

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**Comunidad macroinvertebrada acuática en
ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas
Corral, Vinchos, Ayacucho 2017 - 2018**

Tesis para obtener el título profesional de
Biólogo, Especialidad: Ecología y Recursos Naturales

Presentado por:

Bach. Moises Huayhuameza Quispe

Asesor:

Dr. Carlos Emilio Carrasco Badajoz

Ayacucho - Perú

2024

*A mis padres, hermanos y tíos,
quienes con su apoyo incondicional
hacen posible el logro de mis metas
académicas y personal.*

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga por contribuir activamente al desarrollo de nuestra región y país mediante la formación de profesionales competentes.

A la Facultad de Ciencias Biológicas, en particular a la especialidad de Ecología y Recursos Naturales, así como a todos los docentes que compartieron sus conocimientos, consejos y tiempo durante mi formación personal y profesional.

A mi asesor, Dr. Carlos Emilio Carrasco Badajoz por su orientación en la planificación, ejecución, análisis de los resultados de la presente investigación.

A la Blga. Carolina Rayme Chalco por el apoyo en el procesamiento de muestras de macroinvertebrados acuáticas e identificación taxonómica.

A mi novia Carolina Fernández Fernández por su inquebrantable apoyo, motivación y asistencia en el procesamiento de las nuestras biológicas.

A todos mis compañeros del Lab-Bio-SIG- "Grupo II", por compartir experiencias, anécdotas y sobre todo por los gratos momentos compartidos.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xiv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes	3
2.1.1. Nivel internacional	3
2.1.2. Nivel nacional	3
2.1.3. Nivel local	4
2.2. Marco conceptual	6
2.2.1. Ecosistema	6
2.2.2. Ecosistema frágil	6
2.2.3. Ambientes lóticos	6
2.2.4. Bofedal	6
2.2.5. Hábitat	6
2.2.6. Comunidad biótica	6
2.2.7. Población	7
2.2.8. Especie	7
2.2.9. Taxón.	7
2.2.10. Riqueza específica	7
2.2.11. Composición	7
2.2.12. Abundancia	7
2.2.13. Abundancia relativa	7
2.2.14. Dominancia	7
2.2.15. Bioindicador	7
2.3. Bases teóricas	8
2.3.1. Bofedal	8
2.3.2. Bofedales a nivel nacional y regional	9
2.3.3. Macroinvertebrados acuáticos	9
2.3.4. Diversidad alfa	16

2.3.5.	Diversidad beta	17
2.3.6.	Marco Legal	17
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1.	Área de estudio	19
3.1.1.	Ubicación política	19
3.1.2.	Ubicación geográfica (UTM)	19
3.1.3.	Descripción del área de estudio	22
3.2.	Población y muestra	24
3.2.1.	Población	24
3.2.2.	Muestra	24
3.2.3.	Tipos de muestreo	24
3.2.4.	Tipo de investigación	24
3.2.5.	Nivel de investigación	24
3.2.6.	Tipo de método	24
3.3.	Metodología de campo	24
3.3.1.	Descripción física	24
3.3.2.	Colecta de macroinvertebrados acuáticos	25
3.4.	Metodología de laboratorio	26
3.4.1.	Limpieza y separación de macroinvertebrados	26
3.4.2.	Identificación de macroinvertebrados acuáticos	26
3.5.	Análisis comunitario	26
3.5.1.	Índice de diversidad alfa	26
3.5.2.	Índice de diversidad beta	27
3.6.	Análisis estadístico	27
IV.	RESULTADOS	29
V.	DISCUSIÓN	41
VI.	CONCLUSIONES	53
VII.	RECOMENDACIONES	55
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
	ANEXOS	63

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Ubicación geográfica de las unidades de muestreo en el bofedal Minas Corral, Vinchos, Huamanga, Ayacucho 2017-2018.	19
Tabla 2. Descripción de las características de las estaciones de muestreo en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral.	25
Tabla 3. Presencia de agua en las estaciones de muestreo durante los meses de estudio en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, Vinchos, Ayacucho 2017 – 2018.	31
Tabla 4. Composición de la comunidad macroinvertebrada acuática por estaciones y meses de estudio en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, Vinchos, Huamanga, Ayacucho 2017 – 2018.	32
Tabla 5. Índices de diversidad alfa (promedio y desviación estándar) de la comunidad macroinvertebrada acuática por estaciones de muestreo y meses de estudio en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, Vinchos, Huamanga, Ayacucho 2017 – 2018.	36
Tabla 6. Similitud promedio (índice de Bray-Curtis) de la comunidad macroinvertebrada acuática entre las estaciones de muestreo en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, Vinchos, Huamanga, Ayacucho 2017 – 2018.	37
Tabla 7. Similitud promedio (índice de Bray-Curtis) de la comunidad macroinvertebrada acuática entre los meses de estudio en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, Vinchos, Huamanga, Ayacucho 2017 – 2018.	39

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Sección transversal de un ecosistema lótico y la orientación del hábitat entre insectos acuáticos (McCafferty, 1983).	10
Figura 2. Mapa de ubicación del área de estudio, bofedal Minas Corral, Vinchos, Huamanga, Ayacucho.	20
Figura 3. Mapa de ubicación de las estaciones de muestreo, bofedal Minas Corral, Vinchos, Huamanga, Ayacucho	21
Figura 4. Mapa de cobertura vegetal de la microcuenca Minas Corral, Vinchos, Huamanga, Ayacucho	23
Figura 5. Abundancia relativa (promedio y desviación estándar) de la comunidad macroinvertebrada acuática en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, Vinchos, Huamanga, Ayacucho 2017 – 2018.	33
Figura 6. Abundancia relativa (promedio y desviación estándar) de la comunidad macroinvertebrada acuática por estaciones de muestreo en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, Vinchos, Huamanga, Ayacucho 2017 – 2018.	34
Figura 7. Abundancia relativa (promedio y desviación estándar) de la comunidad macroinvertebrada acuática por meses de estudio en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, Vinchos, Huamanga, Ayacucho 2017 – 2018.	35
Figura 8. Dendograma de similitud (índice de Bray-Curtis) de la comunidad macroinvertebrada acuática entre las estaciones de muestreo en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, Vinchos, Huamanga, Ayacucho 2017 – 2018.	38
Figura 9. Dendograma de similitud (índice de Bray-Curtis) de la comunidad macroinvertebrada acuática entre los meses de estudio en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, Vinchos, Huamanga, Ayacucho 2017 – 2018.	40

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Resultado de la prueba de normalidad para los datos de la abundancia de la comunidad macroinvertebrada acuática en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, Vinchos, Huamanga, Ayacucho 2017 – 2018.	65
Anexo 2. Abundancia relativa y desviación estándar de la comunidad macroinvertebrada acuática en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, Vinchos, Huamanga, Ayacucho 2017 – 2018.	66
Anexo 3. Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis de la abundancia relativa de la comunidad macroinvertebrada acuática entre las estaciones de muestreo en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, Vinchos, Huamanga, Ayacucho 2017 – 2018.	67
Anexo 4. Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis de la abundancia relativa de la comunidad macroinvertebrada acuática entre los meses de estudio en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, Vinchos, Huamanga, Ayacucho 2017 – 2018.	68
Anexo 5. Curva de acumulación de taxones de la comunidad macroinvertebrada acuática en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, Vinchos, Huamanga, Ayacucho 2017 – 2018.	69
Anexo 6. Fotografías del área de estudio y ambientes de aguas corrientes (arroyos) de bofedal Minas Corral.	70
Anexo 7. Fotografías del proceso de separación e identificación de los macroinvertebrados acuáticos en el Laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica (BioSIG).	71
Anexo 8. Características morfológicas de importancia taxonómica del orden Ephemeroptera (familia Baetidae) y Odonata (familia Aeshnidae y Coenagrionidae).	72
Anexo 9. Características morfológicas de importancia taxonómica del orden Hemiptera (familia Corixidae) y Trichoptera (familia Limnephilidea).	73
Anexo 10. Características morfológicas de importancia taxonómica del orden Diptera (familia Chironomidae, Simuliidae, Chironomidae, Dolichopodidae, Empididae, Muscidae, Tabanidea y Limonidae).	74

