesio y azufre total. Estas modificaciones estuvieron relacionadas con factores propios de la dinámica hidrológica y geomorfológica del ecosistema, incluyendo el aporte de tributarios, ingreso de aguas subterráneas, presencia de turberas y la influencia de cuerpos lagunares. Además, realizó un análisis experimental sobre el consumo de

hojarasca por parte del género *Hyaella*, utilizando como fuente de alimento material vegetal proveniente de una especie nativa (*Polylepis* sp.) y una especie introducida (*Eucalyptus globulus*). Los resultados mostraron una mayor tasa de consumo de la hojarasca procedente de la especie nativa, resaltando la importancia de la vegetación local en los procesos de transferencia de materia y energía dentro de los ecosistemas acuáticos. Finalmente, el autor concluyó que los factores ambientales, especialmente la altitud y las condiciones fisicoquímicas del agua, desempeñan un papel determinante en la composición, distribución y abundancia de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en ecosistemas altoandinos. Este estudio constituye un aporte relevante para comprender cómo los gradientes ambientales influyen en la estructura ecológica de las comunidades bentónicas y su relación con las características particulares de los sistemas fluviales de montaña.

2.1.3. Antecedentes regionales

Cuadros (2022) desarrolló una investigación en la zona alta de la microcuenca Yucaes, durante el periodo comprendido entre octubre de 2020 y febrero de 2021, con el propósito de caracterizar la composición taxonómica y abundancia de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos, considerando la influencia de factores temporales y espaciales en su distribución. El estudio se realizó en los principales ríos que conforman la microcuenca Yucaes, estableciendo estaciones de muestreo en cada sistema acuático evaluado. Para la colecta de los organismos se empleó una red Surber con un área de captura de 1200 cm², realizando cinco colectas por cada muestra obtenida. Los especímenes recolectados fueron preservados en alcohol al 70% y posteriormente trasladados para su procesamiento e identificación taxonómica. Asimismo, se evaluaron las características fisicoquímicas del agua con la finalidad de determinar su influencia sobre la estructura de las comunidades de macroinvertebrados. Los resultados evidenciaron la presencia de 36 géneros distribuidos en 28 familias, 13 órdenes y seis clases taxonómicas de macroinvertebrados acuáticos. Entre los ríos evaluados, Yanawanku presentó la mayor riqueza con 31 géneros identificados, seguido por Watayqucha Matará con 27 géneros y Challwamayú con 26 géneros. Además, se registraron taxones exclusivos para cada sistema acuático, encontrándose seis géneros propios del río Yanawanku, dos en Watayqucha Matará y dos en Challwamayú, lo que demuestra diferencias en la composición biológica entre los ambientes evaluados. Asimismo, el estudio determinó que la

abundancia y composición de las comunidades de macroinvertebrados presentaron variaciones asociadas tanto a factores temporales, relacionados con los meses de evaluación, como espaciales, vinculados con las zonas de muestreo. Los géneros con mayor abundancia relativa fueron *Andesiops* (24,5%), *Claudioperla* (23,3%) y *Austrelmis* (15,4%), considerados los taxones más representativos dentro de la comunidad acuática de la cabecera de la microcuenca. Por otro lado, mediante el análisis de similitud de Bray-Curtis se determinó una mayor semejanza en la composición de macroinvertebrados entre los ríos Watayqucha Matará y Yanawanku, así como entre Yanawanku y Challwamayu, ambos con un valor de similitud de 0,44. En cambio, la similitud entre Watayqucha Matará y Challwamayu fue menor, alcanzando un valor de 0,39, evidenciando diferencias en la estructura comunitaria entre estos ambientes. En relación con las características fisicoquímicas del agua, se encontraron diferencias significativas entre los ríos evaluados ($p < 0,05$). El río Challwamayu presentó los valores más elevados de conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales, además de registrar menores valores de pH y temperatura en comparación con los demás sistemas acuáticos estudiados. Finalmente, concluyó que las condiciones ambientales y fisicoquímicas del agua influyen directamente en la distribución, composición y abundancia de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos. Asimismo, destacó la importancia de estos organismos como bioindicadores para evaluar la calidad ecológica de ecosistemas altoandinos, debido a su sensibilidad frente a las variaciones ambientales.

Ayala (2018) realizó una investigación entre octubre de 2016 y abril de 2017 en los ríos Macro y Pampas, ubicados en la región Ayacucho, con el objetivo de determinar la composición y abundancia de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos, así como establecer la relación existente entre estos organismos y las características fisicoquímicas del agua. Para ello, consideró diferentes parámetros ambientales, entre ellos cloruros, alcalinidad total, conductividad eléctrica, pH, dióxido de carbono, dureza cálcica, dureza magnésica, dureza total y sólidos disueltos totales, con la finalidad de evaluar su influencia sobre la estructura de la comunidad biológica. La investigación contempló la instalación de estaciones de muestreo en ambos sistemas fluviales, estableciendo dos puntos de evaluación en el río Macro y cinco en el río Pampas, ubicados en sectores cercanos a zonas con influencia urbana. La colecta de macroinvertebrados se efectuó mediante una red Surber con un área de captura

de 30 × 40 cm. Posteriormente, las muestras fueron almacenadas en bolsas plásticas y conservadas con alcohol al 99%, para luego ser trasladadas al Laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica de la Facultad de Ciencias Biológicas, donde se realizó el procesamiento, clasificación e identificación taxonómica de los organismos recolectados. Los resultados permitieron identificar un total de 41 géneros de macroinvertebrados acuáticos, distribuidos en 28 familias, 13 órdenes y cinco clases taxonómicas. El río Pampas presentó la mayor riqueza con 38 géneros registrados, de los cuales 10 fueron exclusivos de este ambiente, mientras que en el río Macro se identificaron 31 géneros. Asimismo, se evidenció que la abundancia de los organismos presentó variaciones tanto espaciales como temporales, destacando los géneros *Andesiops*, *Dicrotendipes* y *Heterelmis* como los grupos con mayor representatividad dentro de la comunidad evaluada. En cuanto a las condiciones fisicoquímicas del agua, el estudio determinó diferencias significativas entre los ríos Macro y Pampas ($p < 0,05$), evidenciando que las características ambientales particulares de cada sistema influyen en la composición y abundancia de los macroinvertebrados acuáticos. Además, mediante el análisis de correlación se determinó que los géneros *Andesiops*, *Huleechius* y *Hyaella* presentaron relaciones significativas con ocho de los nueve parámetros fisicoquímicos evaluados. Entre las variables ambientales analizadas, la dureza magnésica y los sólidos disueltos totales destacaron por presentar asociaciones significativas con un mayor número de componentes de la comunidad biológica. El autor concluyó que las características fisicoquímicas del agua desempeñan un papel fundamental en la distribución, composición y abundancia de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos. Asimismo, destacó la utilidad de estos organismos como indicadores biológicos para evaluar modificaciones ambientales y determinar la calidad ecológica de los ecosistemas fluviales altoandinos.

Gómez (2016) realizó una investigación orientada a evaluar la composición, abundancia y distribución de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en sistemas fluviales de la región Ayacucho, así como determinar la relación existente entre estos organismos y las condiciones fisicoquímicas del agua. Para ello, consideró diversos parámetros ambientales, entre ellos cloruros, alcalinidad total, conductividad eléctrica, pH, dióxido de carbono, dureza cálcica, dureza magnésica, dureza total y sólidos disueltos totales, con el propósito de establecer la influencia de estas variables sobre la estructura de la comunidad biológica. El

estudio comprendió la evaluación de dos sistemas fluviales, estableciendo estaciones de muestreo en los ríos Macro y Pampas. Se seleccionaron dos puntos de evaluación en el río Macro y cinco en el río Pampas, ubicados en sectores cercanos a zonas con influencia urbana. Para la recolección de macroinvertebrados acuáticos se utilizó una red Surber con un área de captura de 30 × 40 cm. Las muestras obtenidas fueron conservadas en bolsas plásticas con alcohol al 99% y posteriormente trasladadas al Laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica de la Facultad de Ciencias Biológicas, donde se realizaron los procesos de separación, identificación y clasificación taxonómica. Los resultados mostraron la presencia de 41 géneros de macroinvertebrados acuáticos, distribuidos en 28 familias, 13 órdenes y cinco clases taxonómicas. El río Pampas presentó una mayor riqueza con 38 géneros registrados, incluyendo 10 géneros exclusivos de este sistema, mientras que el río Macro presentó 31 géneros. Asimismo, se determinó que la abundancia de los organismos presentó variaciones en función del espacio y el tiempo, destacando los géneros *Andesiops*, *Dicrotendipes* y *Heterelmis* como los taxones más representativos de la comunidad evaluada. En relación con las características fisicoquímicas del agua, se encontraron diferencias significativas entre ambos ríos ($p < 0,05$), evidenciando que las condiciones ambientales particulares de cada sistema acuático influyen en la composición y abundancia de los macroinvertebrados. El análisis de correlación permitió identificar que los géneros *Andesiops*, *Huleechius* y *Hyaella* presentaron asociaciones significativas con ocho de los nueve parámetros fisicoquímicos evaluados. Entre las variables ambientales analizadas, la dureza magnésica y los sólidos disueltos totales fueron los parámetros que mostraron mayor número de relaciones significativas con los componentes de la comunidad biológica. El autor concluyó que las características fisicoquímicas del agua desempeñan un papel determinante en la estructura, distribución y abundancia de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos. Además, destacó que estos organismos constituyen herramientas eficientes como bioindicadores para evaluar alteraciones ambientales y determinar la calidad ecológica de los ecosistemas acuáticos altoandinos.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Bofedales

Llamados también como “vegas andinas” “turberas”, “cenegales”, en aymara “Juhu ayru” y en quechua “Oqhonaes”, son “ecosistema andino hidromórfico, con

vegetación herbácea de tipo hidrófila, que se presenta en los Andes sobre suelos planos, en depresiones o ligeramente inclinados; permanentemente inundados o saturados de agua corriente (mal drenaje), con vegetación densa y compacta siempre verde” (MINAM, 2019).

2.2.2. Macroinvertebrados acuáticos

Los macroinvertebrados acuáticos comprenden aquellos organismos que presentan un tamaño superior a 0,5 mm, según lo señalado por (Roldán, 1996). Estos organismos pueden desarrollarse en diferentes ambientes acuáticos, permaneciendo enterrados en el sustrato, adheridos a superficies como rocas, vegetación y troncos, o desplazándose libremente dentro de la columna de agua (Hanson et al., 2010). Dentro de este grupo se incluyen diversos taxones pertenecientes principalmente a los artrópodos, anélidos, moluscos y platelmintos, los cuales forman parte importante de la estructura y dinámica de los ecosistemas acuáticos (González et al., 2019).

2.2.3. Arroyos

Los arroyos constituyen ecosistemas acuáticos caracterizados por presentar cuerpos de agua en movimiento continuo, conocidos también como sistemas lóticos (Roldán & Ramírez, 2008). En algunas regiones son denominados quebradas y se distinguen por mantener un flujo natural permanente o temporal a través de cauces generalmente estrechos, poca profundidad y bajos niveles de caudal. A diferencia de los ríos, que presentan cauces más amplios y mayor extensión longitudinal, los arroyos suelen actuar como afluentes o tributarios que contribuyen al aporte hídrico de sistemas fluviales de mayor tamaño (Alianza Aguas Amazónicas, 2023).

2.2.4. Ensamblaje

Ensamblaje se refiere al estudio de una parte de la comunidad seleccionada desde un punto de vista taxonómico (Fauth et al., 1996). En la literatura biológica en castellano tiene dos significados diferentes: el primero refiere a grupos de especies de un hábitat relacionadas taxonómicamente; y lo otro son grupos de especies de un lugar sin interacciones ecológicas (Monge, 2015).

2.2.5. Abundancia

La abundancia hace referencia a la cantidad de individuos que conforman una comunidad biológica en una determinada unidad de superficie o volumen, representando la densidad poblacional de un grupo de organismos. Por otro lado, la abundancia relativa expresa la proporción porcentual que representa cada taxón

o especie respecto al número total de individuos registrados dentro de la comunidad evaluada. (Farías, 2013)

2.2.6. Riqueza

La riqueza constituye un componente de la diversidad específica que está relacionado con la cantidad de especies presentes en un espacio determinado, considerando además la proporción de individuos que corresponde a cada especie en relación con el total de organismos registrados en una comunidad (MINAM, 2019).

2.2.7. Similitud

La similitud constituye una medida ecológica que permite determinar el grado de semejanza existente entre dos comunidades biológicas. Los índices cualitativos o de incidencia son herramientas utilizadas para evaluar esta relación, considerando principalmente la presencia o ausencia de las especies que conforman cada comunidad (Espinosa, 2022).

2.2.8. Taxón

El término taxón se emplea para referirse a cada una de las categorías o grupos de organismos reconocidos dentro de la clasificación biológica internacional. Su forma plural correcta en español es taxones, mientras que el término taxa, proveniente del plural latino, no es recomendado para su uso en la lengua española (RAE, 2023).

2.2.9. Parámetros físicos del agua

Los parámetros físicos del agua corresponden a aquellas propiedades perceptibles o medibles que permiten caracterizar sus condiciones ambientales, entre las cuales se consideran aspectos como el olor, sabor, color, turbidez y temperatura.

2.2.10. Parámetros químicos del agua

Los parámetros químicos del agua corresponden a las propiedades relacionadas con su composición química, las cuales permiten evaluar sus condiciones y calidad. Entre estos indicadores se encuentran los sólidos totales disueltos (STD), la concentración de calcio y magnesio, los cloruros, entre otros componentes químicos presentes en el recurso hídrico.

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Ensamblaje

El término ensamblaje se refiere al estudio de una parte de la comunidad seleccionada y tiene que ser desde un punto de vista taxonómico (Fauth et al.,

1996). Cuando estudiamos solo los insectos o las aves dentro de una comunidad, estamos estudiando un ensamblaje. El término ensamblaje busca transmitir información sobre cómo están estructurados los miembros del conjunto. Un estudio sobre la composición taxonómica y funcional, y la estructura trófica de los invertebrados de ríos urbanos, debería llevar un título como “características de los ensamblajes de invertebrados de ríos urbanos”. Si solamente decimos “los invertebrados de ríos urbanos,” se nos quedaría por fuera parte de la información, en particular la parte de función y estructura. Utilizando la palabra ensamblaje transmitimos la idea de que el estudio es mucho más completo que una lista de especies; se trata de un estudio en que usamos un enfoque de ecología de comunidades para estudiar un componente de la misma. La palabra ensamble hace referencia a un grupo filogenéticamente relacionado que explota un recurso similar dentro de una comunidad (Fauth et al., 1996).

2.3.2. Bofedales altoandinos

Los bofedales altoandinos son conocidos en las diferentes áreas del país como “oconales” o “turberas”, constituyen ecosistemas hidromórficos distribuidos en forma de “parches” en la región andina, con suelos planos, en depresión o ligeramente inclinados; casi siempre inundados o saturados con agua corriente (mal drenaje), con abundancia vegetación con porte almohadillado o en cojín. Los tipos de la vegetación predominantes son los herbáceos de 0,1 a 0,5 metros. Los suelos orgánicos en mayor parte son profundos (turba), son aquellos ecosistemas considerado humedal andino, que va desde 3 000 m.s.n.m., principalmente en la zona sur y la zona central del país. Con superficie aproximada de 509,381 ha (0.40% de la superficie nacional), sin embargo, no incluye áreas menores de 25 ha. (MINAM, 2018).

El agua en los bofedales puede provenir de diversas fuentes como, deshielos manantiales, arroyos y lluvias, cuya importancia varía según las características específicas del bofedal. Estas condiciones ambientales, junto con otros factores, favorecen la presencia de una biodiversidad única, con la posible existencia de especies endémicas y poco comunes (Carrasco et al., 2020). La escorrentía del agua en los bofedales es lenta y, en la mayoría de casos, el agua se filtra en el suelo antes de reanudar el flujo en un nivel inferior. Por lo tanto, los ecosistemas de los bofedales regulan el flujo de agua y aseguran la estabilidad del suelo como también almacenan gran cantidad de agua, lo cual es muy importante en el cambio climático (Fonkén, 2014).

Los bofedales, como ecosistemas altoandinos, desempeñan un papel fundamental en la subsistencia de las comunidades locales, tanto económico, social y ambiental. Uno de los principales usos de los bofedales es la provisión de forraje para el ganado, incluyendo tanto al ganado nativo como a especies introducidas, son reconocidos por su capacidad de retener carbono, lo que los convierte en un tema de gran relevancia en el contexto del cambio climático, es posible fomentar actividades ecoturísticas vinculadas a los paisajes que incluyen bofedales. A pesar de la importancia de estos ecosistemas sufren diversas amenazas tales como: el sobrepastoreo, cambios en la provisión de agua, cosecha de turba para la venta a viveros principalmente en Lima y como combustible para cocinar en áreas locales, cambios en la calidad del agua por la minería entre otras (MINAM, 2019).

2.3.3. Arroyos altoandinos

Los arroyos altoandinos se localizan principalmente en regiones áridas de la cordillera de los Andes, generalmente por encima de los 3000 m s.n.m. Estos sistemas acuáticos suelen presentar aguas con baja carga de sedimentos y elevada transparencia; sin embargo, durante los periodos de estiaje pueden experimentar reducciones considerables de caudal e incluso llegar a secarse temporalmente debido a la escasa disponibilidad de precipitaciones. En contraste, durante la época lluviosa, el incremento de las precipitaciones favorece los procesos de erosión del suelo en las zonas circundantes, ocasionando un aumento de la turbidez del agua y mayores concentraciones de sedimentos y nutrientes. Asimismo, algunos riachuelos y arroyos altoandinos tienen su origen en zonas elevadas donde existen afloramientos de aguas termales, las cuales presentan concentraciones particulares de sales minerales y compuestos azufrados. Esta condición genera características fisicoquímicas diferenciadas en estos cuerpos de agua, influyendo en la composición y dinámica de las comunidades biológicas que los habitan (Roldán & Ramírez, 2008).

Los arroyos altoandinos se forman principalmente a partir del deshielo de zonas elevadas, manantiales o la confluencia de pequeños cursos de agua, caracterizándose por presentar corrientes rápidas y una elevada concentración de minerales producto de la interacción con los sustratos geológicos de la zona. A diferencia de los ríos, estos cuerpos de agua poseen menor caudal y mayor velocidad de flujo debido a las fuertes pendientes propias de los ambientes montañosos. Asimismo, los arroyos de montaña suelen presentar un flujo continuo

y bajas concentraciones de sales disueltas, lo que determina condiciones particulares para el desarrollo de comunidades acuáticas. Los ríos y arroyos cumplen un papel fundamental en los ecosistemas, debido a que constituyen fuentes esenciales de agua para diversos organismos y proporcionan hábitats donde se desarrolla una amplia diversidad biológica. En estos ambientes se encuentran comunidades conformadas por microorganismos y organismos superiores, incluyendo hongos, plantas, bacterias e invertebrados acuáticos, que participan en los procesos ecológicos y el funcionamiento de los sistemas acuáticos (Sánchez, 2021).

Para clasificar los componentes de una cuenca hidrográfica según la magnitud de sus cursos de agua, se emplean términos como riachuelo, arroyo y río. Los riachuelos corresponden a los cuerpos de agua de menor tamaño, mientras que los arroyos presentan dimensiones intermedias. Dentro de estos últimos, los arroyos de primer orden se caracterizan por no recibir aportes de otros cursos de agua, mientras que los arroyos de segundo orden se originan mediante la unión de dos arroyos pertenecientes al mismo nivel jerárquico. Finalmente, los ríos representan los sistemas fluviales de mayor tamaño y caudal dentro de la red hidrográfica (Valdivielso, 2020).

2.3.4. Macroinvertebrados acuáticos

Los macroinvertebrados acuáticos presentan tamaños que generalmente oscilan entre 2 mm y 30 cm, siendo los artrópodos el grupo más representativo dentro de esta comunidad. Entre ellos destacan principalmente los insectos pertenecientes a los órdenes *Plecoptera*, *Ephemeroptera* y *Trichoptera*, debido a su amplia presencia e importancia ecológica en los ecosistemas acuáticos (Carrera & Fierro, 2001).