Anexo 11. Características morfológicas de importancia taxonómica del orden Coleoptera (familia Curculionidae, Dytiscidae, Elmidae y Hydrophilidae).	76
Anexo 12. Características morfológicas del orden Amphipoda, Prostigmata, Hirudinea, Lumbriculida, Haplotaxida y Sphaeriida.	77
Anexo 13. Matriz de consistencia	78

RESUMEN

El objetivo principal de este estudio fue determinar la estructura de la comunidad macroinvertebrada acuática en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, de setiembre de 2017 a agosto de 2018, a una altitud de 4 327 m.s.n.m. Se establecieron nueve estaciones de muestreo a lo largo de los arroyos del bofedal Minas Corral. Las muestras de macroinvertebrados acuáticos se colectaron mediante la técnica de barrido por un minuto con una red-tipo D (malla de 500 μm), abarcando áreas como los bordes y el fondo del cauce de los arroyos, removiendo diversos sustratos y macrófitas para permitir que los organismos se desprendan y desciendan al fondo de la red. Este proceso de muestreo se realizó mensualmente. Se colectaron un total de 21 122 individuos, entre larvas y adultos de macroinvertebrados acuáticos, pertenecientes a 28 taxones, agrupados en siete clases, 12 órdenes, 23 familias y 20 géneros. El grupo Insecta fue la más diversa en términos de riqueza de taxones y categorías taxonómicas, representado por los órdenes Diptera (con siete familias) y Coleoptera (con cuatro familias). Con respecto a la abundancia, el taxón *Hyaella* sp. (Amphipoda) presentó la mayor abundancia total con 16 141 individuos (67,34%), seguido por *Alotanypus* sp. (Diptera) con 1 051 individuos (7,35%), *Glossiphoniidae* sp.1 (Hirudinea) con 975 individuos (6,41%) y *Ectemnostega* sp. (Hemiptera) con 991 individuos (4,4%). En conjunto, el grupo de no insectos representó la mayor abundancia con 17 636 individuos (77,17%) del total y mientras que el grupo Insecta con 3 486 individuos (22,83%). La prueba de Kruskal Wallis mostró diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) en la abundancia de los taxones *Glossiphoniidae* sp.1 (entre las estaciones de muestreo) y *Ectemnostega* sp. (entre los meses de estudio). Los índices de Shannon-Weaver (H') y Simpson (D) presentaron valores inferiores a 2 bits/indiv y superiores a 0,55 respectivamente, lo cual reflejó que diversidad (alfa) de la comunidad de macroinvertebrados es baja tanto en las estaciones de muestreo como en los meses de estudio. La diversidad beta (índice similitud Bray-Curtis) reflejó una alta similitud en la composición y abundancia de taxones entre las estaciones permanentes y los meses con flujo de agua constante, con similitudes superiores a 60%. El análisis de clúster o dendograma también mostró el mismo comportamiento. Se concluye que, a nivel temporal, el factor hidrológico, en particular las variaciones en el caudal, fue determinante en la distribución y abundancia de la comunidad de macroinvertebrados. En cambio, a nivel espacial (estaciones de muestreo) no se han observado variaciones, probablemente debido a la homogeneidad de los microhábitats y el menor gradiente altitudinal entre las estaciones de muestreo.

Palabras clave: macroinvertebrados acuáticos, bofedal altoandino, ambientes lóticos, diversidad.

I. INTRODUCCIÓN

Los bofedales altoandinos son ecosistemas hidromórficos que presentan vegetación herbácea de tipo hidrófila, de importancia ambiental, económica y social. Estos ecosistemas se ubican en la región altoandina de los Andes tropicales y subtropicales, a altitudes que oscilan entre los 3 000 y 5 500 m.s.n.m. Debido a su gran sensibilidad al cambio climático y a las interferencias humanas, estos ecosistemas son altamente vulnerables (Walker & Salt, 2012). La degradación y la sobreexplotación de estos ecosistemas conllevan a la pérdida de sus diferentes atributos, lo cual genera un desequilibrio en su entorno (Vidal *et al.*, 2013). A pesar de su importancia, se han realizado pocas investigaciones sobre los componentes (atributos) de estos ecosistemas, como las comunidades biológicas acuáticas, que desempeñan un papel crucial en su funcionamiento.

Los recursos hídricos de los bofedales se encuentran mayoritariamente en el subsuelo (provenientes de manantiales, arroyos, deshielos y lluvias), pero en ocasiones se depositan en superficies con pequeñas depresiones de limitada extensión y profundidad (Nieto *et al.* 2016), que filtran y fluyen hacia depresiones de menos de 40 cm de profundidad, creando ambientes de aguas corrientes o arroyos (Maldonado, 2014) con diferentes características físicas (Molina *et al.*, 2008). Además, estos ambientes son ideales para el establecimiento de conjuntos de organismos acuáticos con menor diversidad y composición, en comparación con los sistemas fluviales de baja altitud.

Los macroinvertebrados acuáticos son organismos invertebrados que se pueden encontrar en un medio acuático en algún momento de su ciclo de vida en diferentes hábitats. Pueden estar adheridos a rocas, sustratos, plantas acuáticas, flotando libremente en la columna de agua o enterrados en el sedimento (Roldan, 2003). Estos organismos juegan un papel crucial en los ecosistemas acuáticos, forman parte de los diversos grupos tróficos como recolectores, filtradores, trituradoras, raspadores e incluso depredadores (Domínguez *et al.*, 2006).

Desempeñan un papel clave en el ciclo y la descomposición de nutrientes, descomponiendo la materia orgánica y devolviendo nutrientes al ecosistema. También sirven como alimento para otros organismos, incluidos peces, aves y mamíferos (Giorgi & Tiraboschi, 1999). Por otra parte, debido a la alta sensibilidad y resistencia a las perturbaciones ambientales de algunos taxones, se utilizan como indicadores biológicos de la calidad del agua. Estas comunidades son muy útiles porque permiten una evaluación retrospectiva del estado ecológico de los cuerpos de agua en comparación con el método de evaluación tradicional (físicoquímica) (Oscanoa *et al.*, 2022).

El propósito de esta investigación ha sido contribuir al conocimiento de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en cuanto a su composición, abundancia y distribución con respecto a los meses (temporalidad) y estaciones de muestreo (espacial). Dada la limitada información disponible en estos ecosistemas, la presente investigación, se convierte en un inventario de referencia (línea base) que puede compararse con otros ecosistemas similares. Además, podría utilizarse como herramienta para identificar estrategias adecuadas para la conservación de estos ecosistemas. Teniendo en cuenta estas consideraciones, el objetivo general fue evaluar la estructura de la comunidad macroinvertebrada acuática en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, durante los meses de setiembre de 2017 a agosto de 2018, planteando los siguientes objetivos específicos:

- a) Determinar la composición a nivel de familia y/o género de la comunidad macroinvertebrada acuática en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral.
- b) Cuantificar la abundancia relativa de los componentes (familia y/o género) de la comunidad macroinvertebrada acuática en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral.
- c) Determinar la diversidad alfa (riqueza específica, índice de Simpson y Shannon- Weaver) de la comunidad macroinvertebrada acuática en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral.
- d) Determinar la diversidad beta (Índice de similitud Bray Curtis y Clúster) de la comunidad macroinvertebrada acuática en ambientes de aguas corrientes el bofedal Minas Corral.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Nivel internacional

En el estudio realizado en siete vegas “Nevado de Pastos Grandes”, Salta, Argentina, a una altitud de 3 790 a 4 500 m.s.n.m, se determinó la composición de macroinvertebrados acuáticos en relación con las características fisicoquímicas y la vegetación acuática y circundante. Registró un total de 3 131 individuos de macroinvertebrados identificados en 25 taxones, agrupados en 22 familias y 24 géneros. A escala altitudinal no encontró correlación entre la abundancia de macroinvertebrados y la riqueza de la vegetación. Sin embargo, sí encontró una asociación entre ciertos taxones de macroinvertebrados y la vegetación acuática y circundante. Finalmente, encontró que características fisicoquímicas como la conductividad, los sólidos disueltos totales y la concentración de sal están asociadas con los taxones de *Bivalvia* sp. y *Hyaella* sp. Concluye que los macroinvertebrados experimentaron patrones espaciales de diversidad y composición, siendo su relación con la vegetación circundante la más significativa, seguida de las características fisicoquímicas del agua (Nieto *et al.*, 2016).