Los macroinvertebrados acuáticos son organismos invertebrados cuyo tamaño corporal supera los 500 μm y constituyen un grupo diverso que incluye diferentes categorías taxonómicas, como poríferos, platelmintos, hirudíneos, oligoquetos, moluscos y crustáceos, entre ellos los cangrejos. No obstante, en los ecosistemas de agua dulce, los insectos representan el grupo más abundante y diverso dentro de esta comunidad. Gran parte de estos organismos presentan etapas tempranas de desarrollo en ambientes acuáticos, como huevos, ninfas o larvas, mientras que durante la fase adulta muchas especies adoptan hábitos terrestres. Entre los principales órdenes de insectos con estadios acuáticos destacan los efemerópteros, plecópteros, odonatos, hemípteros, coleópteros, tricópteros y

dípteros, debido a su amplia distribución y elevada representatividad en los ecosistemas dulceacuícolas (Ladrera, 2012).

Estos habitan en el fondo de ríos y lagos, o enterrados en el fango y arena; adheridos en los troncos, vegetación sumergida y rocas; o nadando activamente dentro del agua o en la superficie de la misma (Roldán, 1996). Asimismo, los macroinvertebrados acuáticos desempeñan un papel fundamental dentro de las redes tróficas de los ecosistemas acuáticos, debido a que constituyen una fuente importante de alimento para diversos organismos consumidores, entre ellos peces, anfibios, reptiles y aves (González et al., 2019).

Estos organismos habitan en agua dulce y tienen una gran variedad de adaptaciones, tales como buceadores (Dytiscidae e Hydrophilidae), nadadores que viven sumergidos son capaces de nadar con movimientos como los de un pez, agarradores (adaptaciones para agarrarse o sujetarse al sustrato), reptadores (Ephemeroptera, Odonata y Libellulidae), trepadores (viven en las partes sumergidas de las plantas acuáticas) y excavadores (excavan y se entierran en los sedimentos) (Hanson et al., 2010).

2.3.5. Función e importancia ecológica de los macroinvertebrados en sistemas acuáticos

Los macroinvertebrados de ambientes dulceacuícolas cumplen funciones esenciales en el funcionamiento ecológico de los sistemas acuáticos, debido a su participación en los procesos de transferencia de energía y regulación de la productividad primaria. Estos organismos contribuyen al control de las poblaciones de algas y otros microorganismos asociados al perifiton mediante su actividad alimenticia, favoreciendo el flujo de materia y energía hacia los diferentes niveles tróficos que conforman las redes alimentarias acuáticas (Hanson et al., 2010). Los macroinvertebrados acuáticos constituyen un grupo biológico diverso, abundante y con una elevada capacidad de adaptación a las condiciones propias de los ecosistemas dulceacuícolas. Estos organismos cumplen funciones ecológicas esenciales dentro de los ambientes acuáticos, participando activamente en las redes tróficas y en los procesos de degradación y transformación de la materia orgánica, contribuyendo al funcionamiento y equilibrio de estos ecosistemas (Guarderas et al., 2017). Por lo general, estos organismos son sumamente especializados, adaptados a condiciones ambientales muy concretas, por ello son considerados importantes indicadores biológicos en la contaminación del agua, ya

que son muy sensibles a distintas alteraciones del hombre tanto en fisicoquímicas e hidromorfológicas (González et al., 2019).

A continuación, se muestran las funciones ecológicas de algunos grupos de macroinvertebrados.

A. Filo Porifera (Poríferos o Esponjas)

Tienen la capacidad de filtran partículas de alimentos y materia orgánica disuelta del agua, purifican y limpian los ecosistemas acuáticos (Ladrera, 2012).

B. Filo Platyhelminthes (Platelmintos o Gusanos planos)

Algunas especies son depredadores importantes en el suelo y en ambientes acuáticos, mientras que otras son parásitos que pueden afectar a otros organismos (Roldán & Ramírez, 2008).

C. Filo Mollusca (Moluscos)

Cumplen roles importantes en los ecosistemas acuáticos como filtradores, depredadores y presas. A parte de ello son utilizados como indicadores sensibles de la calidad del agua (Ladrera, 2012).

D. Filo Annelida (Anélidos o Gusanos segmentados)

Los macroinvertebrados participan activamente en los procesos de degradación y transformación de la materia orgánica, además de ser organismos sensibles a las variaciones ambientales, por lo que son utilizados como indicadores biológicos para evaluar las condiciones de calidad del suelo y del agua (Roldán & Ramírez, 2008).

E. Filo Arthropoda (Artrópodos)

Son los mas diversos y abundante del reino animal, dentro de ello están los insectos, arácnidos, crustáceos y miriápodos. Las características principales son: cuerpos segmentados y exoesqueletos quitinosos. Son depredadores, herbívoros, polinizadores y descomponedores y también son utilizados como indicadores importantes de la calidad del agua y del hábitat (Roldán & Ramírez, 2008).

Dentro de la clase Insecta se encuentra tres grupos importantes para que sirven como indicadores de calidad de agua debido a su baja capacidad de tolerar bajos niveles de oxígeno, estas prefieren aguas muy oxigenadas y libres de contaminación, Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera. Se alimentan de materia orgánica y presas pequeñas. Otros ordenes no menos importantes son los Odonatos (viven en diferentes hábitats acuáticos, pero prefieren áreas con como remansos o pequeñas lagunas); hemípteros (para evitar la depredación desarrollaron adaptaciones y vivir en la superficie con comportamientos

gregarios); coleópteros (es un grupo más extenso y estudiado con 15% de especies que están adaptados al medio acuático) y por último los dípteros (viven en ambientes con corrientes altos niveles de oxígeno y otras que viven en entornos con perturbaciones y condiciones extremas) (Roldán & Ramírez, 2008).

2.3.6. Macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua

Los macroinvertebrados acuáticos tienen un estilo de vida sésil y la estrecha relación con su hábitat, los convierte en del deterioro de los cuerpos de agua naturales. (Roldán & Ramírez, 2008). En este contexto, los macroinvertebrados bentónicos sobresalen como bioindicadores debido a su alta especificidad de respuesta a los contaminantes y a su preferencia por ocupar microambientes específicos (E. López & Sedeño, 2015). Los macroinvertebrados pueden detectar contaminantes presentes en bajas concentraciones que podrían ser indetectables mediante métodos fisicoquímicos. Por otro lado, el análisis fisicoquímico puede depender de factores ambientales como el caudal en el momento de la toma de muestra, limitación que no afecta a los macroinvertebrados, ya que están ampliamente distribuidos en los cuerpos de agua.

Car & Roldán. (2012) considera que los macroinvertebrados son considerados excelentes indicadores de calidad del agua por varias razones, entre ellas las siguientes:

- Los macroinvertebrados son sensibles a cambios en las condiciones del agua y del hábitat.
- La diversidad taxonómica es amplia y ello permite evaluar diferentes aspectos de la calidad del agua y el impacto en la biodiversidad acuática.
- Debido a su ciclo de vida prolongado a lo largo del tiempo les permite integrar los efectos de la contaminación.
- La identificación es relativamente fácil, estos organismos son identificados hasta el nivel de especie, lo que proporciona información muy detallada en cuanto a la composición de la comunidad y respuestas a estos cambios ambientales.
- Son organismos generalmente abundantes y ampliamente distribuidos en los cuerpos de agua, esto facilita el muestreo y seguimiento en los diferentes hábitats, en cuanto al monitoreo se requiere equipos simples y accesibles.

2.3.7. Parámetros físicos y químicos de la calidad de agua

A. Temperatura

Es el parámetro físico importante del agua que mide la intensidad del calor, en el desarrollo de flora y fauna acuática. Una temperatura adecuada es crucial para el

crecimiento, la reproducción y la distribución de las especies acuáticas (Roldán & Ramírez, 2008). Cuando hay variaciones extremas en la temperatura pueden estresar a los organismos, afectar su tasa metabólica y alterar la estructura de las comunidades acuáticas. Además, la temperatura del agua influye en la solubilidad de los gases, como el oxígeno y el dióxido de carbono, lo que afecta la disponibilidad de oxígeno para los organismos acuáticos (Sierra, 2011). La temperatura es una variable física que permite determinar el nivel de energía térmica de un cuerpo o sustancia y se expresa comúnmente mediante la escala de grados Celsius o centígrados (Romero, 2005).

B. pH

El pH mide la intensidad de acidez o alcalinidad del agua a una escala de cero a catorce. Este parámetro tiene impacto significativo en la química como biológica del agua. Muchos organismos acuáticos tienen rangos específicos de pH para que puedan sobrevivir y reproducirse. Las variaciones de pH pueden alterar la disponibilidad de nutrientes, toxicidad de metales pesados, la eficacia de los productos químicos y la estructura de las comunidades acuáticas (Sierra, 2011). Los niveles elevados de pH pueden generar modificaciones en las condiciones naturales de los ecosistemas acuáticos, afectando a las comunidades de flora y fauna debido a procesos como la alteración de la estructura de las proteínas. Para la mayoría de organismos acuáticos, los valores comprendidos entre 6,0 y 7,2 representan un intervalo adecuado para su desarrollo y supervivencia (UPCT, 2017).

C. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica del agua constituye un parámetro que permite estimar la cantidad de sales disueltas presentes en un cuerpo hídrico, debido a que refleja la concentración de iones como calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), sodio (Na^+), fósforo (P), bicarbonatos, cloruros y sulfatos (Sierra, 2011). Esta propiedad representa la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica, la cual depende principalmente de la concentración de sustancias ionizadas disueltas y de la temperatura del medio. Por esta razón, cualquier modificación en estos factores puede generar variaciones en los valores de conductividad eléctrica registrados (Romero, 2005).

D. Cloruros (Cl^-)

Las sales disueltas representan indicadores indirectos de procesos de contaminación asociados principalmente a actividades humanas de origen

orgánico, debido a la presencia de compuestos iónicos en el agua (Sierra, 2011). El incremento de estas sustancias provoca un aumento de la salinidad del medio acuático, generando alteraciones en los procesos de osmorregulación de numerosos organismos debido a la elevada concentración de sales. En consecuencia, los ambientes con altos niveles de salinidad suelen presentar una menor diversidad de organismos acuáticos, ya que limitan la presencia de especies sensibles a estos cambios (Roldán & Ramírez, 2008).

E. Alcalinidad

En el agua se define como la capacidad que tiene para neutralizar los ácidos. Estos pueden considerarse como la presencia de sustancias básicas en el agua, principalmente, sales de ácidos débiles o bases fuertes (su principal característica es el radical OH⁻, por ejemplo, la soda cáustica NaOH). La alcalinidad principalmente llega al agua por las variaciones que producen en el pH se generan reacciones secundarias rompiendo el ciclo ecológico en un cuerpo de agua, como también por la contaminación industrial. Por ejemplo, la soda cáustica (NaOH) es una base fuerte que utiliza en la industria del papel las cuales vierte comúnmente a los ríos (Sierra, 2011).

F. Dureza total

Es la presencia del catión bivalente en el agua, principalmente de calcio y magnesio, disueltos en el agua (Sierra, 2011). Los organismos requieren de calcio y magnesio para la vida. El calcio es un componente esencial para los huesos, paredes celulares y conchas de muchos organismos acuáticos. En aguas no contaminadas la dureza total es generalmente similar al valor de la alcalinidad total. El valor de la dureza del agua de mar es de 6, 000 mg/l o superiores y en concentraciones mayores a 200 mg/l no afecta en la salud de los consumidores, sin embargo, puede afectar a las tuberías (Quispe, 2017).

G. Dureza cálcica

Es la concentración de iones de calcio (Ca²⁺) disueltos en el agua. Esta medida es relevante debido a que el calcio es un nutriente esencial para muchos organismos acuáticos, incluyendo algas, crustáceos y algunas especies de peces (Sierra, 2011). El calcio en concentraciones adecuadas es muy importante en el desarrollo y crecimiento de organismos acuáticos, ya que este catión desempeña un papel vital en su formación de estructuras esqueléticas (Quispe, 2017).

H. Dureza magnésica

Es la concentración de iones de magnesio disueltos en agua. En términos ecológicos puede afectar a la composición y distribución de los organismos acuáticos (Sierra, 2011).

2.4. Marco Legal

2.4.1. Ley N° 29338 - Ley de Recursos Hídricos

Esta ley establece el marco legal para la gestión integrada y sostenible de los recursos hídricos en el Perú. Su objetivo es garantizar el acceso equitativo al agua, promover su uso eficiente y sostenible, y proteger la calidad del agua y los ecosistemas acuáticos. La ley también establece los principios, derechos, obligaciones y competencias en la gestión del agua, así como los mecanismos de coordinación entre las entidades públicas y la participación de la sociedad civil en la toma de decisiones sobre el agua.

2.4.2. Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM - Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Este decreto establece los estándares de calidad ambiental para el agua en el Perú. Define los límites máximos permisibles de diversos parámetros físicos, químicos y biológicos del agua, como pH, turbidez, metales pesados, bacterias coliformes, entre otros. El objetivo es proteger la salud humana y el ambiente, garantizando la calidad del agua para diversos usos, como consumo humano, recreación, riego, entre otros.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción espacial del área de estudio

3.1.1. Ubicación política

Localidad : Llachoccmayo

Distrito : Chiara

Provincia : Huamanga

Departamento : Ayacucho

Como punto de referencia, el área de investigación se localiza aproximadamente a 30 minutos de la bifurcación de la carretera Andahuaylas–Cangallo, en las inmediaciones de la antena Radar de Ayacucho.

3.1.2. Ubicación geográfica

Los bofedales evaluados se encuentran georreferenciados mediante coordenadas UTM en los siguientes puntos: el bofedal Tocctocucho, ubicado en las coordenadas Este 586452 y Norte 8523399, a una elevación de 4094 m s.n.m.; el bofedal Punturco, localizado en Este 585317 y Norte 8523386, con una altitud de 4214 m s.n.m.; y el bofedal Calliquin Huayco, situado en Este 584966 y Norte 8522383, a 4159 m s.n.m. Asimismo, el arroyo Llachoccmayo presenta una ubicación de Este 585640 y Norte 8521624, con una altitud de 3949 m s.n.m. La ubicación y delimitación de los puntos de muestreo fueron determinadas mediante el uso de un equipo GPS navegador, complementándose la información espacial con el apoyo del software Google Earth para la verificación y representación cartográfica del área de estudio.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

La población de estudio estuvo constituida por las comunidades de macroinvertebrados acuáticos y las muestras de agua provenientes de los arroyos que se originan en tres bofedales altoandinos, así como del curso de agua

generado por la confluencia de estos tres sistemas. Estos ambientes acuáticos se encuentran ubicados en la localidad de Llachoccmayo, distrito de Chiara, provincia de Huamanga, Ayacucho, durante el periodo de evaluación 2020-2021.

3.2.2. Muestra

Estuvo conformada por 96 muestras de macroinvertebrados acuáticos y 48 muestras de agua recolectadas durante el periodo de evaluación.

3.2.3. Tipo de investigación

La investigación es de tipo básica y nivel descriptivo-correlacional, orientada a evaluar la relación entre la comunidad de macroinvertebrados acuáticos (composición, riqueza y abundancia relativa) y las características fisicoquímicas del agua, mediante el análisis estadístico de las variables estudiadas.

3.3. Sistema de muestreo y recolección de datos

3.3.1. Ubicación de las zonas de muestreo

En la primera etapa del estudio, se realizó una selección determinística de dos puntos de muestreo por cada zona establecida en los arroyos correspondientes a cada bofedal, manteniendo una distancia aproximada de 30 metros entre ellos. Asimismo, se consideraron puntos de evaluación en el arroyo formado por la confluencia de los tres bofedales, con el propósito de asegurar una adecuada representatividad de las muestras obtenidas. En la segunda etapa, la recolección de muestras se efectuó mediante un muestreo sistemático, realizando evaluaciones mensuales consecutivas durante un periodo de un año (enero a diciembre de 2021). Los muestreos fueron distribuidos espacialmente a intervalos aproximados de 5 metros en dirección aguas arriba del cauce.

Tabla 1. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo establecidos en los arroyos provenientes de tres bofedales altoandinos, localidad de Llachoccmayo, distrito de Chiara, Ayacucho - 2021.

Zonas de estudio	Codificación de las zonas muestreo	Coordenadas UTM		Altitud (m s.n.m.)
		Este	Norte	
Tocctocucho (I)	I1	586452	8523399	4094
	I2	586206	8522934	4067
Punturco (II)	II1	585317	8523386	4214
	II2	585597	8522970	4088
Calliquin huayco (III)	III1	584966	8522383	4159
	III2	585194	8521989	4055
Arroyo Llachoccmayo (IV)	IV1	585640	8521624	3949
	IV2	585640	8521624	3949

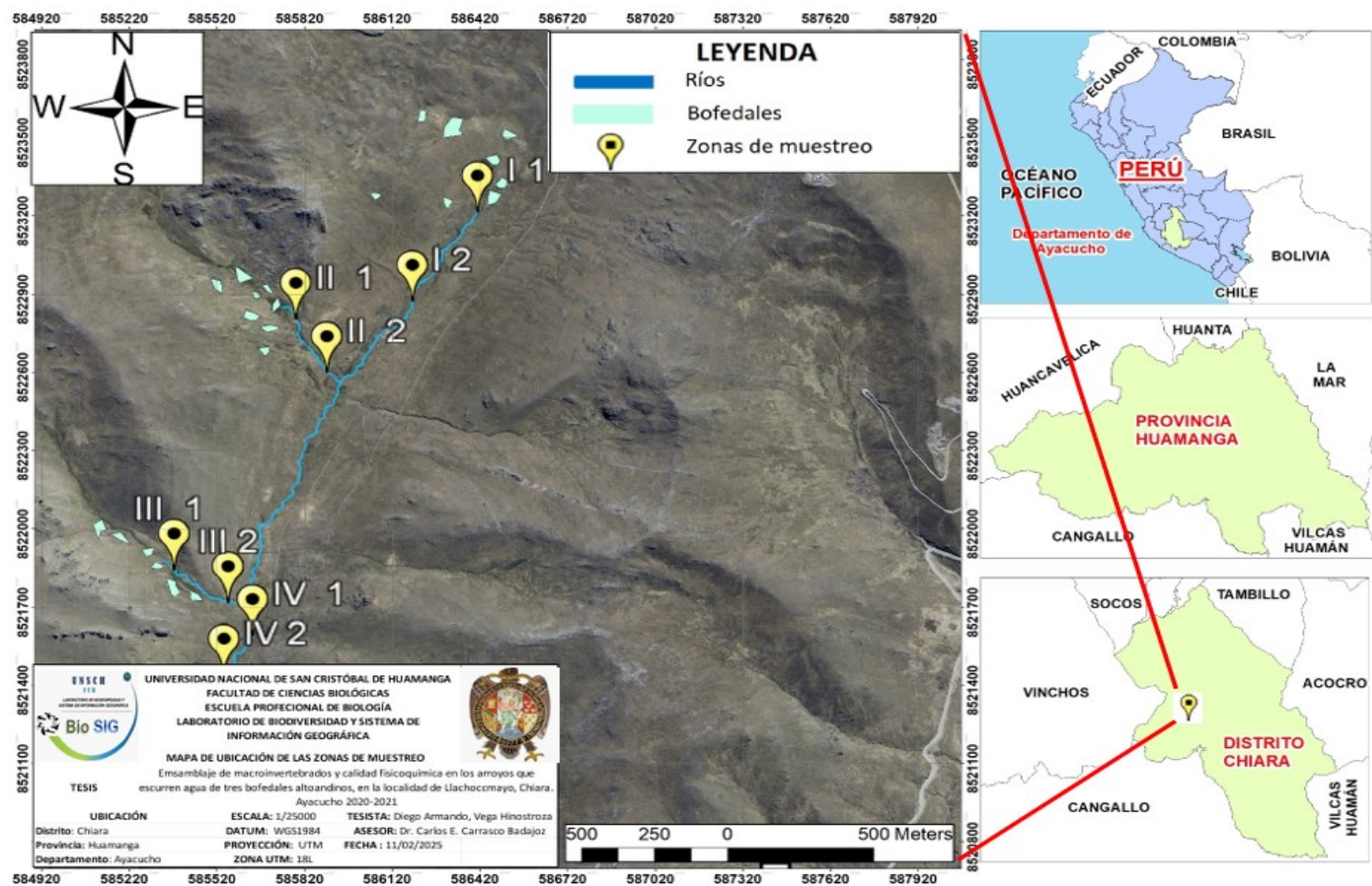


Figura 1. Mapa de localización de los cuatro puntos de muestreo establecidos en los arroyos asociados al flujo hídrico de tres bofedales altoandinos, ubicados en la localidad de Llachoccmayo, distrito de Chiara, Ayacucho, 2021.

3.3.2. Características fisicoquímicas de agua

a. Toma de muestra

Se efectuó en el horario comprendido entre las 10:00 a.m. y 1:00 p.m., siguiendo el desplazamiento contrario al flujo de la corriente (desde la zona IV hasta la zona I). Para esta actividad se utilizaron frascos de PVC con capacidad de 700 mL, los cuales fueron introducidos cuidadosamente en el cuerpo de agua permitiendo el ingreso de la muestra sin generar alteraciones o turbulencias. Una vez alcanzado el volumen requerido, los recipientes fueron cerrados herméticamente y correctamente rotulados para su posterior identificación y análisis.

b. Determinaciones

La evaluación de las características fisicoquímicas del agua incluyó la determinación *in situ* de parámetros como temperatura (°C), pH, conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) y sólidos totales disueltos (mg/L), utilizando un equipo multiparamétrico marca Hanna, modelo HI98131. Por otro lado, para la determinación de variables como alcalinidad, dureza total, dureza cálcica, dureza magnésica y concentración de cloruros, las muestras fueron trasladadas al Laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica, donde se realizaron los análisis correspondientes. El procedimiento analítico y procesamiento de los parámetros fisicoquímicos se efectuó siguiendo la metodología establecida por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS, 1997).

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos del agua evaluados de acuerdo con la metodología establecida por la SUNASS (1997)

Parámetro	Unidad	Método
pH		Método electrométrico
Conductividad eléctrica	$\mu\text{S}/\text{cm}$	Método electrométrico
STD	mg/L	Método electrométrico
Temperatura	°C	Método electrométrico
Dureza Total	$\text{mg}/\text{L CaCO}_3$	Método titulométrico
Dureza cálcica	$\text{mg}/\text{L de Ca}$	Método titulométrico
Dureza magnésica	$\text{mg}/\text{L de Mg}$	Método titulométrico
Alcalinidad total	$\text{mg}/\text{L CaCO}_3$	Método titulométrico
Cloruros	$\text{mg Cl}/\text{L}$	Método argentométrico

3.3.3. Obtención de macroinvertebrados acuáticos

a. Colecta

La recolección de macroinvertebrados acuáticos se efectuó en cuatro zonas de muestreo previamente establecidas: tres correspondientes a los arroyos

asociados a cada bofedal y una ubicada en el arroyo generado por la confluencia de estos sistemas. Las evaluaciones se realizaron en sectores con profundidades menores a 40 cm, durante el horario comprendido entre las 10:00 a.m. y 1:00 p.m., siguiendo el desplazamiento en sentido contrario al flujo de la corriente. En cada zona de muestreo se obtuvieron dos muestras de macroinvertebrados acuáticos, donde cada muestra estuvo conformada por cinco colectas realizadas en puntos cercanos al área evaluada. Para la captura de los organismos se utilizó una red Surber con abertura de malla aproximada de 500 μ m y un área de muestreo de 30 $\times$ 40 cm. Asimismo, en cada zona se recolectó una muestra de agua para la evaluación de sus características fisicoquímicas. De esta manera, durante cada mes de evaluación se obtuvieron ocho muestras de macroinvertebrados acuáticos y cuatro muestras de agua provenientes de los arroyos asociados a los tres bofedales y del curso de agua generado por su unión. El muestreo se realizó con una frecuencia mensual durante el periodo comprendido entre enero y diciembre del año 2021.

b. Procesamiento y preservación

Las muestras recolectadas, correspondientes a ocho muestras de macroinvertebrados acuáticos, fueron almacenadas en bolsas plásticas de 6 $\times$ 12 cm, adicionándoles alcohol al 96% como sustancia preservante y colocando la respectiva codificación para su identificación. Posteriormente, las muestras fueron trasladadas al Laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica (BioSIG) de la Escuela Profesional de Biología, donde se realizó el procesamiento y análisis correspondiente. El procedimiento de colecta y manejo de los macroinvertebrados se efectuó considerando las recomendaciones establecidas por (Domínguez & Fernández, 2009) y (Carrera & Fierro, 2001).

En el laboratorio, las muestras recolectadas fueron sometidas a un proceso de limpieza utilizando coladores, con la finalidad de eliminar partículas e impurezas presentes en el material colectado, y pinzas para la separación manual de los organismos. Para facilitar la selección de los macroinvertebrados de interés, las muestras previamente lavadas fueron colocadas en bandejas translúcidas que permitieron una mejor visualización de los especímenes. Los organismos separados fueron almacenados inicialmente en frascos de boca ancha y posteriormente distribuidos en viales según sus características morfológicas similares (morfortipos). Finalmente, los ejemplares fueron conservados en alcohol al 96% y rotulados considerando la zona y fecha de colecta, hasta su posterior identificación taxonómica.

c. Identificación

La identificación taxonómica de los macroinvertebrados acuáticos se realizó hasta el nivel de género y, en determinados casos, hasta familia, debido a limitaciones relacionadas con la disponibilidad de claves especializadas y a que algunos grupos requieren la aplicación de técnicas adicionales, como cortes histológicos, para una identificación más precisa. Para la determinación taxonómica se emplearon diversas guías especializadas de (Domínguez & Fernández, 2009), (Roldán, 1996) y (Prat et al., 2011). La evaluación de los caracteres morfológicos utilizados para la identificación de los organismos se efectuó mediante un estereoscopio marca Zeiss, modelo Stemi 2000-C, y un microscopio compuesto marca Olympus, modelo CX31RTSF, permitiendo observar estructuras de importancia taxonómica para su clasificación.

d. Determinación de la composición, abundancia y riqueza

Para establecer la composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos evaluada, se realizó la identificación taxonómica de todos los organismos recolectados, considerando cada zona de muestreo como unidad de análisis. La abundancia fue determinada mediante el conteo del número de individuos pertenecientes a cada grupo taxonómico registrado en cada zona y bofedal. Posteriormente, estos valores fueron relacionados con el total de individuos obtenidos en la muestra para calcular la abundancia relativa de cada taxón. Una vez identificados los organismos, fueron clasificados según su categoría taxonómica correspondiente (género, familia y orden), lo que permitió estimar la riqueza de la comunidad mediante el número de géneros, familias y órdenes presentes.

3.3.4. Determinación la relación de características fisicoquímicas del agua sobre composición, riqueza y la abundancia del ensamblaje de macroinvertebrados

Para evaluar la relación entre las variables estudiadas se aplicó el análisis de correlación de Rho de Spearman, debido a que los datos obtenidos no presentaron una distribución normal. En primer lugar, se estableció la relación entre la abundancia absoluta de los taxones registrados y los parámetros fisicoquímicos del agua. Posteriormente, se identificaron los taxones que presentaron el mayor número de correlaciones estadísticamente significativas ($p < 0,05$), así como los parámetros fisicoquímicos asociados a dichas relaciones.

Asimismo, para analizar la composición y riqueza de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, se correlacionó el número de taxones, familias y órdenes identificados con las características fisicoquímicas del agua, con el propósito de determinar la influencia de las condiciones ambientales sobre la estructura de la comunidad biológica.

3.3.5. Determinación de la similitud del ensamblaje de macroinvertebrados acuáticos según zonas y meses de muestreo

En este aspecto se empleó el índice de Bray-Curtis (cuantitativo), tanto para determinar la similitud entre arroyos y meses de muestreo. Para este efecto se empleó el software PAST (Paleontological Statistics).

3.4. Análisis estadístico

A partir de la información obtenida sobre la composición taxonómica de los macroinvertebrados acuáticos y las características fisicoquímicas del agua, se elaboró una base de datos utilizando el programa Microsoft Office Excel 2016. Posteriormente, los datos fueron exportados a los programas estadísticos IBM SPSS versión 30 e InfoStat, donde se realizaron los análisis descriptivos mediante medidas de tendencia central (media) y de dispersión (desviación estándar), cuyos resultados fueron representados mediante tablas y figuras. Para evaluar las diferencias en la abundancia de los grupos de macroinvertebrados entre las zonas de muestreo, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, debido a que los datos no cumplieron con el supuesto de normalidad. Asimismo, para determinar el grado de asociación entre las características fisicoquímicas del agua y la abundancia de los componentes de la comunidad de macroinvertebrados, se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman. Para determinar la similitud (índice de diversidad beta) entre las zonas y los meses de muestreo se utilizó el Índice de Bray-Curtis.

IV. RESULTADOS

Tabla 3. Valores promedio y variabilidad (desviación estándar) de las características fisicoquímicas del agua evaluadas en los arroyos asociados a tres bofedales altoandinos de Llachoccmayo, Chiara, Ayacucho 2021.

Características fisicoquímicas	Zona muestreo			
	I	II	III	IV
Temperatura °C	12,14±1,67	12,70±1,00	12,60±1,60	13,21±1,43
Conductividad eléctrica (uS/cm)	69,2±6,7	62,5±11,6	58,8±14,6	66,7±9,8
pH	7,27±0,45	7,40±0,33	7,31±0,18	7,14±0,48
Alcalinidad total (mg/L CaCO ₃)	27,2±7,2	22,8±4,5	24,8±3,5	27,5±4,4
Dureza total (mg/L CaCO ₃)	50,5±7,0	45,5±10,7	45,0±8,5	35,8±10,2
Dureza cálcica (mg/L de Ca)	34,0±13,3	34,5±12,0	31,3±10,6	25,2±8,2
Dureza magnésica (mg/L de Mg)	16,5±10,7	11,0±6,0	13,8±8,3	10,7±6,9
Cloruros (mg Cl/L)	7,1±3,4	7,8±4,7	6,3±3,7	6,0±3,4

Tabla 4. Composición del ensamble de macroinvertebrados en arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.

Orden	Familia	Taxones	Zona muestreo				Zonas (n°)
			I	II	III	IV	
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Andesiops</i>					4
	Leptophlebiidae	<i>Meridialis</i>					4
Odonata	Aeshnidae	<i>Aeshna</i>					3
	Coenagrionidae	Coenagrionidae					1
Plecoptera	Gripopterygidae	<i>Claudioperla</i>					4
	Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>					2
Trichoptera	Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>					2
		<i>Cailloma</i>					4
	Hydroptilidae	<i>Ochrotrichia</i>					4
	Leptoceridae	<i>Atanatolica</i>					1
		<i>Grumichella</i>					4
		<i>Nectopsyche</i>					3
	Limnephilidae	<i>Antarctoecia</i>					4
	Polycentropodidae	<i>Polycentropus</i>					4
	Ceratopogonidae	<i>Bezzia</i>					1
Diptera	Chironomidae	<i>Alotanypus</i>					4
		<i>Dicrotendipes</i>					4
		<i>Paraheptagyia</i>					1
		<i>Pentaneura</i>					4
		<i>Podonomopsis</i>					3
		<i>Podonomus</i>					3
		<i>Rheotanytarsus</i>					4
	Dolichopodidae	<i>Aphrosylus</i>					1
	Empididae	<i>Chelifera</i>					4

Diptera		<i>Hemerodromia</i>						3
	Ephydridae	Ephydridae						1
	Muscidae	<i>Limnophora</i>						3
		<i>Lispe</i>						3
	Simuliidae	<i>Simuliidae1</i>						4
		<i>Simuliidae2</i>						4
		<i>Simuliidae3</i>						2
	Tabanidae	<i>Tabanus</i>						4
	Tipulidae	<i>Hexatoma</i>						4
		<i>Limonia</i>						1
		<i>Tipula</i>						4
Coleoptera	Curculionidae	Curculionidae1						1
		Curculionidae2						2
	Dytiscidae	<i>Dytiscidae</i>						2
	Elmidae	<i>Cylloepus</i>						4
		<i>Macrelmis</i>						4
	Epimetopidae	Epimetopidae						4
	Hydrophilidae	Hydrophilidae						1
	Scirtidae	Scirtidae						1
	Staphylinidae	Staphylinidae						3
Amphipoda	Hyalellidae	<i>Hyalella</i>						4
Trombidiformes	Hydrachnidae	Hydrachnidae						3
Hirudinida	Glossiphoniidae	Glossiphoniidae						1
Lumbriculida	Lumbriculidae	Lumbriculidae						4
Tricladida	Planaridae	Planaridae						4
Anthoathecatae	Hydridae	Hydridae						1
Lymnaeida	Planorbidae	Planorbidae						1
		Taxones (n°)	39	37	33	37	51	
			PPP = Presencia					
			No presenta					

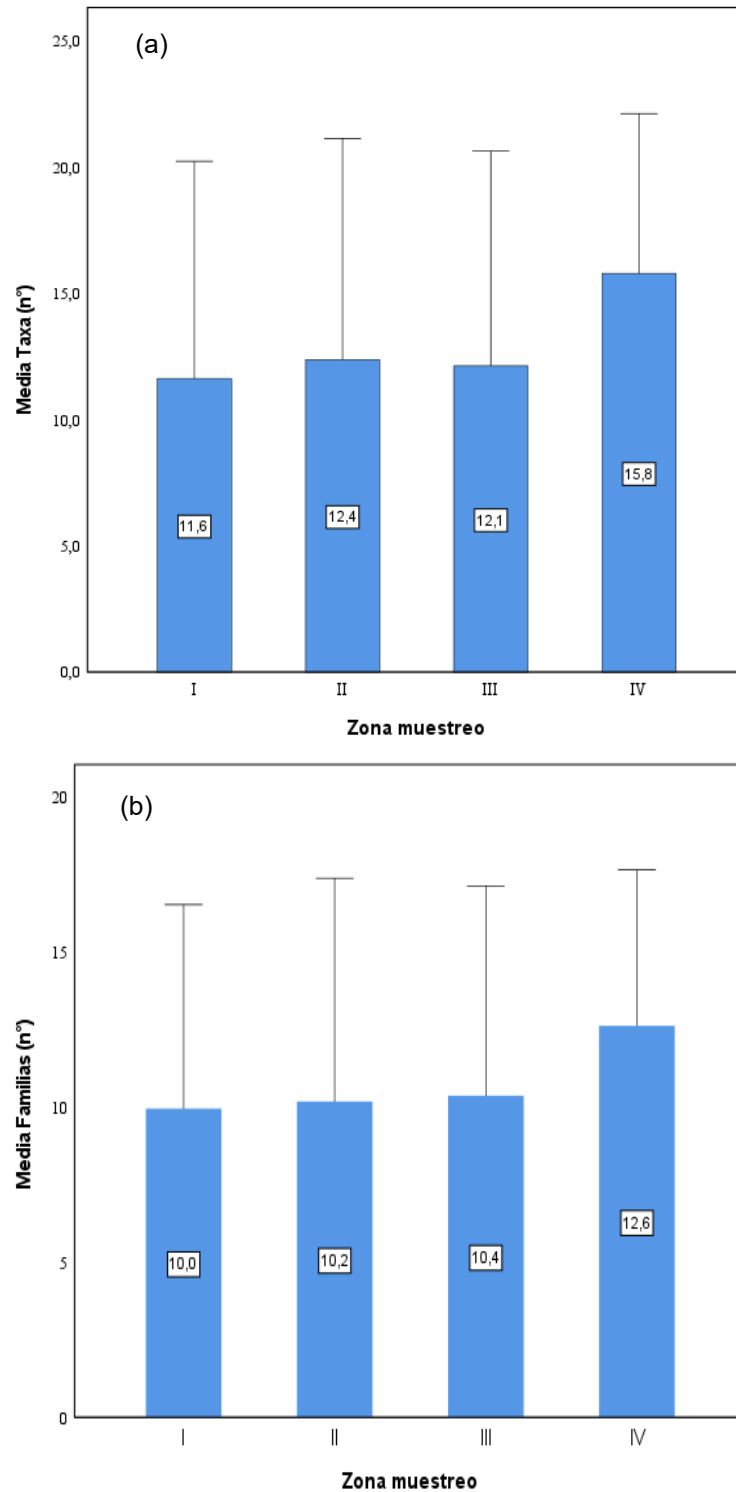


Figura 2. Riqueza de taxones (a) y familias (b) promedio y desviación típica por muestra del ensamble de macroinvertebrados en arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.

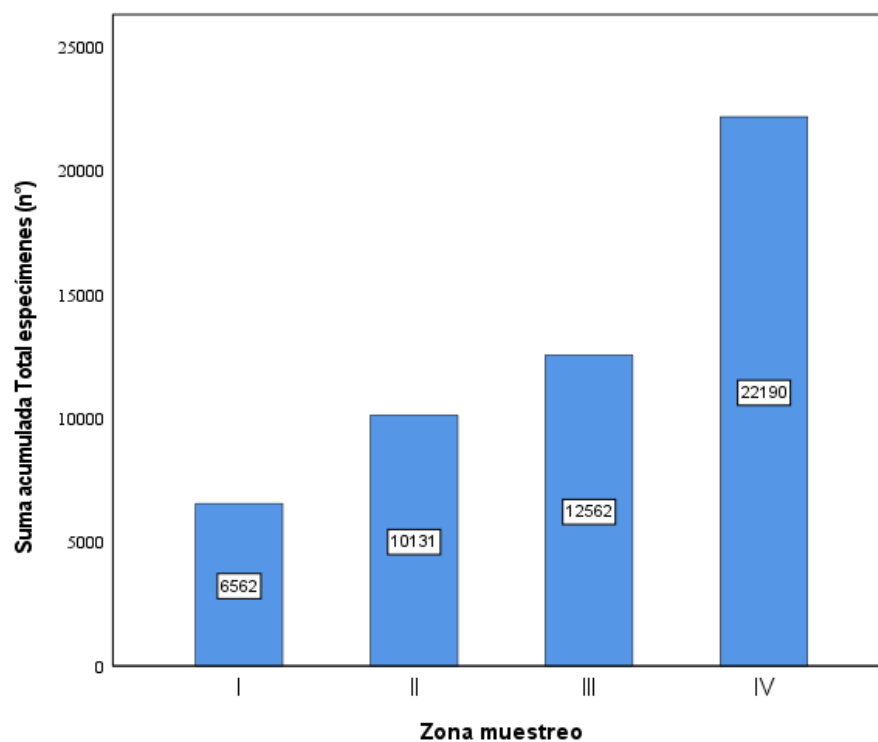


Figura 3. Número total de especímenes del ensamble de macroinvertebrados colectados en arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.