En Bolivia, se llevó a cabo un estudio en 2008 para investigar la estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en un río alto andino en la cuenca del Amazonas boliviano, por encima de los 4 000 metros sobre el nivel del mar. Registró un total de 30 taxones, con la densidad dominada por *Andesiops peruvianus*, *Meridialaris tintinnabula*, *Claudioperla tigrina*, *simulidos* y *quironómidos* (Molina *et al.*, 2008).

2.1.2. Nivel nacional

Remache (2020) evaluó la calidad del agua utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores en un bofedal aledaño a la represa Pañe - Arequipa desde noviembre de 2017 a abril de 2018. Estableció dos estaciones de muestreo en los ambientes lóticos, caracterizados por la presencia de grava

pequeña, vegetación sumergida y sedimentos de materia orgánica. Con una red tipo D-net recolectó las muestras de macroinvertebrados acuáticos. mediante la técnica de arrastre o barrido. Registró un total de 33 taxones, agrupados en 21 familias, 16 órdenes; siendo los órdenes más abundantes Sarcoptiformes (22,91%), Ephemeroptera (19,25%), Trichoptera (15,79%), Diptera (10%), Amphipoda (4,90%), Hemiptera (2,26%). Las familias más abundantes Chironomidae, Limnozetae, Baetidae y Hydroptilidae Longidoridae, y los taxones más abundantes fueron *Cricotopus* sp. 1, *Xiphinema* sp. y *Limnozetes* sp.

2.1.3. Nivel local

Carrasco *et al.* (2020) realizaron un estudio en los bofedales de Guitarrachayocc y Pichcahuasi, Cangallo, Ayacucho de octubre de 2016 a abril de 2017. Donde determinaron la composición y estructura de la comunidad de macroinvertebrados en los arroyos asociados a los bofedales que reciben agua de los manantiales. La recolección de muestras se realizó en diferentes hábitats, basándose en particular en la morfología del cauce (orilla y parte central) y las características del cauce (diferentes tamaños de partículas). Utilizaron una red Surber con una luz de malla de 0,3 mm y un área de muestreo de 1,200 cm². En total, colectaron 8 126 individuos agrupados en 26 taxones, cinco clases, 11 órdenes, 20 familias y 22 géneros de macroinvertebrados acuáticos. El grupo más diverso y abundante fue la clase Insecta, que presentó el 80,7% de todos los taxones, dentro de este la familia Chironomidae (Diptera) representó el 26,9% del total. Además, hubo diferencias en taxones entre los arroyos: 25 taxones en G, dominados por *Macrelmis*, *Dicrotendipes*, *Claudioperla*, *Meridialaris*, y nueve taxones en P, dominados por *Pedrowygomya*, *Hyaella*, y *Dicrotendipes*. Concluyen que la riqueza, la composición y densidad de los macroinvertebrados en los arroyos varían de según el bofedal asociado y el aporte de las fuentes de agua que reciben. Estos factores impactarían significativamente la calidad del agua y determinarían el conjunto con una amplia gama de riqueza y estructura.

En su investigación en los bofedales Abra Apacheta y Rumiruyuccpampa en Paras, Cangallo, Ayacucho noviembre de 2016 a mayo de 2017, Ricra (2019) caracterizó la comunidad de macroinvertebrados y su relación con las características fisicoquímicas del agua. Estableció ocho estaciones de muestreo en los ambientes lóticos y recolectó muestras de macroinvertebrados acuáticos utilizando la técnica de arrastre con una red tipo D-net durante dos minutos. Registró un total de 28 taxones, agrupados en 19 géneros, 13 familias, cuatro

órdenes y dos clases, siendo la clase Insecta la más diversa. A nivel de taxones en el bofedal Abra Apacheta *Podonomus* sp. 1, *Limnophora* sp. 2 y *Pedrowygomysia* sp. 1 tuvo una abundancia de 58,1%, 5,4% y 3,8% respectivamente, mientras que en el bofedal Rumiruyuccpampa, *Pedrowygomysia* sp. 1, *Podonomus* sp. 1, *Gigantodax* sp. 1 y *Limnophora* sp. 2, tuvo una abundancia de 34,6%, 31,3%, 6,2% y 5,9% respectivamente. El índice de Morisita determinó una similitud de 40% de la comunidad registrada entre las estaciones y meses de estudio. Concluyó que la composición y abundancia de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos estarían influenciados por las características fisicoquímicas del agua y otros factores ambientales.

Cárdenas (2019) realizó un estudio en los bofedales de Abra Apacheta y Rumiruyuccpampa, Paras, Cangallo, Ayacucho de septiembre de 2016 a mayo de 2017. Caracterizó la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en ambientes lénticos temporales y permanentes, y las características fisicoquímicas del agua. Estableció un total de 13 estaciones de muestreo, que incluyeron ambientes lénticos temporales y permanentes, y recolectó un total de 96 muestras de macroinvertebrados acuáticos, utilizando una red tipo D-net de malla de 500 μm , mediante la técnica de arrastre durante un minuto, abarcando el borde y la zona central del cuerpo léntico, sacudiendo el sustrato y las macrófitas. Registró 24 géneros, agrupados en cuatro clases, ocho órdenes y 17 familias de macroinvertebrados, siendo la clase Insecta la que mostró la mayor diversidad de taxones (12 familias y 19 géneros). Los géneros con mayor abundancia relativa fueron *Hyalella* sp. (Amphipoda) con 43,9%, *Ectemnostega* sp. (Hemiptera) con 22,4% y *Alotanypus* sp. (Diptera) con 10,2%. La prueba de Kruskal-Wallis mostró diferencias significativas en riqueza y abundancia a escala espacial de los bofedales, mientras que el índice de Morisita reveló similitudes entre las zonas de muestreo.

En su investigación en el bofedal Saraccocha en Quinoa, Ayacucho de enero a mayo de 2015, Gómez (2015) caracterizó la comunidad de macroinvertebrados acuáticos. Estableció 18 estaciones de muestreo ubicadas en ambientes lóticos y lénticos, y recolectó muestras de macroinvertebrados acuáticos mediante la técnica de arrastre con una red tipo D-net durante dos minutos. Registró un total de 6846 individuos en ambientes lóticos y 1 811 individuos en ambientes lénticos, incluyendo larvas y adultos. Estos se agruparon en ocho clases, 13 órdenes, 27 familias y 33 géneros de macroinvertebrados acuáticos, siendo la clase Insecta la

más diversa (20 familias y 26 géneros). Los taxones más abundantes tanto en ambientes lóticos como lénticos fueron *Hyaella* sp., *Ectemnostega* sp. y *Alotanypus* sp., representando el 34,78%, 25,03% y 23,83% respectivamente, seguido por *Glossiphoniidae* sp. De igual forma, estos taxones mostraron la misma abundancia durante los meses de muestreo, excepto *Hyaella* sp., que mostró una tendencia a la baja en marzo. Por otro lado, los taxones menos observados fueron *Notionotus*, *Thinobius*, *Tanypus.*, *Aphrosylus*, *Andesiops* y *Dugesia*.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Ecosistema

Es una unidad dinámica de la comunidad biológica que interactúan entre sí y con su ambiente abiótico, y en donde existe intercambio permanente de materia, energía y control de estas relaciones

2.2.2. Ecosistema frágil

Ambiente con características particulares; de baja capacidad de retornar a sus condiciones peculiares e inestable ante los cambios constantes de los procesos naturales y de la presión antropogénica, que generan variaciones en la estructura, composición, abundancia de la comunidad biológica y las características abióticas.