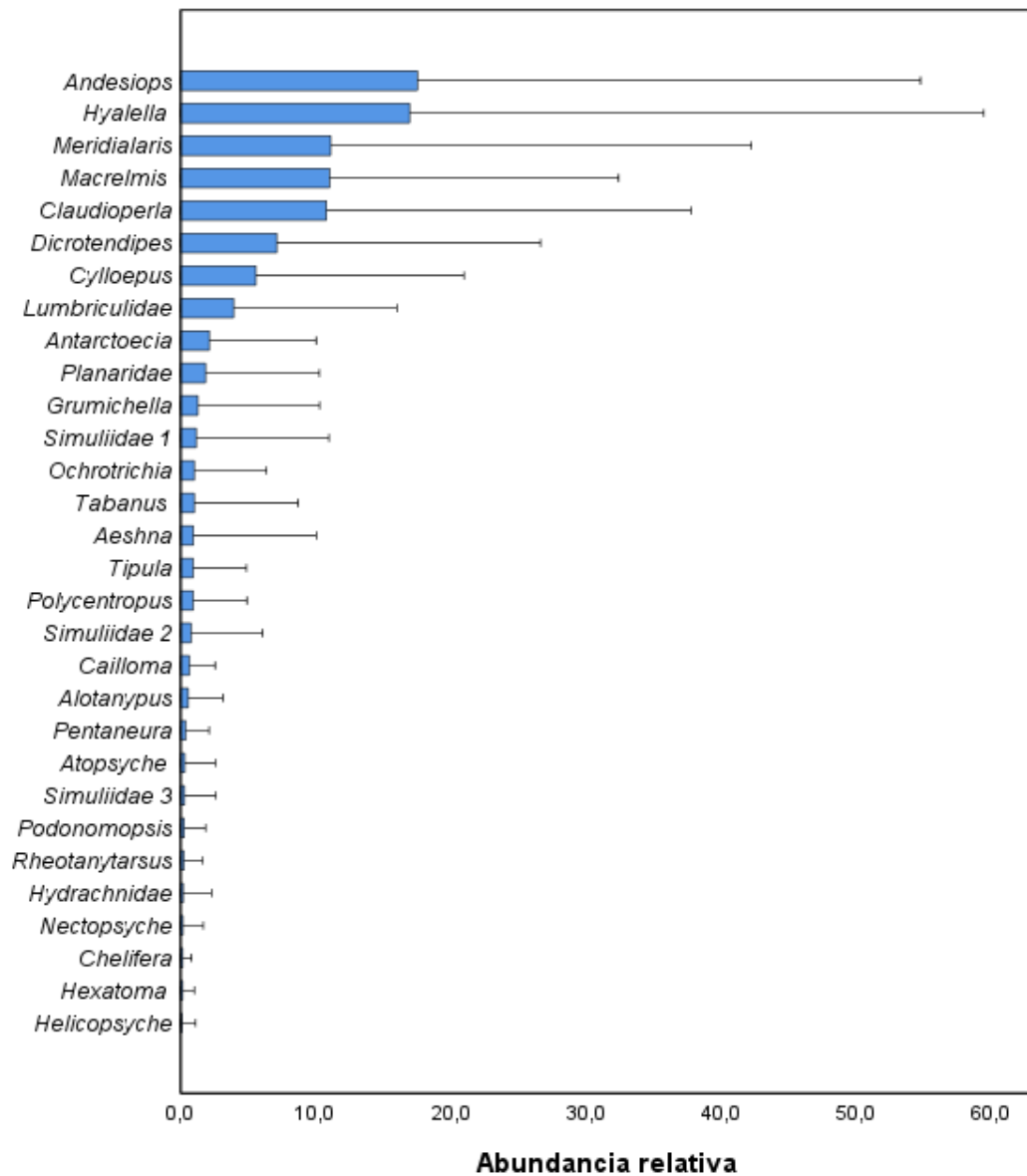


Figura 4. Abundancia relativa promedio y desviación típica de los componentes dominantes del ensamble de macroinvertebrados colectados en arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.

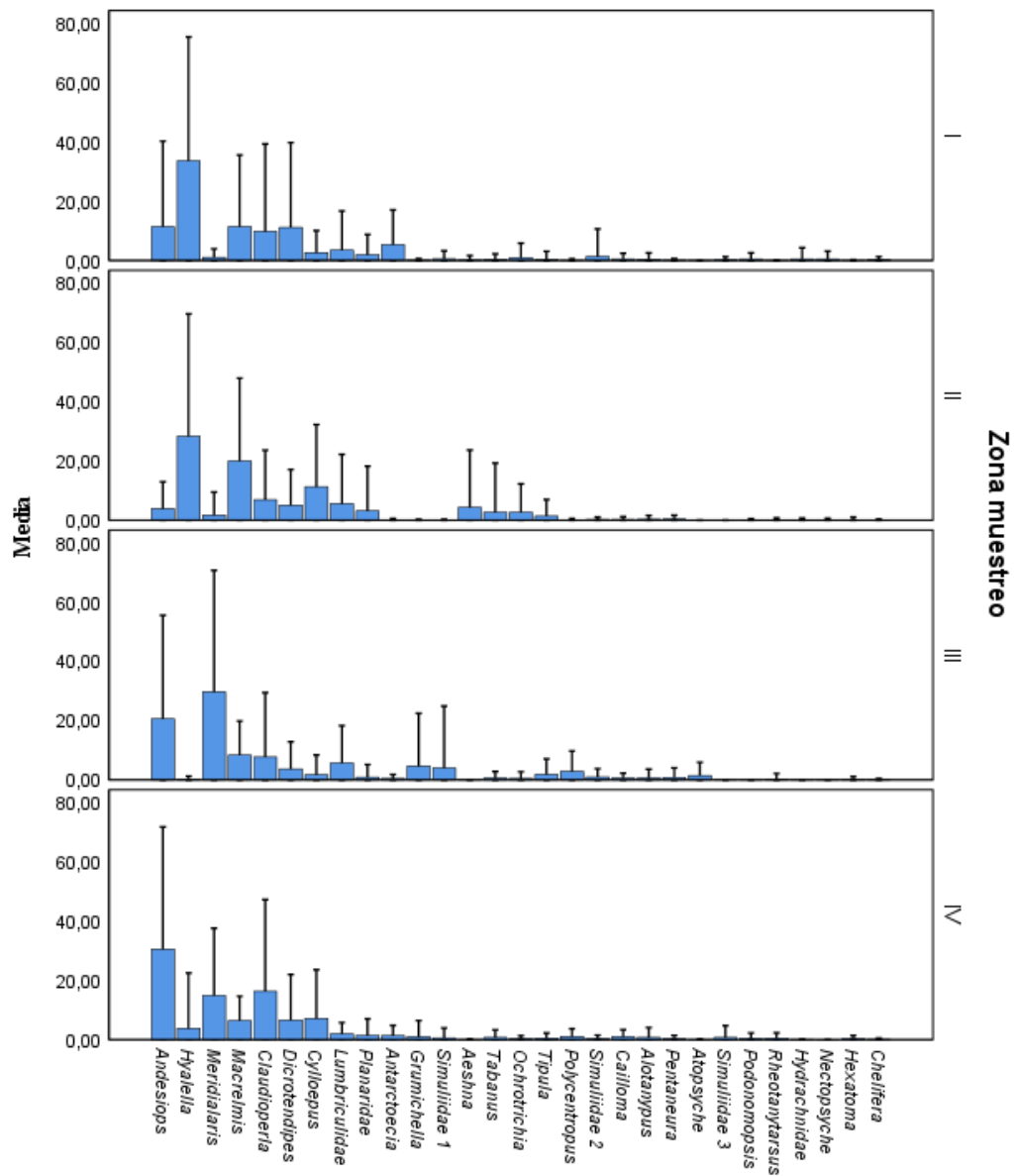


Figura 5. Abundancia relativa promedio y desviación típica de los componentes más dominantes del ensamble de macroinvertebrados colectados según arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.

Tabla 5. Coeficiente de correlación (Rho de Spearman) de las abundancias de los componentes del ensamble de macroinvertebrados y las características fisicoquímicas en arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachocmayo, Chiara. Ayacucho 2021.

Taxa	Temp. (°C)	C.E. (uS/cm)	pH	AT (mg/L CaCO ₃)	DT (mg/L CaCO ₃)	DCa (mg/L de Ca)	DMg (mg/L de Mg)	Cl (mg Cl/L)	Correlac. Sig. (n°)
<i>Andesiops</i>	0,059	0,172	0,028	0,123	-0,116	-0,155	0,069	-0,237	0
<i>Meridialis</i>	-0,039	0,080	0,109	-0,020	-0,192	-0,135	-0,104	-0,215	0
<i>Aeshna</i>	0,167	-0,118	-0,124	0,012	0,079	0,131	-0,032	0,109	0
<i>Coenagrionidae</i>	-0,111	0,260	0,215	-0,238	0,021	0,167	-0,153	0,064	0
<i>Claudioperla</i>	0,596**	-0,032	-0,211	0,026	-0,467**	-0,344*	-0,078	-0,476**	4
<i>Helicopsyche</i>	-0,258	0,018	0,202	-0,353*	0,344*	0,367*	-0,050	-0,008	3
<i>Atopsyche</i>	-0,050	-0,092	0,181	-0,235	0,161	0,233	-0,130	0,127	0
<i>Cailloma</i>	0,024	0,179	-0,073	0,076	-0,229	-0,242	0,074	-0,400**	1
<i>Ochrotrichia</i>	0,063	0,084	0,080	-0,124	0,238	0,090	0,147	0,009	0
<i>Atanatolica</i>	0,118	0,260	0,187	-0,056	-0,056	0,112	-0,272	0,135	0
<i>Grumichella</i>	-0,062	-0,105	-0,111	0,054	-0,020	-0,140	0,159	-0,228	0
<i>Nectopsyche</i>	-0,073	-0,073	0,018	-0,043	0,409**	0,128	0,311	0,224	1
<i>Antarctoecia</i>	0,012	0,312*	0,082	-0,029	-0,111	0,058	-0,133	-0,229	1
<i>Polycentropus</i>	-0,218	0,025	0,145	0,025	-0,130	-0,025	-0,197	0,110	0
<i>Bezzia</i>	0,257	0,082	-0,201	0,147	-0,125	-0,209	0,153	-0,035	0
<i>Alotanypus</i>	-0,149	0,052	-0,093	0,289	-0,297	-0,402*	0,143	-0,185	1
<i>Dicrotendipes</i>	-0,132	0,140	-0,199	0,255	-0,022	-0,306	0,360*	0,019	1
<i>Paraheptagyia</i>									0
<i>Pentaneura</i>	0,385*	-0,212	-0,397*	0,057	-0,400*	-0,484**	0,147	-0,325*	5
<i>Podonomopsis</i>	-0,236	0,341*	-0,076	0,123	0,147	0,012	0,113	0,164	1
<i>Podonomus</i>	-0,004	0,070	0,033	-0,017	-0,055	0,042	0,012	-0,109	0
<i>Rheotanytarsus</i>	0,207	0,018	-0,362*	0,329*	-0,453**	-0,455**	0,149	-0,345*	5
<i>Aphrosylus</i>	0,069	-0,141	-0,049	-0,056	-0,083	-0,077	0,097	-0,035	0
<i>Chelifera</i>	-0,064	-0,033	-0,094	0,099	0,153	-0,038	0,316*	0,012	1
<i>Hemerodromia</i>	0,015	-0,122	-0,022	0,046	-0,345*	-0,245	-0,092	0,059	1
<i>Ephyridae</i>	-0,132	0,082	0,056	-0,056	-0,236	-0,042	-0,188	-0,146	0
<i>Limnophora</i>	-0,095	0,119	0,206	-0,241	-0,041	0,041	-0,165	0,283	0
<i>Lispe</i>	-0,208	0,145	0,084	-0,189	0,050	0,229	-0,264	0,107	0
<i>Simuliidae1</i>	0,306	-0,207	-0,349*	0,156	-0,192	-0,408**	0,317*	-0,011	3
<i>Simuliidae2</i>	0,136	0,001	0,098	-0,155	-0,044	0,011	-0,215	0,025	0
<i>Simuliidae3</i>	0,147	0,193	-0,253	0,323*	-0,139	-0,328*	0,296	-0,235	2
<i>Tabanus</i>	-0,101	0,197	0,325*	-0,089	-0,342*	-0,018	-0,358*	-0,106	3
<i>Hexatoma</i>	-0,284	0,270	0,324*	0,160	-0,110	-0,004	-0,149	0,002	1
<i>Limonia</i>	0,222	0,082	-0,243	0,147	0,021	-0,077	0,230	0,012	0
<i>Tipula</i>	-0,083	-0,199	0,125	-0,251	0,013	0,141	-0,179	0,092	0
<i>Curculionidae1</i>									0
<i>Curculionidae2</i>	-0,060	-0,202	0,035	-0,156	0,279	0,200	0,140	-0,017	0
<i>Dytiscidae</i>	-0,104	-0,043	0,025	-0,156	0,110	0,140	-0,065	-0,107	0
<i>Cylloepus</i>	-0,080	0,210	0,075	-0,057	-0,131	0,167	-0,282	-0,200	0
<i>Macrelmis</i>	-0,099	0,151	0,016	-0,082	0,281	0,320*	-0,080	-0,068	1
<i>Epimetopidae</i>	-0,144	0,117	-0,035	-0,080	-0,075	0,150	-0,304	-0,008	0
<i>Hydrophilidae</i>									0
<i>Scirtidae</i>	-0,069	-0,141	0,035	-0,161	0,132	0,056	0,097	-0,088	0
<i>Staphylinidae</i>	-0,111	0,260	0,215	-0,238	0,021	0,167	-0,153	0,064	0
<i>Hyalella</i>	-0,182	0,188	0,096	-0,091	0,447**	0,348*	0,140	0,016	2
<i>Hydrachnidae</i>	-0,045	-0,018	-0,388*	0,123	-0,072	-0,175	0,169	-0,013	1
<i>Glossiphoniidae</i>	-0,215	0,082	0,083	-0,161	0,236	0,272	-0,188	0,064	0
<i>Lumbriculidae</i>	-0,026	0,125	0,315*	-0,068	0,084	0,143	0,050	-0,119	1
<i>Planariidae</i>	-0,164	0,081	0,045	-0,006	0,215	-0,041	0,303	0,118	0
<i>Hydridae</i>	-0,194	0,082	-0,104	0,196	0,132	-0,209	0,272	0,135	0
<i>Planorbidae</i>	0,090	-0,141	0,257	-0,056	0,216	0,056	0,181	0,257	0
Correlac. Sig (n°)	2	2	7	3	8	9	4	4	

Tabla 6. Coeficiente de correlación de coeficiente rho Spearman de las características fisicoquímicas del agua con la riqueza de taxa, familias y órdenes de macroinvertebrados en arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.

Características fisicoquímicas	Taxa (n°)	Familias (n°)	Orden (n°)
Temperatura °C	0,006	-0,080	-0,019
Conductividad eléctrica (uS/cm)	0,182	0,228	0,192
pH	-0,015	0,114	0,069
Alcalinidad total (mg/L CaCO ₃)	-0,022	-0,120	-0,133
Dureza total (mg/L CaCO ₃)	-0,162	-0,037	0,158
Dureza cálcica (mg/L de Ca)	-0,175	-0,015	0,079
Dureza magnésica (mg/L de Mg)	0,081	-0,007	0,113
Cloruros (mg Cl/L)	-0,229	-0,169	-0,079

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Tabla 7. Similitud (Índice de Bray-Curtis) de las cuatro zonas de muestreo según la composición y abundancia de los componentes del ensamble de los macroinvertebrados en arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.

	I	II	III	IV
I	1,00			
II	0,39	1,00		
III	0,43	0,41	1,00	
IV	0,45	0,17	0,35	1,00

Tabla 8. Similitud (Índice de Bray-Curtis) de los meses de muestreo según la composición y abundancia de los componentes del ensamble de los macroinvertebrados en arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Ene	1,00											
Feb	0,69	1,00										
Mar	0,69	0,63	1,00									
Abr	0,35	0,36	0,29	1,00								
May	0,52	0,53	0,66	0,24	1,00							
Jun	0,62	0,52	0,68	0,26	0,76	1,00						
Jul	0,51	0,34	0,42	0,23	0,52	0,61	1,00					
Ago	0,48	0,29	0,37	0,16	0,49	0,58	0,74	1,00				
Set	0,77	0,53	0,68	0,30	0,54	0,65	0,58	0,56	1,00			
Oct	0,63	0,48	0,64	0,22	0,56	0,70	0,50	0,51	0,81	1,00		
Nov	0,34	0,30	0,43	0,09	0,30	0,31	0,29	0,29	0,27	0,25	1,00	
Dic	0,66	0,73	0,61	0,26	0,52	0,54	0,36	0,31	0,49	0,47	0,33	1,00

V. DISCUSIÓN

En la Tabla 3 se presentan los valores promedio y la desviación estándar de los principales parámetros fisicoquímicos evaluados en los arroyos provenientes de tres bofedales altoandinos ubicados en la localidad de Llachoccmayo, distrito de Chiara. Al aplicar la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (Anexo 2) para determinar posibles diferencias entre las zonas de muestreo respecto a las características fisicoquímicas del agua, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$), a excepción de la variable dureza total. De manera general, los parámetros evaluados mostraron valores similares entre las zonas de estudio, evidenciando poca variabilidad espacial. La conductividad eléctrica presentó valores comprendidos entre 58,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la zona III y 69,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la zona I. La alcalinidad registró valores desde 22,8 mg/L CaCO_3 en la zona II hasta 27,5 mg/L CaCO_3 en la zona IV. En cuanto al pH, los valores oscilaron entre 7,14 registrado en la zona IV y 7,40 correspondiente a la zona II. La dureza total presentó un rango de 35,8 mg/L CaCO_3 en la zona IV y 50,5 mg/L CaCO_3 en la zona I, mientras que la concentración de cloruros varió entre 6,0 mg Cl/L en la zona III y 7,8 mg Cl/L en la zona II. Estos resultados evidencian que los arroyos evaluados presentan condiciones fisicoquímicas relativamente homogéneas, con diferencias mínimas entre las zonas de muestreo. Esta similitud podría estar relacionada con la cercanía entre los puntos de origen de los tres arroyos, los cuales comparten condiciones ambientales semejantes, influyendo directamente en la estructura y composición de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos presentes. Asimismo, se observó que la conductividad eléctrica y la concentración de cloruros presentaron valores bajos en todas las zonas evaluadas, posiblemente debido a que los arroyos reciben aportes principalmente de manantiales cuya fuente de abastecimiento está asociada a la precipitación pluvial, generando cuerpos de agua con baja

concentración de sales disueltas. Baltazar (2007) menciona que la conductividad de los sistemas continentales generalmente es baja, variando entre 50 y 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y se encuentra determinada por la geología del área a través de la cual escurren el agua. Por otro lado, señala que, en los sistemas dulceacuícolas, conductividades fuera de este rango puede indicar que el agua no es adecuada para la vida de ciertos organismos como peces o invertebrados. Además, García & Reyes (2012) menciona que los niveles de concentración de cloruros en aguas no contaminadas o no influenciadas por suelos con presencia de dicho elemento suelen ser menores de 10 mg/L, mientras que en aguas sometidas a procesos de cloración, los valores oscilan entre 40 a 63 mg/L. Cabe resaltar que los bajos valores registrados en todas las zonas de muestreo podrían deberse a la presencia de manantiales o aguas superficiales originadas por la lluvia, además de que, recorren tramos cortos antes de unirse a los arroyos, acompañado de la presencia de una gran cantidad de vegetación hidrofítica. Los resultados obtenidos en la evaluación de los parámetros fisicoquímicos del agua muestran un comportamiento semejante al encontrado por (Gómez, 2016) en un bofedal del centro poblado de Saraccocha, distrito de Quinua, Ayacucho. El autor evaluó tres sectores altitudinales del bofedal (zona alta, media y baja) y determinó, mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, que no existían diferencias estadísticamente significativas entre los puntos de muestreo respecto a los parámetros de alcalinidad, dureza total, dureza cálcica, dureza magnésica, cloruros, pH, temperatura, sólidos totales disueltos y conductividad eléctrica. Estos resultados sugieren que los sistemas de bofedal pueden presentar condiciones fisicoquímicas relativamente estables cuando comparten características ambientales y fuentes hídricas similares. A diferencia de lo reportado por Carrasco et al. (2020), en una investigación realizada en arroyos asociados a dos bofedales denominados Guitarrachayocc y Pichccahuasi, en el distrito de Paras, Ayacucho, en donde en forma general menciona que las características fisicoquímicas del agua fueron heterogéneas, como los valores de pH oscilaron entre 3.2 (± 0.4) y 7.6 (± 0.1), conductividad eléctrica varió entre 168.9 (± 91) $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 1117 (± 159.3) $\mu\text{S}/\text{cm}$ y los cloruros fluctuaron entre 6 (± 2) mg/L (G1) y 1 168 (± 1.534) mg/L. Asimismo, Huamani (2024), al evaluar las condiciones fisicoquímicas del agua en nueve puntos de muestreo del centro poblado Santa Cruz de Hospicio, distrito de Quinua, determinó una marcada variabilidad espacial entre las zonas analizadas. Los valores de conductividad eléctrica se encontraron entre 439,17 y 1321,67

$\mu\text{S/cm}$, los cloruros entre 7,79 y 10,25 mg Cl/L, y la alcalinidad entre 83,83 y 117,33 mg/L CaCO_3 . En comparación con los valores obtenidos en el presente estudio, dichos registros fueron considerablemente mayores, lo que evidencia diferencias en la composición química del agua posiblemente asociadas a las características geológicas, fuentes de aporte hídrico y condiciones ambientales particulares de cada ecosistema evaluado.

En la Tabla 4 se presenta la composición taxonómica del ensamblaje de macroinvertebrados acuáticos registrados en los arroyos provenientes de tres bofedales altoandinos ubicados en la localidad de Llachoccmayo, distrito de Chiara. Los organismos recolectados estuvieron representados por 51 géneros, distribuidos en 34 familias, 14 órdenes y siete clases taxonómicas: *Insecta*, *Malacostraca*, *Arachnida*, *Clitellata*, *Rhabditophora*, *Hydrozoa* y *Gastropoda*. Entre las clases identificadas, *Insecta* presentó la mayor diversidad taxonómica, concentrando 27 de las 34 familias registradas y 44 de los 51 géneros encontrados. En contraste, las clases *Malacostraca*, *Arachnida*, *Rhabditophora*, *Hydrozoa* y *Gastropoda* estuvieron representadas únicamente por un género cada una. Dentro del grupo de insectos, el género más abundante fue *Andesiops* (orden Ephemeroptera), con un total de 5869 individuos registrados, seguido por *Hyaella* (orden Amphipoda) y *Macrelmis* (orden Coleoptera), con 3 389 y 2 247 individuos, respectivamente. Asimismo, los géneros *Claudiperla* (Plecoptera) con 2211 individuos y *Meridialaris* (Ephemeroptera) con 2 138 individuos se encuentran entre los más abundantes. La presencia de estos organismos en las zonas estudiadas indica que sus rangos de tolerancia se ajustan a las condiciones ambientales. Existen algunos taxones cuyo número es mucho menor a los anteriores, es el caso de *Atanatolica*, *Bezzia*, *Aphrosylus*, *Hemerodromia*, *Limonia*, Curculionidae 2, *Dytiscidae*, *Scirtidae* y *Staphylinidae*, con menos de cinco individuos. Por otro lado, *Coenagrionidae*, *Ephydriidae*, Curculionidae1, *Hydrophilidae*, *Glossiphoniidae* y *Planorbidae* registraron solo con un individuo durante todo el período de muestreo y en una zona específica, lo que probablemente se deba a que dichos organismos no se adecuan a las condiciones ambientales de los arroyos. En cuanto a las zonas de muestreo, la zona I presentó la mayor riqueza con 39 taxones, seguida de las zonas II y IV con 37 taxones cada una, mientras que la zona III presentó solo 33 taxones. Las pequeñas diferencias registradas en la estructura y riqueza de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos entre las zonas de muestreo podrían explicarse por la homogeneidad

de las condiciones fisicoquímicas presentes en los arroyos evaluados. Sin embargo, la presencia y abundancia de estos organismos no dependen únicamente de las variables químicas del agua, sino también de las características físicas del hábitat. Al respecto, (Car & Roldán, 2012) indican que la cobertura vegetal influye en la disponibilidad de refugio y recursos alimenticios para los organismos acuáticos, mientras que (Hanson et al., 2010) resaltan la importancia del tipo de sustrato como un factor que condiciona la distribución y composición de las comunidades de macroinvertebrados. La riqueza taxonómica registrada en este estudio guarda relación con investigaciones realizadas en ecosistemas acuáticos altoandinos de Ayacucho. Ayala (2018) al evaluar los ríos Macro y Pampas del distrito de Cangallo, reportó una composición similar, con 41 géneros pertenecientes a 28 familias, 13 órdenes y cinco clases. De igual manera, Gómez (2016), en un bofedal de Saraccocha (Quinua, Ayacucho), identificó 33 géneros distribuidos en 28 familias, 13 órdenes y ocho clases, destacando a *Hyalella* como uno de los taxones más abundantes en ambientes lóticos y lénticos, coincidiendo con la importancia de este género en la presente evaluación. Sin embargo, los valores obtenidos fueron inferiores a los registrados por Acosta (2009) en la cuenca altoandina del río Cañete, donde se identificaron 108 géneros de macroinvertebrados bentónicos. Esta mayor riqueza podría atribuirse a una escala de estudio más amplia, tanto espacial como altitudinal, que permitió incluir una mayor heterogeneidad ambiental y disponibilidad de hábitats, favoreciendo el establecimiento de una comunidad más diversa.

La Figura 2 muestra el promedio de la riqueza como número de taxones (a) y familias (b) por muestra del ensamble de macroinvertebrados en arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo. La prueba de Kruskal-Wallis (anexo 3) mostró significancia estadística en cuanto a la riqueza de taxa, donde la zona IV presentó la mayor con 15,8, seguida de las zonas II y III con 12,4 y 12,1, respectivamente, en comparación con la zona I, que registró 11,6. De manera similar, la prueba de Kruskal-Wallis (anexo 4), que compara el número de familias, también mostró significancia estadística, donde la zona IV presenta la mayor riqueza de familias con un promedio de 12,6, seguida de las zonas III y II con 10,4 y 10,2, respectivamente, en comparación de la zona I, quien mostró valores mínimas con un promedio de 10. Ambas figuras muestran que la diferencia es significativa a nivel de taxones y familias, probablemente debido a factores que se adicionan a las características fisicoquímicas del agua, pudiendo

ser la presencia de la actividad humana (riego y ganadería). Considerando los factores ambientales, Vásquez (2022) afirma que la gradiente altitudinal es un condicionante para la variación de las características fisicoquímicas; sin embargo, este no es el caso en la presente investigación.

La figura 3 muestra el número total especímenes capturados del ensamble de macroinvertebrados colectados en arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachocmayo. La zona IV muestra el mayor número de especímenes, con un total de 22 190, seguida de las zonas III y II con 12 562 y 10 131 especímenes, respectivamente. A diferencia de la zona I, quien mostró menor cantidad con un total de 6 562 especímenes capturados en todo el año muestreado. Se resalta que, probablemente, con la disminución de la altitud, la cantidad de especímenes capturados aumenta paulatinamente. Esta diferencia es confirmada al haber hallado significancia estadística ($p < 0,05$) en el número total de especímenes capturados en cada zona de muestreo. Roldán & Ramírez (2008) mencionan que, a medida que se desciende en altitud, aumenta la diversidad, frecuentemente acompañada de un aumento en la cantidad de individuos de ciertos grupos de macroinvertebrados, como los odonatos, hemípteros y turbelarios. Se debe considerar que la zona IV es la zona más baja, donde el flujo de la corriente del agua es más lento, por lo que los organismos no son arrastrados con facilidad, esto justificaría en parte la presencia de una mayor cantidad de individuos capturados en dicha zona. Otro factor que influye en la cantidad de macroinvertebrados podría ser la estacionalidad, donde, en periodos de lluvia, con el aumento del volumen y la velocidad de la corriente afecta la composición y la abundancia de los macroinvertebrados. Por otro lado, también se tiene a la época de estío, con la disminución del agua de los arroyos, que también influye en la comunidad estudiada.

En la figura 4 se muestra sobre abundancia relativa promedio y desviación típica de los 30 componentes más dominantes del ensamblaje de macroinvertebrados colectados en los arroyos muestreados que escurren de tres bofedales altoandinos. Se observa que *Andesiops* (Ephemeroptera) fue el más abundante, con 17,52%, seguido de *Hyalella* (Amphipoda), que representa el 16,95%, *Meridialaris* (Ephemeroptera) con 11,12%, *Macrelmis* (Coleoptera) con 11,03%, mientras que el género *Claudioperla* con 10,80%. En cambio, en menor abundancia relativa se encuentran Curculionidae 1 con 0,002%, Glossiphoniidae y Ephydriidae con 0,004% (para mayor detalle, ver el anexo 5). Los hallazgos de

este estudio respaldan lo descrito por Villamarín (2012), quien destaca que los ríos altoandinos tropicales albergan comunidades bentónicas con alta riqueza y complejidad estructural. La composición y abundancia de los macroinvertebrados acuáticos están condicionadas por múltiples factores ambientales; entre ellos, las características hidráulicas del ecosistema, la disponibilidad de oxígeno disuelto, la profundidad del cauce y la presencia de vegetación ribereña, variables que determinan la disponibilidad de refugio y recursos para estos organismos (López et al., 2023). Además, los ambientes de mayor altitud suelen favorecer la presencia de grupos sensibles como *Plecoptera*, *Trichoptera*, *Ephemeroptera* y *Diptera*. Aunque tradicionalmente se reconoce una disminución de la diversidad con el descenso altitudinal (Roldán & Ramírez, 2008), diversos estudios indican que la relación entre altitud y biodiversidad puede presentar patrones no lineales, alcanzando valores máximos de diversidad en zonas de altitud intermedia debido a una mayor variabilidad ambiental (Arana et al., 2021). Los resultados obtenidos son en parte similares a lo reportado por Gómez (2016), quien reporta al género *Hyaella* como el más abundante, con un porcentaje de 34,48%, seguido de *Ectemnostega* con 25,03% y *Chironomidae* con 23,83%, dicha investigación fue realizada en ambientes lénticos y lóticos de un bofedal en el centro poblado de *Saraccocha*, distrito de Quinua, Ayacucho. En el trabajo de investigación de Huamani (2024) en el centro poblado de Santa Cruz de Hospicio del distrito de Paras, Ayacucho, se menciona que el género *Dicrotendipes* presentó mayor abundancia relativa con 19,14%, seguido de *Macrelmis* 15,3%, *Cylloepus* 10,34%, *Andesiops* 10,32% y con menos abundancia los géneros Curculionidae 2, *Nanomis*, *Polipedium*, *Dysticidae* y *Raphium* con menos de 0.01%. En comparación con este trabajo de investigación, las diferencias posiblemente se deban a la presencia factores ambientales, como con las variaciones mínimas de las características fisicoquímicas debido a la influencia de la actividad humana. Figura 5 muestra la abundancia relativa promedio y la desviación típica de 29 taxones de macroinvertebrados (los más dominantes) según las cuatro zonas de muestreo. De manera general, se observa cierta heterogeneidad, donde el género *Hyaella* fue el más dominantes en las zonas I y II, con 33,64% y 28,32%, respectivamente, mientras tanto, el género *Andesiops* es dominante en la zona IV con 30,60%, y, por último, *Meridialaris* en zona III con 29,71% (para mayor detalle, ver el Anexo 6). Como se observa, el género *Hyaella* se encuentra en mayor cantidad en las zonas I y II, mientras que en las zonas III y IV disminuye su

abundancia promedio considerablemente a 0,19 % y 3,88%, respectivamente, en cambio, el género *Andesiops* tiene una abundancia promedio baja en la zona I, 11,41% y en la zona II, con 3,95%. Los cambios observados podrían estar determinados por factores ambientales como la altitud. Las zonas de muestreo I y II se encuentran en la parte más alta, donde existe mayor presencia de pozas o charcos de bofedales, a diferencia de las zonas de muestreo III y IV. Los cambios en la abundancia de las poblaciones se deben a la influencia de los cambios ambientales, además de factores bióticos como la depredación y/o competencia (Smith & Smith, 2007). Los cambios estacionales asociados al régimen de lluvias generan variaciones en el caudal y en las condiciones hidráulicas de los arroyos, influyendo significativamente sobre la composición y abundancia de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos. Estas alteraciones modifican las características del hábitat, por lo que los organismos han desarrollado diferentes estrategias de adaptación para sobrevivir en ambientes con corrientes variables. Entre estas adaptaciones destacan la presencia de ganchos, ventosas y formas corporales aplanadas, estructuras que favorecen su fijación al sustrato y evitan su arrastre durante periodos de mayor velocidad del agua (Domínguez & Fernández, 2009). Los resultados de este trabajo de investigación son similares a lo reportado por Ayala (2018), quien, para el río Pampas, reporta al género *Andesiops*, seguido por *Dicrotendipes* y *Heterelmis*, como los más abundantes; mientras que, para el río Macro (tributario del Pampas), en la zona más alta, el género *Hyaella*, seguido por *Andesiops* y *Macrelmis*, fueron los más abundantes. Por otro lado, Gómez (2016), que realizó un trabajo de investigación en un bofedal en la localidad de Quinua (Ayacucho), reporta al género *Hyaella* como el más abundante en la zona más alta, disminuyendo su presencia a medida que baja la altitud, siendo superado únicamente por el género *Alotanypus* en la zona alta. Castillo (2019) menciona que las familias Hyalellidae y Limnephilidae fueron las más abundantes en lugares donde existe una alta actividad agrícola y ganadera muy cercana a un bofedal.

La Tabla 5 presenta los coeficientes de correlación de Rho de Spearman obtenidos entre la abundancia de los taxones que conforman la comunidad de macroinvertebrados acuáticos y las variables fisicoquímicas del agua. De manera general, se evidenció la existencia de relaciones significativas entre algunos parámetros ambientales y la abundancia de determinados taxones, lo que demuestra que las condiciones fisicoquímicas del agua ejercen influencia sobre la

estructura y distribución de estas comunidades biológicas. Los valores negativos del coeficiente de correlación indican una relación inversa, donde el incremento de los parámetros fisicoquímicos se relaciona con una disminución en la abundancia de ciertos taxones. En cambio, los coeficientes positivos reflejan una relación directa, en la cual el aumento de los valores fisicoquímicos favorece el incremento de la abundancia de determinados organismos. Entre los parámetros evaluados, la dureza cálcica presentó el mayor número de correlaciones significativas, relacionándose con 9 de los 51 taxones registrados; le siguieron la dureza total y el pH, con 8 y 7 correlaciones significativas, respectivamente. Asimismo, se observó que la mayoría de las asociaciones fueron negativas, evidenciando que el incremento de algunos factores fisicoquímicos puede generar efectos desfavorables sobre la abundancia de ciertos grupos. Las condiciones ambientales cumplen un papel fundamental en la distribución y abundancia de los organismos acuáticos, debido a que cada especie posee diferentes rangos de tolerancia frente a las variaciones del ambiente. Por ello, es frecuente que especies que comparten un mismo hábitat presenten diferencias en sus niveles de abundancia como respuesta a sus requerimientos ecológicos particulares (Smith & Smith, 2007). En relación con los taxones más sensibles a las variaciones ambientales, *Pentaneura* y *Rheotanytarsus* presentaron el mayor número de correlaciones significativas, estableciendo relaciones con cinco de las ocho características fisicoquímicas evaluadas. Asimismo, *Claudioperla* mostró correlación significativa con cuatro parámetros, predominando también las relaciones negativas. Estos géneros podrían considerarse grupos sensibles a cambios en las condiciones fisicoquímicas del agua. En contraste, la mayoría de los taxones no presentó asociaciones significativas con los parámetros evaluados, lo que sugiere una mayor amplitud ecológica o tolerancia ambiental. Entre estos grupos destacan *Andesiops*, *Hyaella* y *Meridialaris*, los cuales presentaron mayores abundancias y estuvieron presentes en todas las zonas de muestreo. Las variaciones en las condiciones ambientales de un ecosistema representan factores determinantes en la organización y estructura de las comunidades biológicas (Rivera et al., 2013). En el área evaluada, varios parámetros fisicoquímicos, como la conductividad eléctrica, presentaron valores relativamente homogéneos entre las zonas de estudio, por lo que no mostraron relaciones significativas con la mayoría de los taxones, exceptuando *Podonomopsis* y *Antarctoecia*. Los resultados obtenidos difieren parcialmente de lo reportado por

Huamani (2024), quien evaluó comunidades de macroinvertebrados en el centro poblado de Santa Cruz de Hospicio, distrito de Paras, Ayacucho. Dicho autor encontró que la dureza total fue el parámetro con mayor número de correlaciones significativas con los componentes de la comunidad, seguido de la conductividad eléctrica y la alcalinidad. Asimismo, señaló que los taxones *Paraheptagyia* y *Podonomopsis* presentaron la mayor cantidad de asociaciones significativas con las variables fisicoquímicas evaluadas.

La Tabla 6 presenta los coeficientes de correlación de Rho de Spearman entre los parámetros fisicoquímicos del agua y los indicadores de riqueza de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, considerando el número de taxones, familias y órdenes registrados. Los resultados evidenciaron la ausencia de relaciones estadísticamente significativas entre estas variables, lo que indica que las variaciones de las condiciones fisicoquímicas evaluadas no ejercieron una influencia directa sobre la riqueza taxonómica de la comunidad estudiada. Esta ausencia de correlación podría estar relacionada con la relativa uniformidad de las características fisicoquímicas del agua entre las zonas de muestreo. Dicha homogeneidad estaría asociada a que los tres arroyos evaluados presentan zonas de origen cercanas entre sí y reciben aportes provenientes de manantiales, además de mantener una cobertura vegetal hidrofítica a lo largo de gran parte de sus cauces, generando condiciones ambientales similares para el desarrollo de los macroinvertebrados. Al respecto, Acosta (2009) señala que los Andes presentan una elevada heterogeneidad ambiental, donde la diversidad de los ecosistemas acuáticos está determinada por patrones regionales que, a su vez, son modulados por factores locales propios de cada sistema fluvial. Entre estos factores destacan las características fisicoquímicas del agua (Rocabado & Wasson, 1999), la heterogeneidad del hábitat fluvial y la vegetación ribereña (Miserendino, 2001). Asimismo, Villamarín (2012) menciona que las condiciones fisicoquímicas de los ríos altoandinos están influenciadas principalmente por aspectos geomorfológicos, composición litológica y factores ambientales particulares de cada localidad. Los resultados obtenidos en esta investigación difieren de los reportados por Huamani (2024), quien encontró relaciones significativas negativas ($p < 0,05$) entre algunos parámetros fisicoquímicos, como alcalinidad total, dureza total y cloruros, con la riqueza de macroinvertebrados expresada mediante el número de familias y géneros. Según dicho estudio, el incremento de estos parámetros estuvo asociado con una disminución en la

cantidad de familias y géneros registrados, evidenciando un efecto limitante de determinadas condiciones químicas sobre la diversidad taxonómica de la comunidad acuática.

La tabla 7 muestra los valores de similitud (Índice de Bray-Curtis) de las cuatro zonas de muestreo según la composición y abundancia de los componentes del ensamble de los macroinvertebrados. En forma general, los valores de similitud entre las zonas se hallan por debajo del 50%. Así, se observa que el menor valor lo presentan las zonas II y IV, con 0,17, esto debe a la existencia de diferencias en la composición y abundancia, como en el caso de *Andesiops*, que es más abundante en la zona IV, a diferencia de *Hyaella*, que es más abundante en la zona I. Estas diferencias posiblemente se deban a la influencia de la presencia y ausencia de vegetación acuática que se suceden en el curso del riachuelo, además de las variaciones de la velocidad del agua, ya que se observó zonas con corriente turbulenta, mientras que, en otras, embalses. Por otro lado, las zonas I y IV tienen una similitud de 0,45, seguidas de las zonas I y III con 0,43 y II y III con 0,41, cuyos valores se debe principalmente a la influencia de la presencia de los géneros *Hyaella* y *Andesiops*. Villamarín (2012) menciona que es frecuente que la composición de macroinvertebrados bentónicos en los ríos altoandinos del Perú y Ecuador, tanto en temporada seca y lluviosa, *Hyaella* y *Andesiops* son los más abundantes. Por otro lado, la presencia de lluvias es favorable en el aumento de la vegetación, como también la materia orgánica, lo que crea un ambiente muy favorable para géneros como *Hyaella* (Covich & Thorp, 2001). Cabe mencionar los valores de similitud de las cuatro zonas de muestreo según la composición y abundancia son muy similar al trabajo realizado por Cuadros (2022), en donde los resultados reportados de los tres ríos de la cabecera de la microcuenca de Yucaes, muestran una similitud por debajo de 50%, pese a hallarse en un mismo río y/o en zonas aledañas, como es el caso de los ríos Huatayccocha – Martará y Yanawuanku, con un valor de 0,44, al igual que los ríos Yanawanku y Challwamay. Mientras tanto, la similitud entre los ríos Huatayccocha-Martará y Challwamay es de 0,39.