2.2.3. Ambientes lóticos

Son ecosistemas de ríos, arroyos o manantes donde el movimiento del agua es mayoritariamente unidireccional, siguiendo el curso del cuerpo, influenciado por factores físicos como la pendiente, la profundidad, los meandros, entre otros.

2.2.4. Bofedal

Ecosistema altoandino hidromórfico con vegetación hidrófila de tipo herbácea compacta, situados en terrenos planos, depresiones de laderas y sitios ligeramente inclinados, sobre los cuales fluye el agua de deshielo de glaciares o la escorrentía de aguas subterráneas

2.2.5. Hábitat

Es un espacio idóneo para diversos niveles de estabilidad, ocupado temporal o permanentemente por un organismo o una población animal y vegetal dentro del espacio físico de una comunidad.

2.2.6. Comunidad biótica

Agrupación de organismos de diferentes poblaciones que, directa o indirectamente, comparten un área determinada, así como las interrelaciones y procesos en un periodo de tiempo.

2.2.7. Población

Conjunto de organismos que pertenecen a un mismo taxón, que interactúan entre sí en un determinado espacio geográfico y tiempo. Este grupo es dinámico y están sometidos a cambios a lo largo del tiempo, y de igual forma puedan evolucionar o extinguirse.

2.2.8. Especie

Es el conjunto de organismos (población) que tienen características comunes, que pueden realizar intercambio de material genético, creando descendencia fértil. La Agrupación de los mismos es de acuerdo a sus características fenotípicas y genotípicas en común.

2.2.9. Taxón.

Es una estructura jerárquica para clasificar organismos según su origen, desarrollo y relaciones en grupos o unidades taxonómicas (reino, filo, clase, orden, familia, género, especie).

2.2.10. Riqueza específica

Es el número total del taxón que se encuentran en un hábitat o zona geográfica concretos.

2.2.11. Composición

Es el conjunto de organismos de todos los taxones que coexisten en un espacio específico conocido como hábitat que provee las condiciones ambientales necesarias para su supervivencia.

2.2.12. Abundancia

Es el número de individuos de un taxón por unidad de área o volumen que representa una comunidad.

2.2.13. Abundancia relativa

Es la expresión porcentual de individuos pertenecientes a un taxón concreto en relación con el número total de individuos de todos los taxones.

2.2.14. Dominancia

Es la abundancia de un taxón en una determinada comunidad, ya sea por tamaño, biomasa, protección, etc.

2.2.15. Bioindicador

Se trata de un organismo acuático cuya sola presencia o abundancia puede indicar alguna condición y/o estado del ecosistema acuático, como el grado de contaminación.

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Bofedal

Estos ecosistemas, también conocidos como “turberas”, “vegas”, “oconales”, “cenegales” y “humedales”, son ecosistemas herbáceos hidrófilos e hidromórficos que se encuentran en terrenos llanos, depresiones o ligeras pendientes que se encuentran constantemente saturados de agua. El suelo está compuesto de materia orgánica (turba) que puede estar profundamente sumergida, y la vegetación es densa y compacta, en todo momento verde con apariencia de cojín o almohadillado, y la fisonomía de la vegetación corresponde a herbazales con una altura de 0,1 a 0,5 m (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2019).

Según Lara y Lenis (1996), los bofedales son comunidades de vegetación hidromórficos compactas, aplanadas o convexas, de baja estratificación, dominadas por caméfitos pulvinados que se desarrollan sobre suelos orgánicos hidromórficos y criofibificados con alto nivel freático y escurrimiento superficial. Bajo estas condiciones se forman dos tipos de asociaciones; *Distichia muscoides-Oxychloe andina* en suelos hidromórficos saturados con agua superficial que permanece congelada en invierno, y *Plantago tubulosa-Gentiana postrata* en suelos hidromórficos desprovistos de corrientes y aguas superficiales. Además, se encontraron otras especies asociadas como *Alchemilla diplophylla*, *Caltha sagittata*, *Agrostis toluensis* y *Plantago tubulosa*. Las especies acuáticas incluyen: *Calitriche heteropoda*, *Alopercurus magallanicus*, *Ranunculus trichophyllus*, *Elodea methenwsii* y *Lilaeopsis andina* (E. García et al., 1997).

Según Fiorio (1996), existen tres zonas o formaciones distintas dentro de un bofedal: la zona central, que es la más húmeda y sujeta a inundaciones; la zona intermedia, de mayor producción forrajera y actividad biológica; y la zona circundante con presencia de *Stipa* y otras especies propias de la estepa.

2.3.1.1. Funciones ecológicas de los bofedales

Los bofedales son ecosistemas de alto valor biológico e hidrológico en un ambiente con severas limitaciones climáticas y edáficas. Proporcionan hábitats y nichos ecológicos para muchas especies de fauna y flora nativas y tienen una influencia significativa en el microclima local (Alzérreca et al., 2001). Actúan como reguladores del flujo de agua, reteniendo agua durante la época de lluvias y liberándola en la época seca, contribuyendo así a las partes bajas de la cuenca. También aportan diversos productos que son esenciales para la subsistencia de la población rural, particularmente aquellos relacionados con la producción de

pastos naturales para la ganadería como camélidos sudamericanos, plantas medicinales, actividades ecoturísticas relacionadas con lagos, lagunas, pantanos, entre otros. los cuales son importantes para la población rural (MINAM, 2015a).

2.3.2. Bofedales a nivel nacional y regional

Según el Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM, 2023), la extensión estimada de bofedales en el Perú es de aproximadamente 1 052 210,6 ha, lo que representa el 0,8% del total del territorio nacional. Estos ecosistemas ocupan áreas donde se acumula agua procedente del deshielo de nevados, desembocaduras de ríos (ojos de agua), precipitaciones y filtraciones de acuíferos. A nivel regional cubre una superficie aproximada de 102 597,3 ha, lo que representa el 2,34% del territorio total, y ocupan el 4º lugar de los 19 departamentos con mayor presencia de bofedales en el país (INAIGEM, 2023). Se caracterizan por una vegetación herbácea de tipo hidrófila dominado por especies como *Distichia muscoides*, *Oxychloe andina*, *Plantago tubulosa*, *Werneria pygmaea*, *Festuca*, *Calamagrostis* y otros (Maldonado, 2016).

2.3.3. Macroinvertebrados acuáticos

Son invertebrados que se desarrollan en un medio acuático en alguna etapa de su ciclo de vida, visibles a simple vista con dimensiones superiores a 0,5 mm de longitud. Este grupo está compuesto por insectos como (Coleoptera, Hemiptera, Ephemeroptera, Plecoptera, Odonata, Diptera, Neuroptera y Trichoptera), así como por moluscos y crustaceos (Amphipoda, Isopodos y Decapodos), turbelarios, oligoquetos e hirudineas, gasterópodos y los bivalvos (Roldan, 2003). Entre estos, los insectos tienen una amplia distribución en agua dulce (Ladrera, 2012). Se denominan bentónicas cuando se encuentran adheridos permanentemente o temporal a plantas, escombros o cualquier otro sustrato, como sedimento, grava o arena en ecosistemas lóticos y/o lénticos (Domínguez *et al.*, 2009) y (MINAM, 2019). Estos organismos realizan diversas funciones y roles en los ecosistemas acuáticos, como la descomposición de la materia orgánica y la recuperación de nutrientes. Además, sirven como vínculos intermedios entre los productores y los depredadores de nivel superior (Li *et al.*, 2010).

2.3.3.1. Hábitat acuático de los macroinvertebrados acuáticos

Un hábitat acuático son las condiciones y características específicas de los lugares donde viven diferentes grupos de macroinvertebrados acuáticos. Estos hábitats son diversos y cada uno corresponde a una comunidad acuática

específica. Los tipos de hábitats en los ecosistemas acuáticos se clasifican en: la zona litoral, que corresponde a una zona periférica poco profunda sujeta a ligeras fluctuaciones de temperatura y erosión por acción del oleaje; la zona limnética, que es una zona de aguas abiertas con pocas especies que la habitan y la zona profunda, con poca luz y oxígeno, limitando el número de especies, pero con mayor abundancia (Roldan, 2003).