La tabla 8 muestra la similitud (Índice de Bray-Curtis) de los meses de muestreo según la composición y abundancia de los componentes del ensamble de los macroinvertebrados. En este caso, los valores de similitud presentan valores altos, como 0,81 para setiembre y octubre, 0,77 entre enero y setiembre, y 0,76 para mayo y junio. Por otro lado, también se registran, valores bajos, como 0,09 entre

abril y noviembre, 0,16 para abril y agosto, y 0,22 entre abril y octubre. Los valores altos pueden explicarse debido a que se presentan entre meses contiguos o meses dentro de una determina época, que puede ser húmeda o seca; mientras que los menores valores se aprecian entre meses donde las aguas del arroyo son derivados para el riego de pastos y campos agrícolas, así como la presencia de ganado, lo que estaría modificando el caudal. Otro aspecto determinante en el valor de la similitud son los cambios de los factores climáticos, como las lluvias, que determinan cambios en el caudal, la vegetación y los valores fisicoquímicos. Como menciona López et al. (2023), existe factores ambientales como la profundidad, la velocidad de la corriente, la cobertura vegetal y el tipo mesohábitat (rápido, rizo y poza) que son determinantes en su establecimiento y formación de comunidades de macroinvertebrados, determinando su composición y abundancia. Así mismo, se menciona que el ensamblaje de los macroinvertebrados acuáticos muestra una alta influencia por la presencia o ausencia de cobertura vegetal, los cuales tienen mucha relación con la altitud y los cambios ambientales(Villamarín, 2012). Los resultados de esta investigación es similar al trabajo que realizó por Cuadros (2022) en tres ríos de la cabecera de la microcuenca Yucaes, Acocro (Huamanga, Ayacucho), en los que se muestrearon durante octubre, noviembre, diciembre, enero y febrero, obteniendo valores de similitud que varían desde 0,54 a 0,88. Donde los mayores valores fueron hallados entre octubre a febrero, ya que son meses que comparten características ambientales similares (época de lluvias).

V. CONCLUSIONES

1. Las características fisicoquímicas de las aguas de los arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, caracterizados en cuatro zonas de muestreo, muestran homogeneidad en la temperatura, alcalinidad total, pH, conductividad eléctrica, cloruros ($p > 0,05$), excepto la dureza total ($p < 0,05$). Destaca que los valores de pH se hallan por encima 7 (7,1 a 7.4), la conductividad eléctrica es baja (58,8 a 69,2 $\mu\text{S/cm}$).
2. La composición del ensamblaje de los macroinvertebrados en los riachuelos estudiados estuvo representada por 51 taxones agrupados, mientras que la riqueza fue de 34 a nivel de familia, 14 en órdenes y 7 clases. Los taxones más abundantes fueron *Andesiops*, *Hyaella* y *Meridialaris* que en conjunto representan una abundancia del 45,6% del total; mientras que la gran mayoría de los componentes del ensamble presentan abundancias relativas menores a 1%.
3. Los parámetros de dureza cálcica, dureza total y pH destacaron como los factores ambientales con mayor asociación respecto a la composición y abundancia de los macroinvertebrados acuáticos, al presentar correlaciones significativas ($p < 0,05$) con 9, 8 y 7 taxones, de un total de 51 identificados. No obstante, la evaluación de la relación entre las variables fisicoquímicas del agua y la riqueza comunitaria (número de taxones, familias y órdenes) mediante la correlación de Rho de Spearman no mostró asociaciones significativas.
4. Los valores de la similitud (Bray-Curtis) del ensamble entre zonas de muestreo muestran valores por debajo del 50% de similitud; mientras que, entre meses, varían de 0,09 hasta 0,81.

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios de macroinvertebrados en esta zona, tomando en cuenta las características morfológicas del riachuelo y otros parámetros como la velocidad de agua, profundidad del lecho en los arroyos, debido a la influencia que ejerce sobre los macroinvertebrados.
2. En los riachuelos estudiados, realizar estudios de fauna acuática, como por ejemplo sobre la ictiofauna nativa, así como en anfibios, principalmente en las zonas intermedias de la microcuenca.
3. Realizar trabajos de investigación sobre la diversidad de macrófitas en el curso del río, complementadas con el efecto que ejerce sobre la fauna acuática, como los macroinvertebrados.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, C. R. (2009). Estudio de la cuenca altoandina del río cañete (Perú): Distribución altitudinal de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y caracterización hidroquímica de sus cabeceras cársticas [Http://purl.org/dc/dcmitype/Text, Universitat de Barcelona]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=254655>
- Alianza Aguas Amazónicas. (2023). Ríos y Arroyos |. <https://aguasamazonicas.org/humedales/tipos-de-humedales/ríos-y-arroyos>
- Ayala, L. E. (2018). Comunidad macroinvertebrada y características fisicoquímicas de dos ríos del distrito de Cangallo, Ayacucho 2016—2017.
- Baltazar, M. (2007). Guía para la utilización de las Valijas Viajeras -Conductividad RED MAPSA Versión 1.0. https://www.academia.edu/13325695/Gu%C3%ADa_para_la_utilizaci%C3%B3n_de_las_Valijas_Viajeras_Conductividad_RED_MAPSA_Versi%C3%B3n_1_0
- Car, C. A. R. de C., & Roldán, G. (2012). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua. <https://sie.car.gov.co/handle/20.500.11786/37633>
- Carrasco, C., Rayme, C., Alarcón, R. del P., Ayala, Y., Arana, J., & Aponte, H. (2020). Macroinvertebrados acuáticos en arroyos asociados con bofedales altoandinos, Ayacucho Perú. *Revista de Biología Tropical*, 68(S2), Article S2. <https://doi.org/10.15517/rbt.v68iS2.44344>
- Carrera, C., & Fierro, K. (2001). Manual de monitoreo: Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/144719-opac>
- Castillo, M. D. (2019). Determinación de la calidad de agua mediante indicadores físicos, químicos y biológicos en los bofedales de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo. [bachelorThesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/13170>
- Covich, A., & Thorp, J. (2001). Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates. <https://www.sciencedirect.com/book/9780126906479/ecology-and-classification-of-north-american-freshwater-invertebrates>
- Cuadros, O. (2022a). Macroinvertebrados acuáticos y calidad fisicoquímica de sistemas lóticos de la cabecera de la microcuenca Yucaes, Acocro, Huamanga, Ayacucho 2020-2021. https://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/4986/1/TESIS%20B915_Cua.pdf
- Cuadros, O. (2022b). Macroinvertebrados acuáticos y calidad fisicoquímica de sistemas lóticos de la cabecera de la microcuenca Yucaes, Acocro, Huamanga, Ayacucho 2020—2021. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/4986>

- Domínguez, E., & Fernández, H. R. (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo. <https://www.lillo.org.ar/editorial/index.php/publicaciones/catalog/book/125>
- Espinosa, C. I. (2022). Similitud de Comunidades biológicas. <https://ciespinosa.github.io/Similitud/similitud-disimilitud-y-distancia.html>
- Farías, G. (2013). Ecología. <https://issuu.com/prepa3.biblioteca/docs/ecologia>
- Fauth, J. E., Bernardo, J., Camara, M., Resetarits, W. J., Van Buskirk, J., & McCollum, S. A. (1996a). Simplifying the Jargon of Community Ecology: A Conceptual Approach. *The American Naturalist*, 147(2), 282-286.
- Fauth, J. E., Bernardo, J., Camara, M., Resetarits, W. J., Van Buskirk, J., & McCollum, S. A. (1996b). Simplifying the Jargon of Community Ecology: A Conceptual Approach. *The American Naturalist*, 147(2), 282-286. <https://doi.org/10.1086/285850>
- Fonkén, M. S. M. (2014). Introducción a los bofedales de la región Altoandina Peruana.
- García, A., & Reyes, M. G. (2012). Cloruros totales en el agua del abastecimiento. https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/8825/1/cloruros_nov12.pdf
- Gómez, N. Y. (2016). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad fisicoquímica del agua en un bofedal, distrito de Quinua. Ayacucho 2015. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/1761>
- Gonzáles, H., Crespo, E., Acosta, R., & Hampel, H. (2019). Guía rápida para la identificación de macroinvertebrados de los ríos altoandinos del cantón Cuenca. https://biblioteca.cuenca.gob.ec/opac_css/index.php?lvl=more_results&m_ode=keyword&user_query=MACROINVERTEBRADOS%2C&tags=ok
- Grey, C. (2020). Bofedales: Ecosistema altoandino en peligro. UPY. <https://www.unitedperuvianyouth.com/post/bofedales-ecosistema-altoandino-en-peligro>
- Guarderas, P. A., Espinosa, R. E., Guevara, E. A., & Santander, T. (2017). Cartilla de identificación de macroinvertebrados acuáticos: Guía para el monitoreo participativo. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25555.81447>
- Hanson, P., Springer, M., & Ramirez, A. (2010). Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical*, 58, 3-37.
- Huamani, G. D. (2024). Macroinvertebrados y características fisicoquímicas de arroyos de un bofedal, centro poblado Santa Cruz de Hospicio, distrito de Paras. Ayacucho 2020. <https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/20.500.14612/6745>
- Ladrera, R. L. (2012). Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos. *Páginas de información ambiental*, (39), 24-29.
- López, A. T., Ríos-Pulgarín, M. I., & Gil-Guarín, I. C. (2023). Variables de hábitat que regulan la estructura de las comunidades de macroinvertebrados en corrientes de montaña del Oriente antioqueño (Colombia). *Revista de*

- Biología Tropical, 71(1), 52093-52093.
<https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop..v71i1.52093>
- López, A.-T., Ríos, M.-I., & Gil, I.-C. (2023). Características del hábitat que regulan la estructura de las comunidades de macroinvertebrados en ríos tropicales de montaña (Antioquía, Colombia). *Revista de Biología Tropical*, 71(1).
<https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop..v71i1.52093>
- López, E., & Sedeño, J. (2015). Biological Indicators of Water Quality: The Role of Fish and Macroinvertebrates as Indicators of Water Quality. En ResearchGate. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9499-2_37
- MINAM. (2018). Mapa del Patrimonio Nacional Forestal. <https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/siar-puno/archivos/public/docs/566.pdf>
- MINAM. (2019). Guía de evaluación del estado del ecosistema de bofedal. <https://www.inaigem.gob.pe/wp-content/uploads/2020/01/GUIA-DE-EVALUACION-ESTADO-DE-ECOSISTEMA-BOFEDA.pdf>
- Miserendino, M. L. (2001). Macroinvertebrate assemblages in Andean Patagonian rivers and streams: Environmental relationships. *Hydrobiologia*, 444(1), 147-158. <https://doi.org/10.1023/A:1017519216789>
- Monge, J. (2015). ¿Existen realmente los ensambles y ensamblajes ecológicos? *Revista de Biología Tropical*, 63(3), 575-577.
- Prat, N., Rieradevall, M., Acosta, R., & Villamarín, C. (2011). Guía para el reconocimiento de las larvas de Chironomidae (Diptera) de los ríos altoandinos de Ecuador y Perú.
- Quispe, L. S., León, P. F., & Passuni, E. O. (2017). Caracterización trófica de dos bofedales de la provincia de Candarave, región Tacna. *Ciencia & Desarrollo*, (21), Article 21.
<https://doi.org/10.33326/26176033.2017.21.728>
- Quispe, M. S. (2017). Estudio del comportamiento del oxígeno disuelto y parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la Bahía Interior de Puno. <https://hdl.handle.net/20.500.13053/532>
- RAE. (2023). Diccionario de la lengua española. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. <https://dle.rae.es/taxón>
- Rivera-Usme, J. J., Pinilla-Agudelo, G. A., & Rangel-Churio, J. O. (2013). Ensamblaje de macroinvertebrados acuáticos y su relación con las variables físicas y químicas en el humedal de jaboque-colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/73935>
- Rocabado, G., & Wasson, J. G. (1999). Regionalización de la fauna bentónica en la cuenca andina del río Beni (Bolivia). https://www.oieau.fr/eaudoc/system/files/documents/39/199498/199498_d oc.pdf
- Roldán, G. (1996). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. 226.
- Roldán, G., & Ramírez, J. J. (2008). Fundamentos de limnología neotropical. <https://repositorio.accefyn.org.co/handle/001/71>
- Romero, J. (2005). Calidad del Agua. 50.

- Sánchez, J. (2021). Ríos y Lagos. *ecologiaverde.com*.
<https://www.ecologiaverde.com/por-que-son-importantes-los-ríos-y-lagos-1329.html>
- Sierra, C. A. (2011). Calidad del agua. Evaluación y diagnóstico. Sello Editorial de la Universidad de Medellín.
<https://repository.udem.edu.co/handle/11407/2568>
- Smith, T., & Smith, R. (2007). Ecología (Sexta).
<https://ebooksacademicos.blogspot.com/2014/02/ecologia-thomas-m-smith-robert-leo.html>
- UPCT. (2017). Análisis de aguas.
https://www.upct.es/~minaees/analisis_aguas.pdf
- Valdivielso, A. (2020, octubre 14). ¿Qué es un arroyo? [Text]. iAgua. iAgua.
<https://www.iagua.es/respuestas/que-es-arroyo-significado-y-concepto>
- Vásquez, H. Y. (2022). Patrones de distribución espacial en el ensamble de macroinvertebrados acuáticos en la microcuenca del río Alambi. Nanegalito, DMQ-Ecuador 2020. [bachelorThesis, Quito: UCE].
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/27870>
- Villamarín, C. P. (2012). Estructura y composición de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en ríos altoandinos del Ecuador y Perú. Diseño de un sistema de medida de la calidad del agua con índices multimétricos. TDX (Tesis Doctorals en Xarxa).
<https://www.tdx.cat/handle/10803/83923>

ANEXOS

Anexo 1. Resultado de la prueba de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilks para determinar la normalidad para las características físicas del agua de arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Temperatura °C	0,101	40	0,200*	0,962	40	0,194
Conductividad eléctrica (uS/cm)	0,277	40	0,000	0,827	40	0,000
pH	0,164	40	0,008	0,928	40	0,013
Alcalinidad total (mg/L CaCO ₃)	0,162	40	0,010	0,969	40	0,023
Dureza total (mg/L CaCO ₃)	0,148	40	0,028	0,958	40	0,146
Dureza cálcica (mg/L de Ca)	0,182	40	0,002	0,899	40	0,002
Dureza magnésica (mg/L de Mg)	0,115	40	0,199	0,955	40	0,012
Cloruros (mg Cl/L)	0,219	40	0,000	0,808	40	0,000

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Anexo 2. Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis que compara las características fisicoquímicas del agua de arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.

Estadísticos de prueba^{a,b}

	H de Kruskal-Wallis	gl	Sig. asin.
Temperatura °C	3,087	3	0,378
Conductividad eléctrica (uS/cm)	4,492	3	0,213
pH	1,269	3	0,737
Alcalinidad total (mg/L CaCO ₃)	5,146	3	0,161
Dureza total (mg/L CaCO ₃)	12,517	3	0,006
Dureza cálcica (mg/L de Ca)	5,391	3	0,145
Dureza magnésica (mg/L de Mg)	2,535	3	0,469
Cloruros (mg Cl/L)	4,605	3	0,203

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Zona muestreo

Anexo 3. Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis que compara la riqueza (taxa) y el total de especímenes capturados del ensamble de macroinvertebrados de arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.

Estadísticos de prueba^{a,b}

	H de Kruskal-Wallis	gl	Sig. asin.
Taxa (n°)	13,526	3	0,004
Total especímenes (n°)	15,588	3	0,001

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Zona muestreo

Anexo 4. Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis que compara la riqueza (familias) y el total de especímenes capturados del ensamble de macroinvertebrados de arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.

Estadísticos de prueba^{a,b}

	H de Kruskal-Wallis	gl	Sig. asin.
Familias (n°)	9,639	3	0,022
Total especímenes (n°)	15,588	3	0,001

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Zona muestreo

Anexo 5. Abundancia relativa promedio, máximo y mínimo de los componentes del ensamble de macroinvertebrados colectados en arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.

Taxa	Media	Máximo	Mínimo
Andesiops	17,523	71,134	0,000
Hyaella	16,955	88,889	0,000
Meridialaris	11,117	71,429	0,000
Macrelmis	11,036	54,000	0,000
Claudioperla	10,801	50,785	0,000
Dicrotendipes	7,119	56,849	0,000
Cylloepus	5,580	34,286	0,000
Lumbriculidae	3,917	33,333	0,000
Antarctoecia	2,131	17,864	0,000
Planaridae	1,843	28,159	0,000
Grumichella	1,278	30,108	0,000
Simuliidae 1	1,155	39,310	0,000
Ochrotrichia	1,012	14,801	0,000
Tabanus	1,010	33,333	0,000
Aeshna	0,939	33,333	0,000
Tipula	0,934	11,111	0,000
Polycentropus	0,929	11,494	0,000
Simuliidae 2	0,768	18,456	0,000
Cailloma	0,648	3,593	0,000
Alotanypus	0,562	6,122	0,000
Pentaneura	0,376	5,882	0,000
Atopsyche	0,302	8,197	0,000
Simuliidae 3	0,283	9,244	0,000
Podonomopsis	0,274	4,265	0,000
Rheotanytarsus	0,239	3,922	0,000
Hydrachnidae	0,176	8,995	0,000
Nectopsyche	0,165	5,882	0,000
Chelifera	0,154	1,667	0,000
Hexatoma	0,148	1,961	0,000
Helicopsyche	0,084	4,100	0,000
Paraheptagyia	0,058	2,193	0,000
Atanatolica	0,056	3,279	0,000
Lispe	0,050	1,227	0,000
Limnophora	0,049	1,000	0,000
Podonomus	0,048	0,957	0,000
Hydridae	0,043	3,430	0,000
Epimetopidae	0,043	2,151	0,000
Hemerodromia	0,033	1,000	0,000
Staphylinidae	0,029	1,075	0,000
Hydrophilidae	0,023	1,852	0,000
Bezzia	0,022	0,957	0,000
Dytiscidae	0,019	0,806	0,000
Limonia	0,017	0,840	0,000
Scirtidae	0,012	0,510	0,000
Aphrosylus	0,011	0,439	0,000
Ischnura	0,009	0,725	0,000
Curculionidae 2	0,005	0,192	0,000
Planorbidae	0,005	0,361	0,000
Ephydridae	0,004	0,357	0,000
Glossiphoniidae	0,004	0,336	0,000
Curculionidae 1	0,002	0,145	0,000

Anexo 6. Abundancia relativa promedio de los componentes del ensamble de macroinvertebrados colectados según arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.

Taxa	Zona muestreo			
	I	II	III	IV
Andesiops	11,41	3,95	20,65	30,60
Meridialaris	1,11	1,80	29,71	14,94
Aeshna	0,19	4,38	0,00	0,02
Ischnura	0,00	0,05	0,00	0,00
Claudioperla	9,86	6,92	7,78	16,34
Helicopsyche	0,26	0,00	0,02	0,00
Atopsyche	0,00	0,00	1,48	0,02
Cailloma	0,52	0,21	0,67	1,05
Ochrotrichia	0,96	2,65	0,51	0,30
Atanatolica	0,00	0,00	0,28	0,00
Grumichella	0,09	0,05	4,68	1,01
Nectopsyche	0,48	0,09	0,01	0,00
Antarctoecia	5,37	0,08	0,52	1,34
Polycentropus	0,05	0,06	2,92	1,05
Bezzia	0,00	0,00	0,00	0,07
Alotanypus	0,48	0,32	0,68	0,73
Dicrotendipes	11,16	5,13	3,72	6,67
Paraheptagyia	0,00	0,00	0,00	0,19
Pentaneura	0,08	0,37	0,89	0,33
Podonomopsis	0,48	0,07	0,00	0,38
Podonomus	0,01	0,06	0,00	0,11
Rheotanytarsus	0,02	0,13	0,25	0,53
Aphrosylus	0,04	0,00	0,00	0,00
Chelifera	0,33	0,05	0,07	0,10
Hemerodromia	0,03	0,06	0,00	0,04
Ephydriidae	0,00	0,00	0,00	0,01
Limnophora	0,03	0,19	0,00	0,00
Lispe	0,00	0,17	0,03	0,03
Simuliidae 1	0,56	0,03	4,05	0,57
Simuliidae 2	1,37	0,25	1,04	0,33
Simuliidae 3	0,22	0,00	0,00	0,72
Tabanus	0,41	2,69	0,67	0,72
Hexatoma	0,03	0,12	0,12	0,30
Limonia	0,06	0,00	0,00	0,00
Tipula	0,39	1,42	1,91	0,51
Curculionidae 1	0,00	0,01	0,00	0,00
Curculionidae 2	0,01	0,00	0,01	0,00
Dytiscidae	0,03	0,00	0,05	0,00
Cylloepus	2,67	11,30	1,77	7,22
Macrelmis	11,44	20,00	8,40	6,41
Epimetopidae	0,02	0,01	0,13	0,02
Hydrophilidae	0,00	0,12	0,00	0,00
Scirtidae	0,00	0,00	0,06	0,00
Staphylinidae	0,00	0,05	0,10	0,00
<i>Hyaella</i>	33,64	28,32	0,19	3,88
Hydrachnidae	0,50	0,09	0,00	0,03
Glossiphoniidae	0,01	0,00	0,00	0,00
Lumbriculidae	3,54	5,63	5,71	1,96
Planariidae	1,99	3,15	0,91	1,45
Hydriidae	0,14	0,00	0,00	0,00
Planorbidae	0,00	0,02	0,00	0,00

Anexo 7. Vista panorámica de la zona alta de localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.



Anexo 8. Muestreo de macroinvertebrados acuáticos de los arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.



Anexo 9. Toma de muestra de agua de los arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.



Anexo 10. Toma de datos de las características fisicoquímicas del agua *in situ* Coenagrionidae de los arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.



Anexo 11. Filtración de muestras de agua para la medición de nutrientes de los arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.



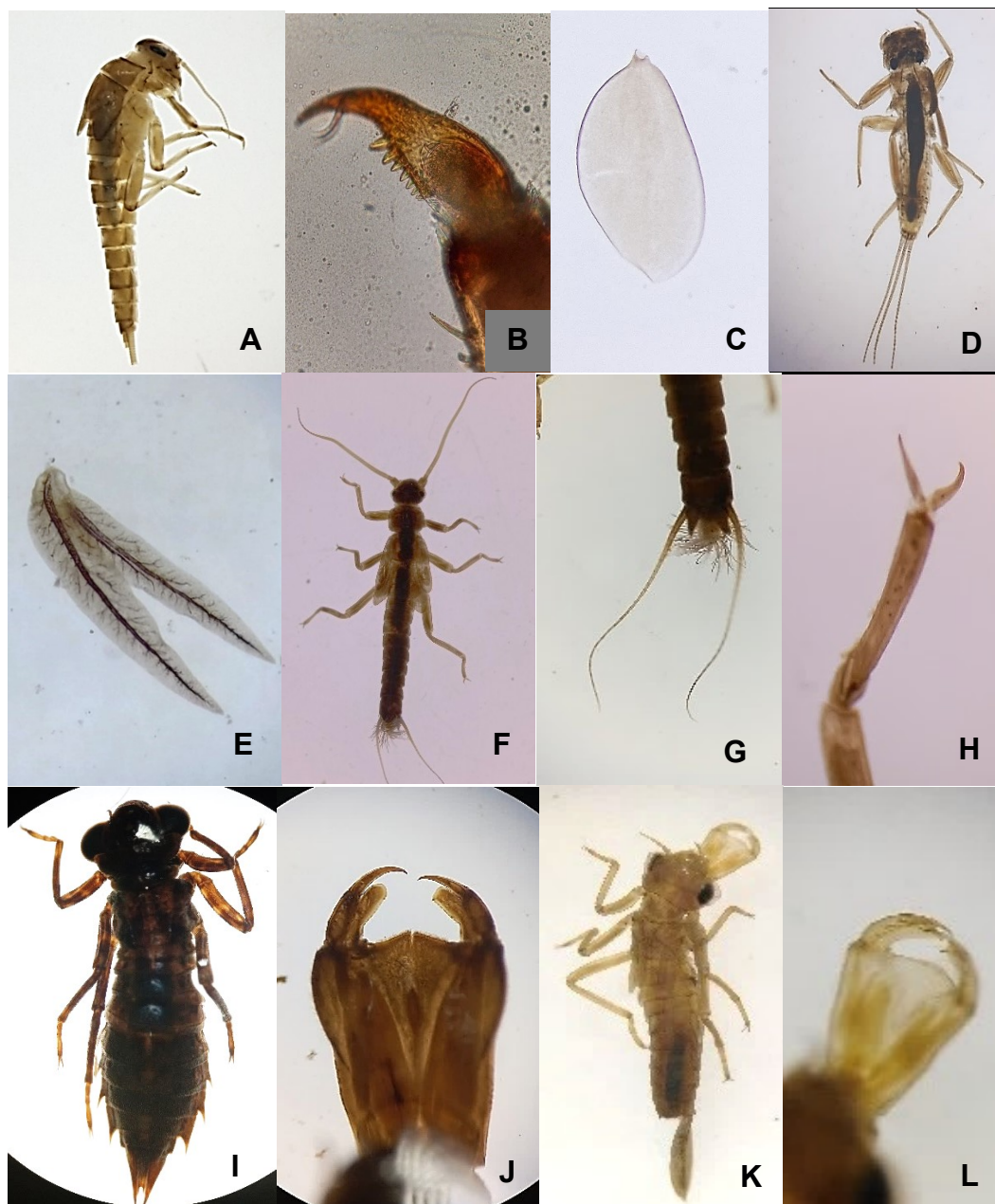
Anexo 12. Limpieza y separación por morfotipo de muestras de macroinvertebrados acuáticos de los arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.



Anexo 13. Identificación de muestras de macroinvertebrados acuáticos de los arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.

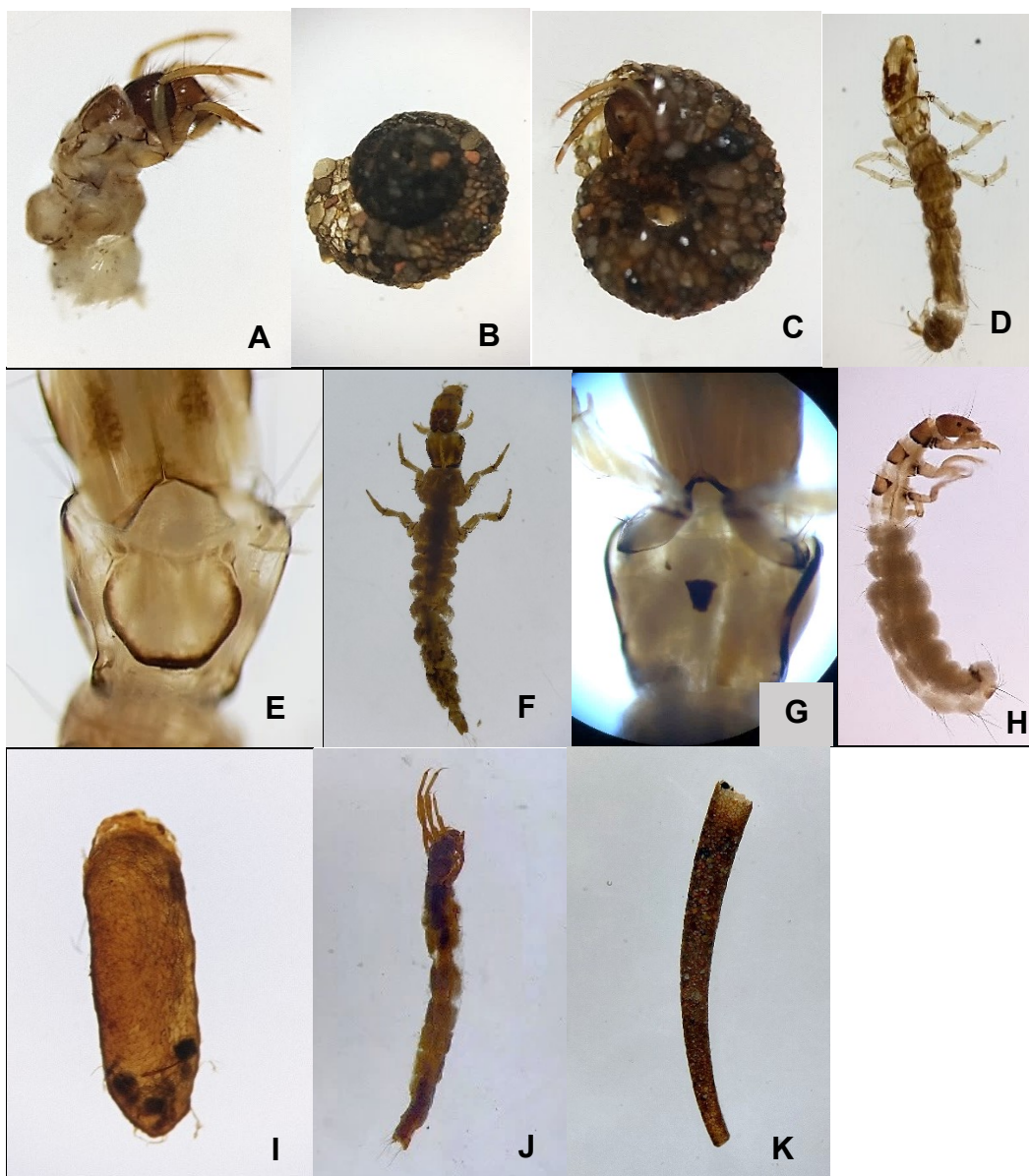


Anexo 14. Características taxonómicas del orden Ephemeroptera de la familia Baetidae, familia Leptophlebiidae, orden Plecoptera de la familia Gripopterygidae y orden Odonata de la familia Aeshnidae y familia Coenagrionidae de los arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.



Orden Ephemeroptera: Familia Baetidae: Género Andesiops: A, Náyade vista lateral; B, Uña; C, Branquia. Familia Leptophlebiidae: Género Meridialaris: D, Náyade vista dorsal; E, Branquia. Familia Gripopterygidae: Género Clauodiperla: F, Nínfa vista dorsal; G, Branquias terminales; H, Uña tarsal. Orden Odonata: Familia Aeshnidae: Género Aeshna: I, Náyade vista dorsal; J, Labio vista dorsal. Familia Coenagrionidae: K, Náyade vista dorsal; L, Labio vista dorsal.

Anexo 15. Características taxonómicas del orden Trichoptera de la familia Helicopsychidae, familia Hydrobiodidae, familia Hydroptilidae, familia Leptoceridae de los arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.



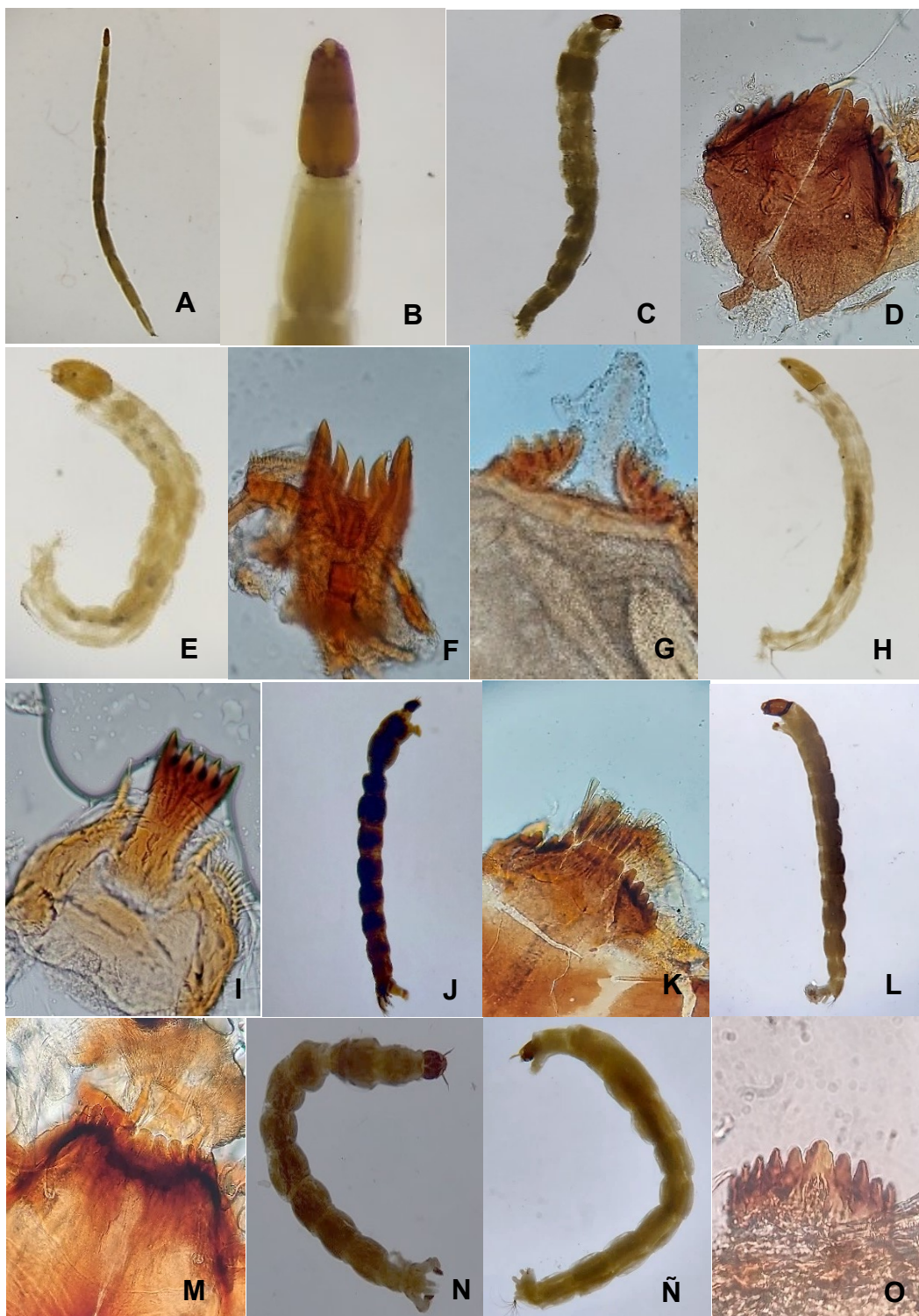
Familia Helicopsychidae: Género *Helicopsyche*: A, Larva vista lateral; B, Casa vista dorsal; C, Larva dentro del capullo vista dorsal. Familia Hydrobiodidae: Género *Atopsyche*: D, Larva vista dorsal; E, Protórax vista ventral. Género *Cailloma*: F, Larva vista dorsal; G, Protórax vista ventral. Familia Hydroptilidae: Género *Ochrotrichia*: H, Larva vista lateral; I, Casa vista lateral. Familia Leptoceridae: Género *Atanotolca*: J, Larva vista lateral; K, casa.

Anexo 16. Características taxonómicas del orden Trichoptera de la familia Leptoceridae, familia Limnephilidae, y familia Polycentropodidae de los arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.



Familia Leptoceridae: Género Grumichella: A, Larva vista dorsal; B, casa; C, Esclerito lateral. Género Nectopsyche: D, Larva vista lateral; E, casa; F, Esclerito lateral. Familia Limnephilidae: Género Antarctoecia: G, Larva vista dorsal; H, casa; I, Pelos abdominales; J, Cuerno prosternal. Familia Polycentropodidae: Género Polycentropus: K, Larva vista dorsal; L, Cabeza.

Anexo 17. Características taxonómicas del orden Diptera de la familia Ceratopogonidae y familia Chironomidae de los arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.



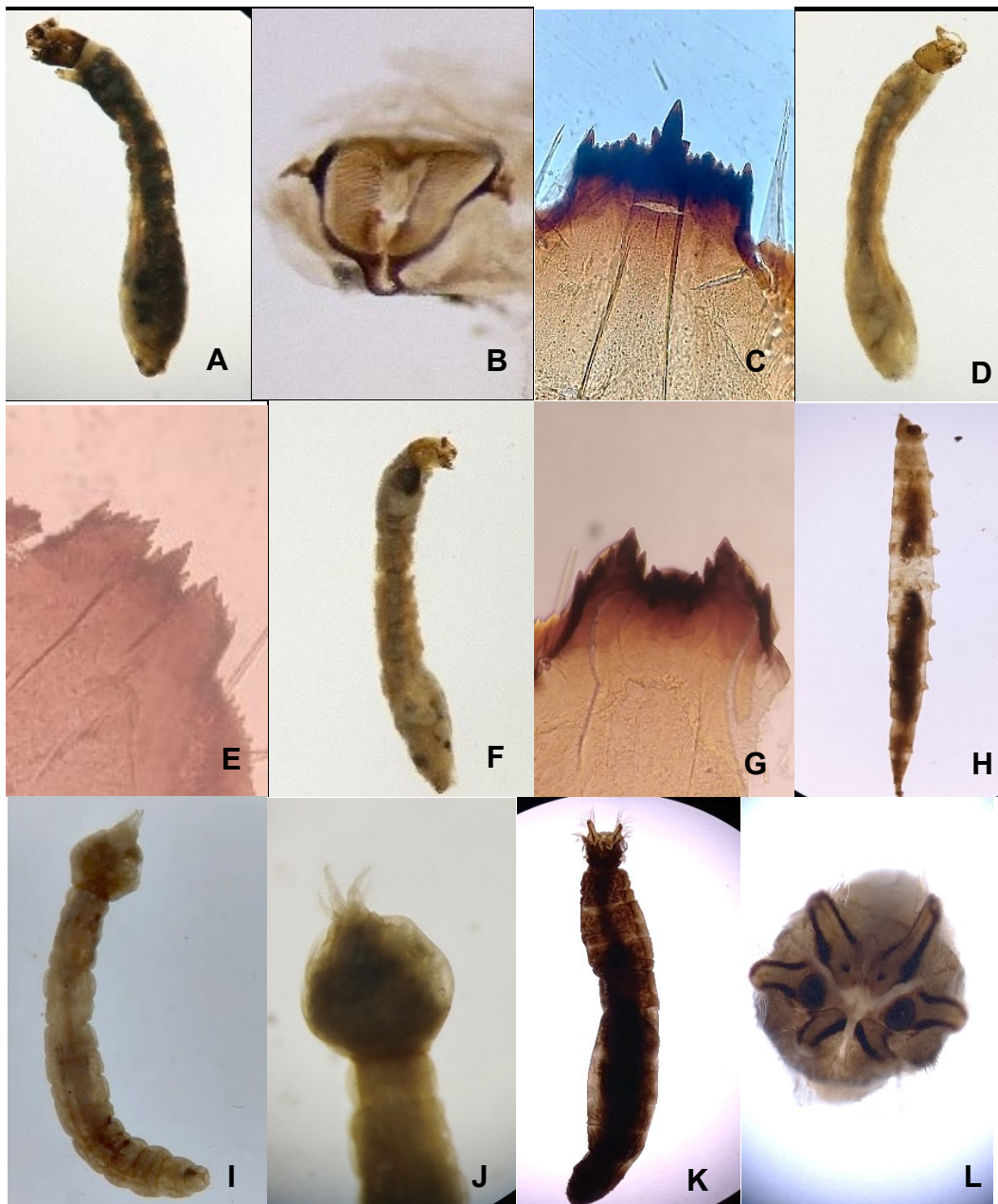
Familia Ceratopogonidae: Género Bezzia: A, Larva vista dorsal; B, Cabeza vista dorsal. Familia Chironomidae: Género Dicotendipes: C, Larva vista lateral; D, Mentón. Género Alotanypus: E, Larva vista lateral; F, Lígula; G, Dientes dorsometales. Género Paraheptagyia: H, Larva vista lateral; I, Mentón. Género Pentaneura: J; Larva vista lateral; K, Mentón. Género Podonomopsis: L, Larva vista lateral. Género Podonomus: M, Larva vista lateral; N, Mentón. Género Rheotanytus: Ñ, Larva vista lateral; O, Mentón.