2.3.3.2. Modos de vida de los macroinvertebrados acuáticos

El modo de vida de los macroinvertebrados acuáticos se puede categorizar en tres tipos principales: el neuston, incluye a organismos que viven y caminan, patinan o saltan sobre la superficie del agua. Esto es posible porque su exoesqueleto, patas y uñas están recubiertas de un tipo de cera que las hace impermeables y les permite curvar la superficie sobre la que caminan. Algunas familias dentro de este grupo incluyen Gerridae, Hydrometidae y Mesoveliidae; el neuston, está conformado por organismos que nadan libremente en el agua. Algunas familias dentro de este grupo incluyen Baetidae, Corixidae, Notonectidae, Dysticidae, Gyrinnidae e Hydrophilidae; y los bentos se refiere a organismos que viven en el fondo de los ecosistemas acuáticos, como piedras, restos de vegetación y sustratos similares. Algunos órdenes dentro de este grupo incluyen a Ephemeropteras, Trichopteros, Coleopteros, Plecopteros, Dipteros y Megapteros (Roldan, 2003).

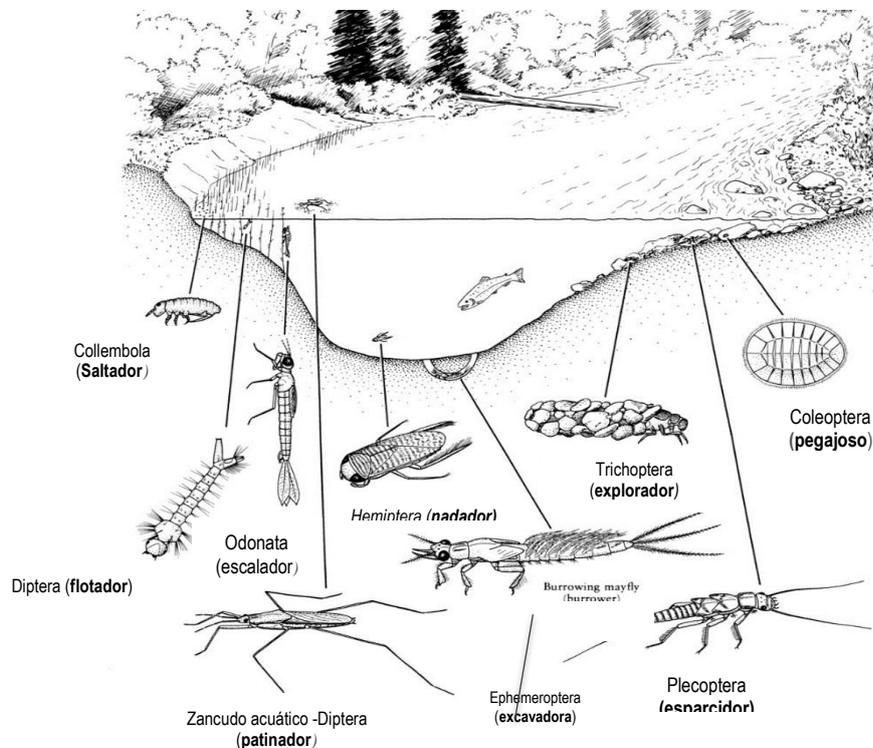


Figura 1. Sección transversal de un ecosistema lótico y la orientación del hábitat entre insectos acuáticos (McCafferty, 1983).

2.3.3.3. Grupos funcionales de alimentación de los macroinvertebrados acuáticos

Los macroinvertebrados acuáticos poseen diversas adaptaciones morfológicas, estructurales y de comportamiento para explotar los diversos recursos tróficos presentes en los ecosistemas fluviales (Alonso Fernández & Camargo Benjumeda, 2005). El recurso más abundante es la materia orgánica, que existe en forma de materia orgánica disuelta, seguida de la materia orgánica particulada fina y la materia orgánica particulada gruesa (Sabater & Elozegi, 2009).

Los macroinvertebrados se encuentran en la red trófica de los sistemas acuáticos entre organismos autótrofos y organismos tróficos superiores (Díaz *et al.*, 2012). El flujo de energía en estos sistemas acuáticos es esencial para que funcionen correctamente (Ramírez & Gutiérrez, 2014). Este flujo de energía a través de las comunidades acuáticas ha permitido identificar grupos funcionales de alimentación entre los macroinvertebrados acuáticos, basándose principalmente en su morfología y comportamiento descrito por (Cummins, 1973; Ramírez & Gutiérrez, 2014).

Según Ramírez y Gutiérrez (2014) y Tomanova *et al.* (2006), la comunidad acuática se clasifican en cinco grupos funcionales de alimentación: i) trituradoras, organismos que se alimentan de materia vegetal que, tras su degradación queda a disposición de los microorganismos encargados de convertir la materia orgánica gruesa en materia fina. Algunas familias que pertenecen a este grupo son Tipulidae, Hydrobiosidae y Calamoceratidae, entre otras; ii) colectores, organismos que se alimentan de finas partículas orgánicas que se acumulan en el fondo del ecosistema acuático, favoreciendo la suspensión de estas partículas de alimento. Tienen piezas bucales adaptadas para eliminar partículas superficiales. Algunas familias en este grupo son Elmidae, Chironomidae, Psychodidae, entre otras, iii) raspadores, que se alimentan de organismos (diatomeas y otros) adheridos a superficies de piedra u otros sustratos. Entre las familias de este grupo se encuentran Blephariceridae, Baetidae y Psephenidae, entre otras, iv) filtradores, que se alimentan directamente de la columna de agua y presentan adaptaciones morfológicas y estructuras que les permiten filtrar. Algunas familias de este grupo incluyen Simulidae, Hydropsychidae, Polycentropodidae, entre otros, y v) depredadores, organismos que se alimentan de otros consumidores y tienen adaptaciones morfológicas en la boca para consumir a sus presas. Algunas familias en este grupo son Gyrinidae, Staphilinidae, Aeschnidae, entre otros. Cabe señalar que, según Ramírez y Gutiérrez (2014), muchos individuos de la

comunidad de macroinvertebrados acuáticos no se limitan a un solo grupo funcional de alimentación, sino que pueden tener más de uno, lo cual está sujeto a las condiciones ambientales de sus hábitats.

2.3.3.4. Importancia ecológica de los macroinvertebrados acuáticos

Hanson *et al.* (2010) señala que los macroinvertebrados acuáticos desempeñan un papel relevante en los procesos ecológicos de los sistemas acuáticos. Siendo una de sus funciones es controlar la productividad primaria mediante el consumo de algas y otros microorganismos asociados al perifiton de los ríos o al plancton de los lagos. De este modo, tienen un impacto en algunos ecosistemas al incrementar la productividad primaria mediante la mineralización de nutrientes. Según Li *et al.* (2010), también afirma que la comunidad de macroinvertebrados acuáticos es un eslabón relevante en la cadena trófica, lo que permite comprender la estructura y función de los ecosistemas acuáticos en términos de transferencia de masa y energía, relacionando la materia orgánica y nutrientes (hojarasca, algas y detritus) con los niveles tróficos superiores. De manera similar, muchos invertebrados se alimentan de algas y bacterias que se encuentran en la parte inferior de la cadena alimentaria (Forero, 2017).

2.3.3.5. Principales grupos de macroinvertebrados acuáticos

a) Ephemeroptera

Tienen una característica única entre los insectos: los estadios adultos son terrestres y solo viven un periodo de tiempo limitado de entre 1 a 3 días necesario para asegurar su reproducción (Gullan & Cranston, 2010).