Anexo 18. Características taxonómicas del orden Diptera de la familia Dolichopodidae, familia Empididae, familia Ephydriidae y familia Muscidae de los arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.



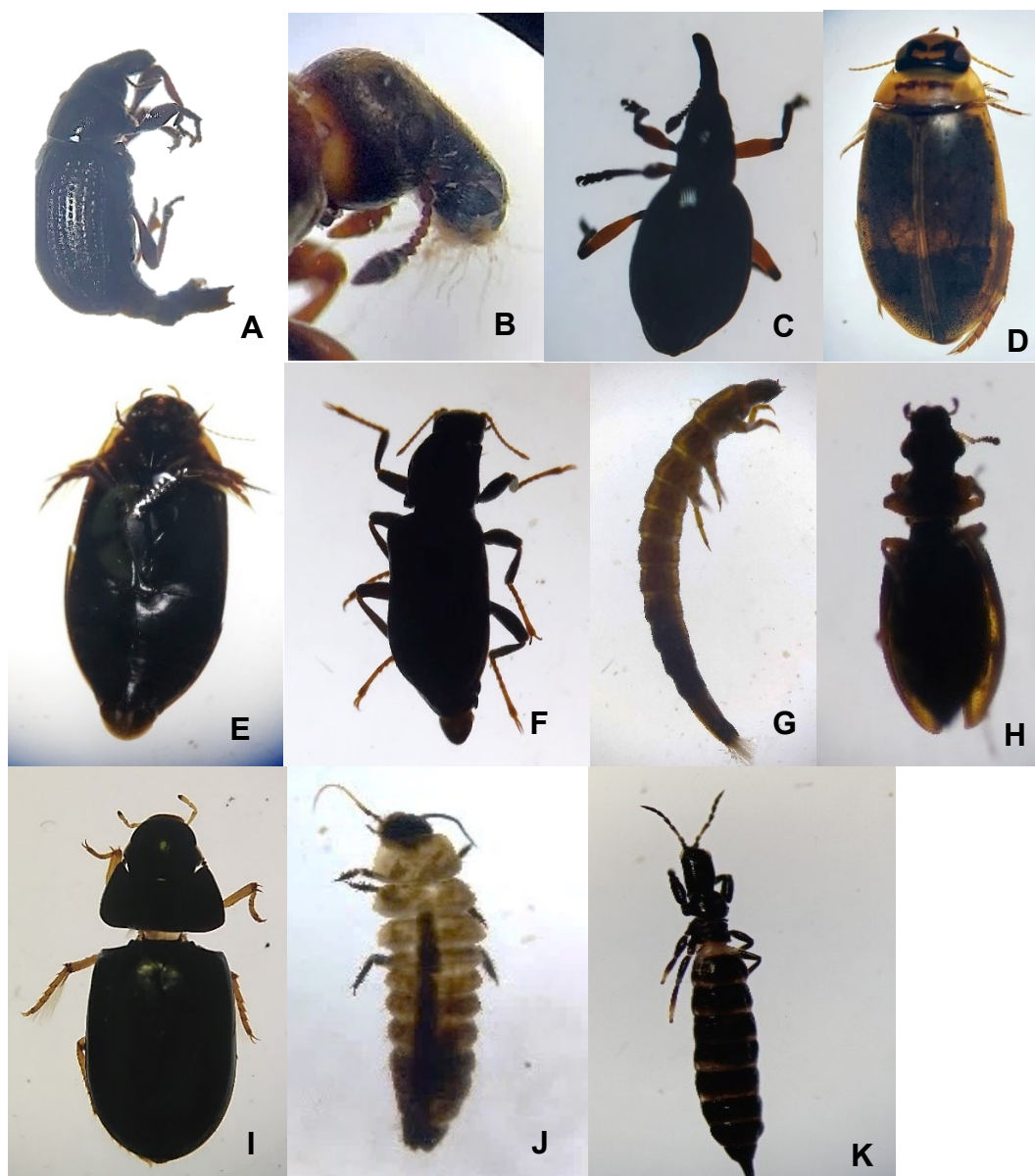
Familia Dolichopodidae: Género *Aphrosylus*: A, Larva vista lateral; B, Placa anal. Familia Empididae: Género *Chelifera*: C, Larva vista dorsal; D, Segmento caudal ventral. Género *Hemerodromia*: E, Larva vista dorsal; F, Segmento caudal ventral. Familia Ephydriidae: Género *Ephidra*: G, Larva vista dorsal; H, órganos respiratorios posteriores bifurcados. Familia Muscidae: Género *Limnophora*: I, Larva vista lateral; J, Segmento caudal ventral. Género *Lispe*: K, Larva vista lateral; L, Segmento caudal lateral.

Anexo 19. Características taxonómicas del orden Diptera de la familia Simuliidae, familia Tabanidae y familia Tipulidae de los arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.



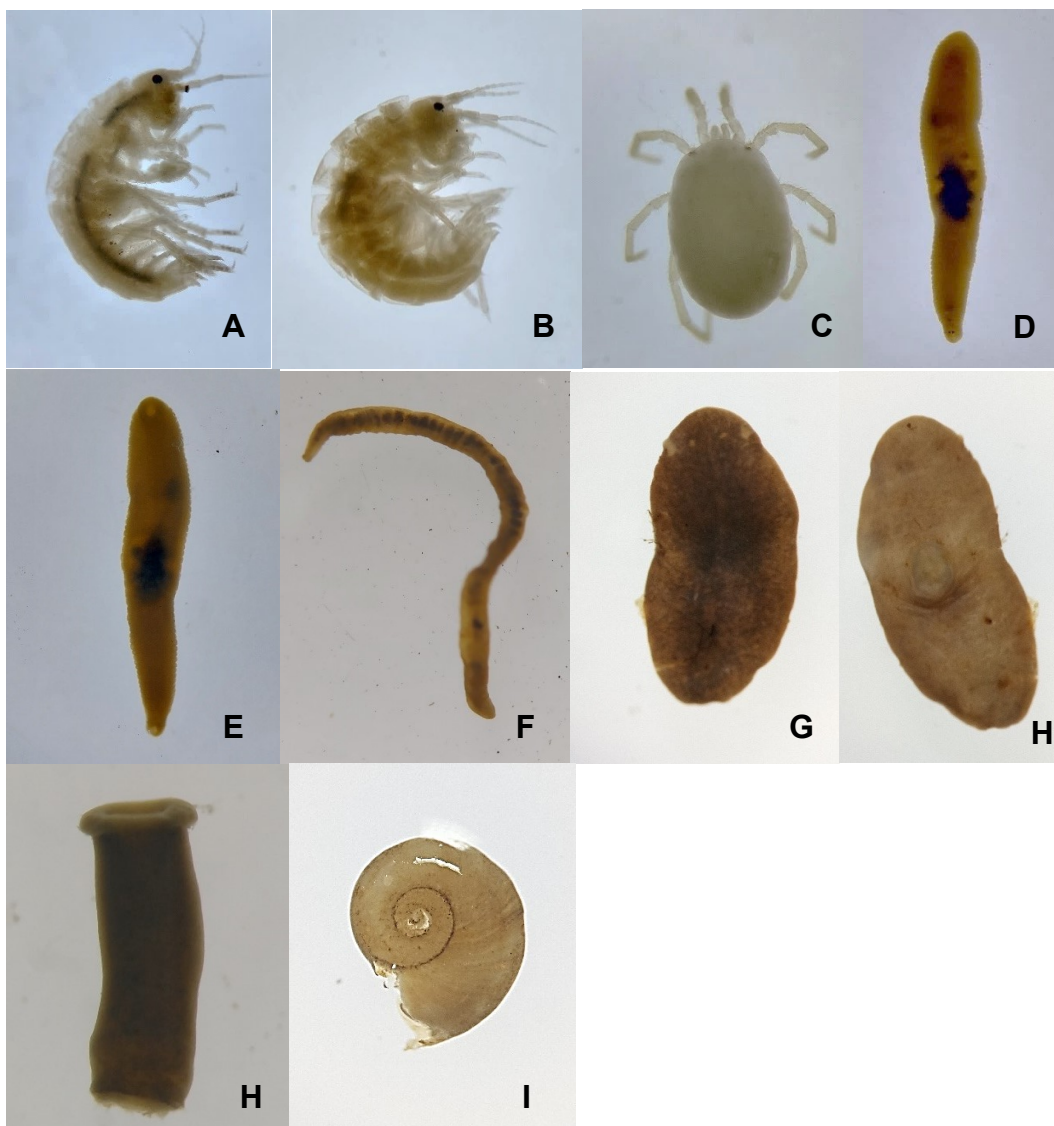
Familia Simuliidae: Género Simuliidae 1: A, Larva vista lateral; B, Exclerito anal; C, Borde dentario de hipostomio. Género Simuliidae 2. D, Larva vista lateral; E, Borde dentario de hipostomio. Género Simuliidae 3. F, Larva vista lateral; G, Borde dentario de hipostomio. Familia Tabanidae: Género Tabanus: H, Larva vista lateral. Familia Tipulidae: Género Hexatoma: I, Larva vista lateral; J, Disco espiracular. Familia Simuliidae: Género Tipula: K, Larva vista dorsal; L, Disco espiracular.

Anexo 20. Características taxonómicas del orden Coleoptera de la familia Curculionidae, familia Dytiscidae, familia Elmidae, familia Epimetopidae, familia Hydrophilidae, familia Scirtidae y familia Staphylinidae de los arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.



Familia Curculionidae: Género Curculionidae 1: A, Adulto vista lateral; B, Cabeza vista lateral. Género Curculionidae 2: C, Adulto vista dorsal. Familia Dytiscidae: D, Adulto vista dorsal; E, Adulto vista ventral. Familia Elmidae: Género Cylloepus: F; Adulto vista dorsal. Género Macrelmis: G, Larva vista lateral. Familia Epimetopidae: H, Larva vista dorsal. Familia Hydrophilidae: I, Adulto vista dorsal. Familia Scirtidae: J, Larva vista ventral. Familia Staphylinidae: K, Adulto vista dorsal.

Anexo 21. Características taxonómicas del orden Amphipoda, orden Trombidiformes, orden Hirudinida, orden Lumbriculida, orden Tricladida, orden Anthoathecatae y orden Lymnaeida de los arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2021.



Orden Amphipoda: Familia Hyalella: Género Hyalella: A, Adulto macho vista lateral; B, Adulto hembra vista lateral. Orden Trombidiformes: Familia Hydrachnidae: C, Adulto vista dorsal. Orden Hirudinida: Familia Glossiphoniidae: D, vista dorsal; E, vista ventral. Orden Lumbriculida: F, Familia Lumbriculidae. Orden Tricladida: G, Familia Planariidae. Orden Anthoathecatae: H, Familia Hydridae. Orden Lymnaeida: I, Planorbidae.

Anexo 22. Matriz de consistencia.

TÍTULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEORICO	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	ASPECTOS METODOLÓGICOS
Ensamblaje de macroinvertebrados y calidad fisicoquímica en arroyos que escurren agua de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2020-2021	¿Cuáles es la relación de las características físico químicas del agua con el ensamblaje de macroinvertebrados acuática de los arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos ubicados en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho, durante los meses de enero a diciembre del 2021.	Objetivo general Estudiar la relación de las características fisicoquímicas sobre el ensamblaje de macroinvertebrados acuáticos en arroyos que escurren de tres bofedales alto andinos ubicados en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho durante los meses de enero a diciembre del 2021. Objetivos específicos - Determinar las características fisicoquímicas del agua de los tres arroyos que escurren de los tres bofedales altoandinos. - Determinar la composición, riqueza y abundancia del ensamble de macroinvertebrados acuáticos en los arroyos que escurren de tres bofedales altoandinos. - Determinar la relación de las características fisicoquímicas del agua sobre la composición, abundancia y la riqueza del ensamble de macroinvertebrados acuáticos. - Determinar la similitud del ensamble de macroinvertebrados acuáticos según zonas y meses de muestreo.	Antecedentes Internacional nacional regional Marco conceptual - Bofedales - Macroinvertebrados acuáticos - Arroyos - Parámetros físicas y químicas del agua Fundamento teórico - Bofedales altoandinos. - Arroyos altoandinos. - Macroinvertebrados acuáticos. - Función e importancia ecológica de los macroinvertebrados en sistemas acuáticos. - Macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua. - Parámetros físicos y químicos del agua.	Las características fisicoquímicas del agua están significativamente relacionadas con el ensamblaje de macroinvertebrados acuática en arroyos que escurren de tres bofedales alto andinos ubicados en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho durante los meses de enero a diciembre del 2021	a. variable dependiente Ensamblaje de macroinvertebrados acuáticos alto andinos Indicadores - Composición (géneros) - Riqueza (nº de especies, géneros y familias). - Abundancia (número de individuos/cm2) - Similitud (Índice Bray Curtis) b. variable independiente Características fisicoquímicas del agua Indicadores Características físicas: - Temperatura (°C) - Conductividad eléctrica (µS/cm) - Sólidos totales disueltos (mg/l) Características químicas: - Alcalinidad (mg/l) - Dureza total(mg/l) - Dureza cálcica(mg/l) - Dureza magnésica(mg/l) - Cloruro(mg/l) - Oxígeno (mg/l)	TIPO DE INVESTIGACIÓN ▪ Básica NIVEL DE INVESTIGACIÓN ▪ Descriptiva ▪ Correlacional DISEÑO: ▪ No experimental TIPO DE MUESTREO ▪ Determinístico y Aleatorio POBLACIÓN Y MUESTRA Población: Macroinvertebrados acuáticos y el agua de los arroyos que escurren de los tres bofedales altoandinos, así mismo del arroyo resultante de los tres primeros mencionados de la localidad de Llachoccmayo Chiara. Ayacucho 2020-2021. Muestra: 96 colecciones de muestras de macroinvertebrados acuáticos y 48 muestras de agua de las zonas de muestreo. TÉCNICAS ▪ Observación INSTRUMENTOS: ▪ Microscopio ▪ Estereoscopio ▪ Multiparámetro

**UNSCH****FACULTAD DE
CIENCIAS BIOLÓGICAS**

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. Diego Armando VEGA HINOSTROZA
RESOLUCIÓN DECANAL N° 090-2026-UNSCH-FCB-D.

En la ciudad de Ayacucho, siendo las cinco de la tarde del día viernes veinte y seis de junio del año dos mil veintiséis; 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, participando como presidente encargado el Dr. Yuri Olivier AYALA SULCA, con Memorando N° 125-2026-UNSCH-FCB, de fecha veinte y seis de junio de 2026; a su vez el Dr. Edwin PORTAL QUICANA (Miembro-Jurado), Blgo. César Justo RODOLFO VARGAS (Miembro-Jurado) y Dr. Carlos Emilio CARRASCO BADAJOZ (Miembro-Asesor), actuando como secretario docente el Mg. Luis Uriel MOSCOSO GARCÍA; para presenciar la sustentación de tesis titulada: Ensamblaje de macroinvertebrados y calidad fisicoquímica en arroyos que escurren agua de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2020-2021, por el **Bach. Diego Armando VEGA HINOSTROZA**; el presidente (e) luego de verificar la documentación presentada, indicó al secretario docente; dar lectura a la documentación generada que refrenda el presente acto académico, luego de ello dispuso el inicio del acto de sustentación, indicando al sustentante que dispone de cuarenta y cinco minutos para exponer su trabajo de investigación tal como establece en el Reglamento de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Biología de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Culminada la exposición, el presidente (e) invitó a cada uno de los Miembros del Jurado a participar con sus observaciones, sugerencias y preguntas al sustentante. Culminada esta etapa, el presidente invitó al sustentante y al público asistente a abandonar momentáneamente el Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga para que los miembros del jurado evaluador puedan realizar las deliberaciones y calificaciones correspondientes; cuyos resultados son los que se consignan a continuación:

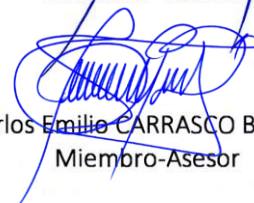
Miembros del Jurado Evaluador	Exposición	Respuesta/preguntas	Promedio
Dr. Yuri Olivier AYALA SULCA	16	15	16
Dr. Edwin PORTAL QUICANA	16	15	16
Blgo. César Justo RODOLFO VARGAS	17	16	17
PROMEDIO			16

El sustentante alcanzó el promedio de dieciséis (16) aprobatorio. Acto seguido, el presidente (e) autorizó el ingreso del sustentante y el público asistente al Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga dando a conocer los resultados e indicando que de este modo se da por finalizado el presente acto académico, siendo las siete con cincuenta minutos de la noche, del mismo día; firmando al pie del presente en señal de conformidad.


Dr. Yuri Olivier AYALA SULCA
Presidente (e)


Blgo. César Justo RODOLFO VARGAS
Miembro-Jurado


Dr. Edwin PORTAL QUICANA
Miembro - Jurado


Dr. Carlos Emilio CARRASCO BADAJOZ
Miembro-Asesor


Mg. Luis Uriel MOSCOSO GARCÍA
Secretario Docente



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

DECANATURA-ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

Nº 41-2026-FCB-D

Yo, SERAPIO ROMERO GAVILÁN, 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: **Ensamblaje de macroinvertebrados y calidad fisicoquímica en arroyos que escurren agua de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2020-2021**, por DIEGO ARMANDO VEGA HINOSTROZA; he constatado por medio del uso de la herramienta TURNITIN, procesado CON DEPÓSITO, una similitud de 19%, 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-UNSCU.

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, 24 de agosto de 2026.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
Escuela Profesional de Biología

Dr. Serapio Romero Gavilán
DIRECTOR

Ensamblaje de macroinvertebrados y calidad fisicoquímica en arroyos que escurren agua de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2020-2021

por DIEGO ARMANDO VEGA HINOSTROZA

Ensamblaje de macroinvertebrados y calidad fisicoquímica en arroyos que escurren agua de tres bofedales altoandinos, en la localidad de Llachoccmayo, Chiara. Ayacucho 2020-2021

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	6%
2	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	5%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
4	revistas.ucr.ac.cr Fuente de Internet	1%
5	apptransparencia.unsch.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	AMIN ELSHORBAGY. "Group-based estimation of missing hydrological data: II. Application to streamflows / L'estimation de groupe pour l'estimation des donnees hydrologiques manquantes: II. Application aux debits", Hydrological Sciences Journal, 12/01/2000 Publicación	1%
7	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	riostropicales2018.org Fuente de Internet	<1%
9	repositorio.uniscjsa.edu.pe Fuente de Internet	<1%
10	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1%
11	doczz.es Fuente de Internet	<1%
12	repositorio.uteq.edu.ec Fuente de Internet	<1%
13	geografiacriticaecuador.org Fuente de Internet	<1%

14	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	1library.co Fuente de Internet	<1 %
16	DIEGO VIMOS LOJANO. "Influencia de las condiciones hidráulicas e hidrológicas en la variación espacial y temporal de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en ríos altoandinos de cabecera al sur de Ecuador", Universitat Politecnica de Valencia, 2017 Publicación	<1 %
17	www.uned.ac.cr Fuente de Internet	<1 %
18	"Los ríos de Morelia, ejes articuladores de la ciudad. Procesos históricos y relaciones socioambientales", Universidad Nacional Autonoma de Mexico, 2020 Publicación	<1 %
19	Submitted to Universidad de Jaén Trabajo del estudiante	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 30 words

Excluir bibliografía

Activo