Los hábitats preferidos de las ninfas son sustratos rocosos, troncos y vegetación sumergida. Consumen algas y tejidos de plantas acuáticas y son parte de la dieta de los peces. Respiran a través de branquias, en su mayoría branquias, que varían en forma y número según la especie. Las ninfas generalmente viven en agua corriente limpia y bien oxigenada; solo unas pocas especies parecen ser resistentes a cierto grado de contaminación (Roldan, 2003). Por ello, se utilizan como indicadores biológicos por su frecuencia y tolerancia a diferentes niveles de contaminación (Domínguez *et al.*, 2006) y (Domínguez & Fernández, 2009).

b) Plecoptera

Como señala Flores (2014), el orden plecoptera presenta las siguientes características: dos antenas delgadas y rectas, dos colas largas, tres pares de patas y sin branquias abdominales. Respiran por branquias y por la superficie del cuerpo.

De acuerdo con Roldán (2008), las ninfas de plecoptera habitan en aguas rápidas con alta concentración de oxígeno, debajo de piedras, hojarasca y en otros sustratos. En determinados casos se ha observado que son abundantes en arroyos de fondos rocosos, corrientes rápidas y limpias, a una altitud de 2 000 msnm. Por lo tanto, son indicadores de aguas oligotróficas y limpias.

c) Trichoptera

La capacidad de crear refugios adheridos al sustrato es una de sus características más distintivas, brindándoles cobijo y movilidad en la búsqueda de oxígeno y alimento. Las larvas se alimentan de materia vegetal y algas en las rocas. Para la clasificación se considera la presencia o ausencia de placas esclerotizadas en los segmentos torácicos, branquias en el abdomen, el labrúm membranoso, el número de cerdas en la parte media y la longitud de la antena. Además, el tipo del material y la forma del refugio es un rasgo de valor taxonómico, particularmente a nivel de familia (Roldán, 2008).

Los Tricopteros son larvas holometabólicas cuyas larvas viven en una amplia variedad de hábitats. Sin embargo, la mayor diversidad parece ocurrir en ambientes lóticos fríos. Se utilizan como bioindicadores de la calidad del agua y la salud del ecosistema acuático y desempeñan un papel importante en las cadenas alimentarias y los ciclos de nutrientes (Roldán, 2008).

d) Coleoptera

Según Merritt y Cummins (1996), son un grupo de macroinvertebrados de gran importancia debido a su diversidad y la variedad de hábitats en los que se encuentran, tales como aguas rápidas, aguas salobres, aguas estancadas y otros. Carrión y Rivera (2007) concluyeron que los cuerpos de agua en los que habitan pueden ser flotantes o estancados, refiriéndose principalmente a sustratos (hojas, grava, rocas y, entre otros).

Se caracterizan por tener tres pares de patas iguales, cabeza esclerotizada (sólida), sin uñas en la cola y la apariencia de un escarabajo cuando son adultos. En cuanto a su relación biológica, tienen diferentes niveles tróficos, que van desde el segundo al quinto nivel trófico en la cadena alimentaria. Dado que pueden ser herbívoros, carnívoros o detritivos (Roldán, 2008).

e) Orden Diptera

Se trata de uno de los órdenes de insectos más complejos, numerosos y ampliamente distribuidos en el trópico. Son holometábolos y su ciclo de vida varía de una especie a otra; puede ser de semanas en algunos y otros hasta alrededor

de un año. Viven en hábitats muy diferentes; pueden encontrarse en ríos, arroyos, lagunas, brácteas de bromeliácea y otras plantas que almacenan agua, en agujeros de troncos viejos e incluso en las orillas del mar. Algunos, como los simúlidos, viven en aguas con abundante oxígeno y altamente limpias. Por otro lado, los quironómidos viven en aguas altamente contaminadas (Roldán, 2008).

f) Orden Odonata

Son insectos hemimetabólicos que tienen una vida larvaria en el agua de unos pocos meses a varios meses. Viven en estanques, pantanos, bordes de lagos y arroyos lentos o poco profundos, generalmente rodeados de una gran cantidad de vegetación acuática sumergida o en crecimiento.

Son depredadores muy importantes. Se pueden encontrar en aguas oligomesotróficas propias de ecosistemas de aguas tranquilas o con una baja corriente, pero son poco resistentes a las fuentes de contaminación orgánica (Roldán, 2008).

g) Orden Hemiptera

También conocidos como “chinchas de agua”, se distinguen por sus piezas bucales modificadas en forma de “pico” succionador, lo cual los convierte en depredadores de otros insectos acuáticos. Viven en remansos de los ríos y en ecosistemas de aguas tranquilas con abundante vegetación.

En general, comparten el mismo hábitat que los odonatos y requieren exigencias ecológicas semejantes. Algunos de ellos son resistentes a altas concentraciones de salinidad (Roldán, 2008).

h) Orden Megaloptera

Constituyen un grupo de insectos con una diversidad limitada. Abarcan únicamente dos familias: Corydalidae y Sialidae. Corydalidae es la familia de mayor distribución en el Neotrópico. El género *Corydalus* es una de las larvas de insectos acuáticos más grandes y puede alcanzar una longitud aproximadamente de 7,0 cm. Viven en arroyos limpios y fríos, debajo de las rocas, troncos y vegetación sumergida (Roldán, 2008).

i) Clase Crustaceo

La mayoría de los crustáceos son marinos (más del 90% de las especies), y solo los órdenes Amphipoda y Decapoda son importantes desde la perspectiva de los macroinvertebrados en aguas continentales. Son organismos de tamaño pequeño, tienen ojos compuestos, las branquias y el corazón están situados en la zona torácica y se alimentan de perifiton y otros son filtradores (Roldán, 2008).

j) Clase Arachnida

La subclase Acari incluye una gran cantidad de especies acuáticas. Los ácaros tienen seis patas en su estado larvario y ocho en ninfas y adultos; los ácaros se distinguen de los insectos en que tienen un cuerpo redondeado y carecen de antenas (Roldán, 2008).

k) Clase Hirudinea

Las hirudíneos están representados por sanguijuelas que varían en tamaño de 5 a 45 mm de longitud. Habitan regularmente en las orillas de aguas tranquilas, estanques, lagunas, embalses y en las riberas de ríos lentos, adheridos a la vegetación, troncos y todo tipo de sustratos que encuentra a su alrededor. Pueden soportar niveles bajos de oxígeno, por lo que abundan en zonas afectadas por la contaminación orgánica y en zonas fluviales en proceso de recuperación (Roldán, 2008).

l) Clase Bivalva

Los bivalvos varían en tamaño entre 2 a 18 mm de longitud. Pueden encontrarse tanto en aguas lólicas como aguas lénticas. Por lo general, se entierran en el sustrato o se adhieren a las plantas acuáticas. Suelen vivir en aguas ligeramente contaminadas o limpias (Roldán, 2008).

2.3.3.6. Uso de los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores

Según Roldan (2003), el uso de macroinvertebrados como bioindicadores se remonta a los trabajos de Kolenati (1848) y Cohn (1853), y desde entonces su utilidad y aplicabilidad ha aumentado, principalmente para evaluar la calidad del agua y el estado de los ecosistemas acuáticos. Por sus características relevantes que poseen (Prat *et al.*, 2009; Roldan, 2003):

- a) Amplia distribución geográfica
- b) Una gran variedad de respuestas a los factores ambientales
- c) Sedentarismo, lo que permite realizar análisis espaciales de la contaminación
- d) Ciclos de vida largo
- e) Son relativamente fáciles y económico de muestrear
- f) Diversos taxones y por ende, requerimientos ecológicos diferentes
- g) Alta sensibilidad a diferentes tipos de contaminación

Además, Metcalfe (1989), identifica tres enfoques para evaluar la respuesta de la comunidad de macroinvertebrados a la contaminación: sapróbica (la capacidad de los organismos para vivir con ciertos niveles de contaminación), diversidad (que

describe la respuesta a la calidad ambiental con base a riqueza, uniformidad y abundancia) y biótica (la interrelación entre la saprobiedad y diversidad).

2.3.4. Diversidad alfa

La diversidad alfa es la riqueza de taxones de una comunidad a la que se considera homogénea, presentes en un determinado hábitat (Magurran, 2014).

2.3.4.1. Índices de diversidad

a) Riqueza específica (S)

Es el número de taxones de una comunidad presentes en un determinado sitio, sin considerar su valor de importancia (Moreno, 2001).

b) Índices de equidad (Shannon- Weaver)

Refleja la estandarización de los valores de importancia en todos taxones estudiados. Mide la incertidumbre promedio en la predicción del taxón a la que pertenece un individuo seleccionado aleatoriamente de una colección (Moreno, 2001), y se expresa como:

$$H' = -\sum pi * \log_2 pi$$
$$pi = \frac{ni}{N}$$

Donde: pi = abundancia del taxón i, ni = cantidad de individuos del taxón i y N = cantidad de individuos de la población total.

Los valores oscilan entre 0 y 5, siendo el valor típico de 2 a 3. Los valores por debajo de este rango indican una baja diversidad, mientras que los valores por encima indican una alta diversidad de taxones (Magurran, 2014).

Es importante destacar que, al utilizarse una base logarítmica de 2 (\log_2) en el análisis, se utilizará la unidad bits/indiv (Brower & Zar, 1984) para expresar los valores del H' .

c) Índices de dominancia (Simpson)

Se trata de la probabilidad de que dos individuos que se tomen al azar de una muestra sean del mismo taxón; si esta probabilidad es alta, la comunidad no es muy diversa (Moreno, 2001), y se expresa como:

$$D = \sum pi^2$$

Donde: pi = abundancia del taxón i, es decir, la división entre el número de individuos del taxón y el número total de individuos.

De acuerdo con Moreno (2001), los valores oscilan entre 0 a 1, donde valores cercanos a 0 indican que no existe dominancia y valores cercanos a 1 indican existencia de dominancia de algunos taxones.

2.3.5. Diversidad beta

La diversidad beta es el reemplazo o cambio en la composición de la comunidad a lo largo de la gradiente longitudinal o sitios.

2.3.5.1. Índice de similitud de Bray Curtis

Permite evaluar la diferencia en la composición de las comunidades presentes en dos sitios distintos. Esto se logra mediante la suma de los valores más bajos para los taxones que son comunes a ambos sitios, así como el número total de taxones que son compartidas entre los dos sitios, mediante la siguiente ecuación:

$$I_{BC} = \frac{\sum_{i=1}^S (X_{ij} - X_{ik})}{\sum_{i=1}^S (X_{ij} + X_{ik})}$$

Donde:

BC: Índice de Bray-Curtis entre las muestras j y k

X_{ij} : Número de individuos del taxón i en la muestra j

X_{ik} : Número de individuos del taxón i en la muestra k

S: Número de taxones

Los valores oscilan entre 0 a 1, donde valores cercanos a 0 indican menor similitud y valores próximos a 1 indican mayor similitud entre los sitios (Brower & Zar, 1984).

2.3.6. Marco Legal

2.3.6.1. Ley General del Ambiente N° 28611.

Artículo 99°. De los ecosistemas frágiles. Considera los humedales como ecosistemas frágiles y se reconoce su importancia como hábitats de especies vegetales y animales, especialmente de aves migratorias, cuya protección tiene prioridad sobre otros usos.

2.3.6.2. Decreto Supremo N° 006-2021-MINAM

Decreto supremo que establece las “Disposiciones Generales para el Manejo Multisectorial y Descentralizado de los Humedales”, cuyo propósito es garantizar la preservación y el aprovechamiento sostenible de los ecosistemas de humedales. Esto se debe a que los humedales son de suma importancia para la disponibilidad hídrica, la seguridad alimentaria, el hábitat de la flora, la fauna terrestre y acuática, y el sustento de la población local.

2.3.6.3. La convención Ramsar

Perú se encuentra entre los países que forman parte de la Convención de Ramsar, un tratado internacional e intergubernamental cuyo objetivo es promover la participación nacional y la colaboración internacional en la conservación y el uso sostenible de los humedales y sus recursos.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de estudio

3.1.1. Ubicación política

El bofedal Minas Corral se localiza en:

Región : Ayacucho

Provincia : Huamanga

Distrito : Vinchos

Localidad : Minas Corral

3.1.2. Ubicación geográfica (UTM)

Geográficamente, se encuentra entre las coordenadas UTM (Datum WGS-84) referenciadas en la parte central del bofedal.

Este (m) : 553202,87

Norte (m) : 8531574,10

Altitud (m.s.n.m.) : 4 370

El bofedal Minas Corral alcanza una altitud máxima de 4 520 m.s.n.m, una altitud mínima de 4 293 m.s.n.m y con una extensión de 41.87 ha (Portal, 2019).

Tabla 1. Ubicación geográfica de las unidades de muestreo en el bofedal Minas Corral, Vinchos, Huamanga, Ayacucho 2017-2018.

Tipo de ambiente acuático	Estación	Unidad de muestreo	Coordenadas UTM		Altitud (m.s.n.m)
			Este (m)	Norte (m)	
Lótico	RA1*	1	552672	8531445	4 327
	RA2*	1	552823	8531351	4 318
	RA3*	1	552952	8531539	4 314
	RM1*	1	553067	8531582	4 313
	RM2*	1	553223	8531601	4 308
	RM3*	1	553420	8531575	4 298
	RB1*	1	553657	8531557	4 292
	RB2*	1	553820	8531522	4 284
	RB3*	1	553969	8531411	4 278

*Código de la estación: R (Arroyo), A, M y B (zona: alta, media y baja) y 1,2 y 3 (número de estación).

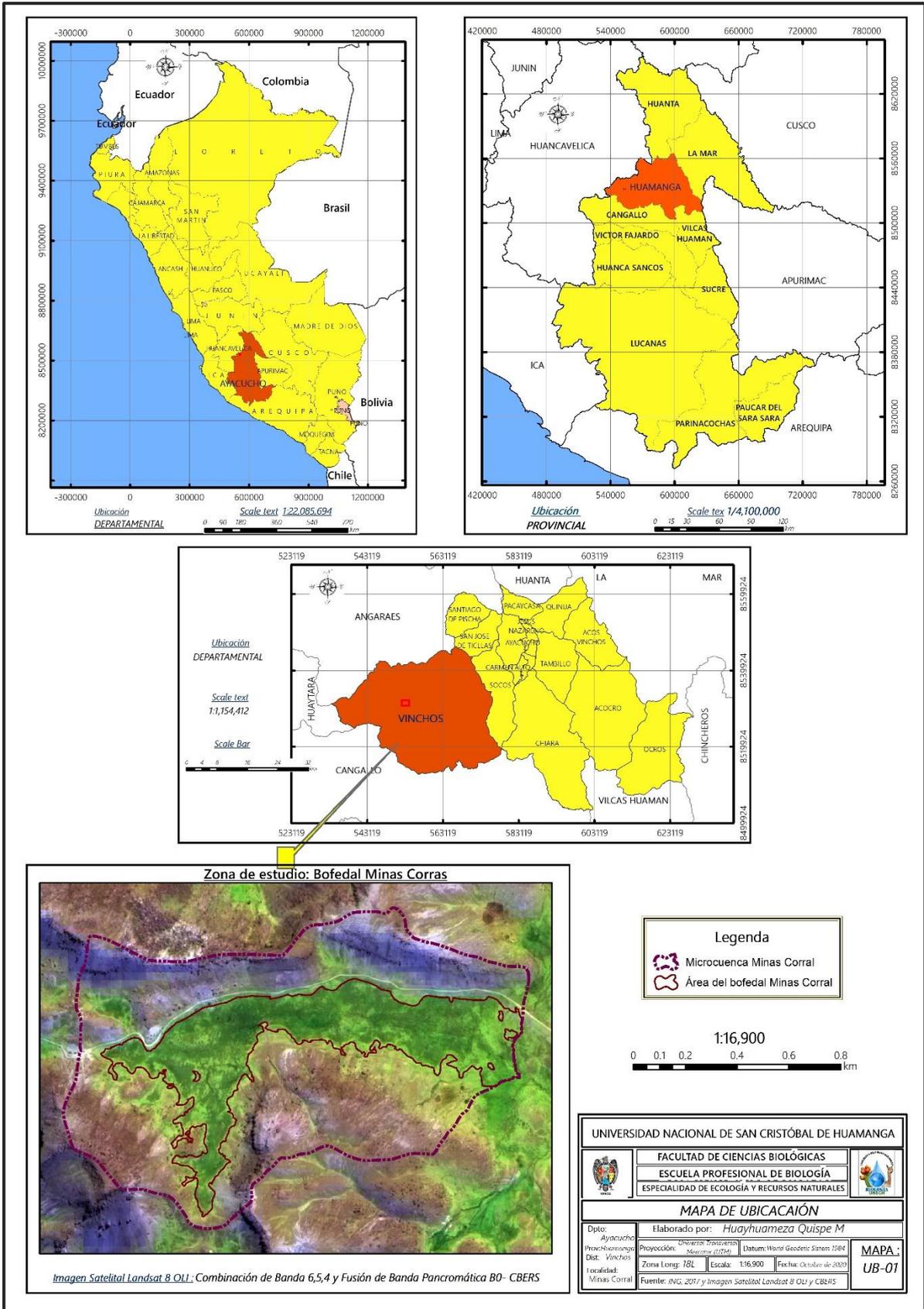


Figura 2. Mapa de ubicación del área de estudio, bofedal Minas Corral, Vinchos, Huamanga, Ayacucho.

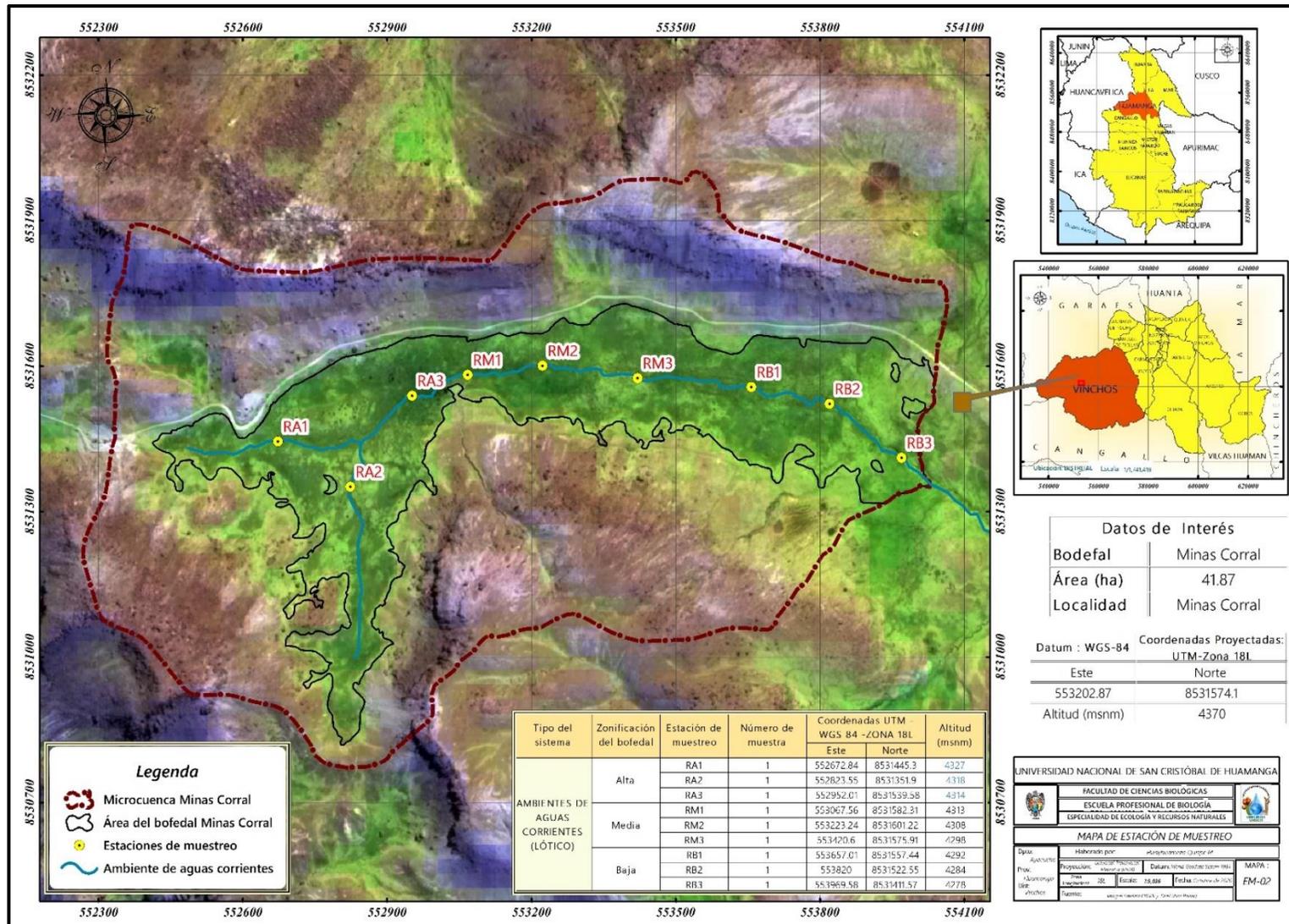


Figura 3. Mapa de ubicación de las estaciones de muestreo, bofedal Minas Corral, Vinchos, Huamanga, Ayacucho

3.1.3. Descripción del área de estudio

3.1.3.1. Hidrografía

Según la ubicación hidrológica, el bofedal Minas Corral está situado en la región hidrológica Amazónica, dentro de la unidad hidrológica de la cuenca Mantaro, subcuenca Paccha y microcuenca Minas Corral, con una superficie de 133,6 ha.

3.1.3.2. Clasificación ecológica

Según la Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) de Ayacucho, el bofedal de Minas Corral se encuentra ubicado en la ecorregión de la puna húmeda de los Andes centrales. Está situado en una zona de vida de páramo muy húmeda, Subalpina Subtropical (pmh-SaS), con un clima seco de tundra alpina (Gobierno Regional Ayacucho, 2012). La biotemperatura promedio anual oscila entre 4,6 °C y 6,9 °C, y la precipitación total anual promedio oscila entre 500 y 1 000 mm. El índice de evapotranspiración potencial total promedio por año varía entre 0,5 y 1, ubicándose en una zona de vida de provincia húmeda (Instituto Nacional de Recursos Naturales [INRENA], 1994). En cuanto a la precipitación, la microcuenca Minas Corral tiene un registro de precipitación promedio anual de 833,1 mm entre los años 1993 y 2013, y de 1137,1 mm en el año 2015, según los registros de la Red Hidrometeorológica Apacheta.

3.1.3.3. Cobertura vegetal

Según el Mapa Nacional de Cobertura Vegetal (MINAM, 2015c) y el análisis de imagen satelital de Landsat 8 OLI y CBERS, la microcuenca Minas Corral se caracteriza por presentar tres tipos de cobertura vegetal: pajonal andino (que incluye a subtipos como pajonal pedregal y césped de puna), bofedal y suelo desnudo (Figura 4).

3.1.3.4. Formaciones vegetales

Presenta una combinación de cojines y gramíneas. Las especies dominantes incluyen *Distichia muscoides*, *Oxychloe andiny* y *Oreobolus obtusangulus*, así como *Plantago rigida*, *Plantago tubulosa* y *Werneria pygmaea* (INAIGEM, 2023). Mientras que, según Portal (2019), el bofedal Minas Corral está compuesta por tres tipos de vegetación: vegetación hidrófila, vegetación méstica y vegetación de borde, las cuales están directamente relacionadas con la profundidad del nivel freático. La cubierta vegetal de la turbera presenta un alto grado de heterogeneidad en términos de riqueza y abundancia de especies. *Plantago tubulosa* y *Distichia muscoides* son las especies con mayor cobertura vegetal y los valores más altos del índice de valor de importancia.

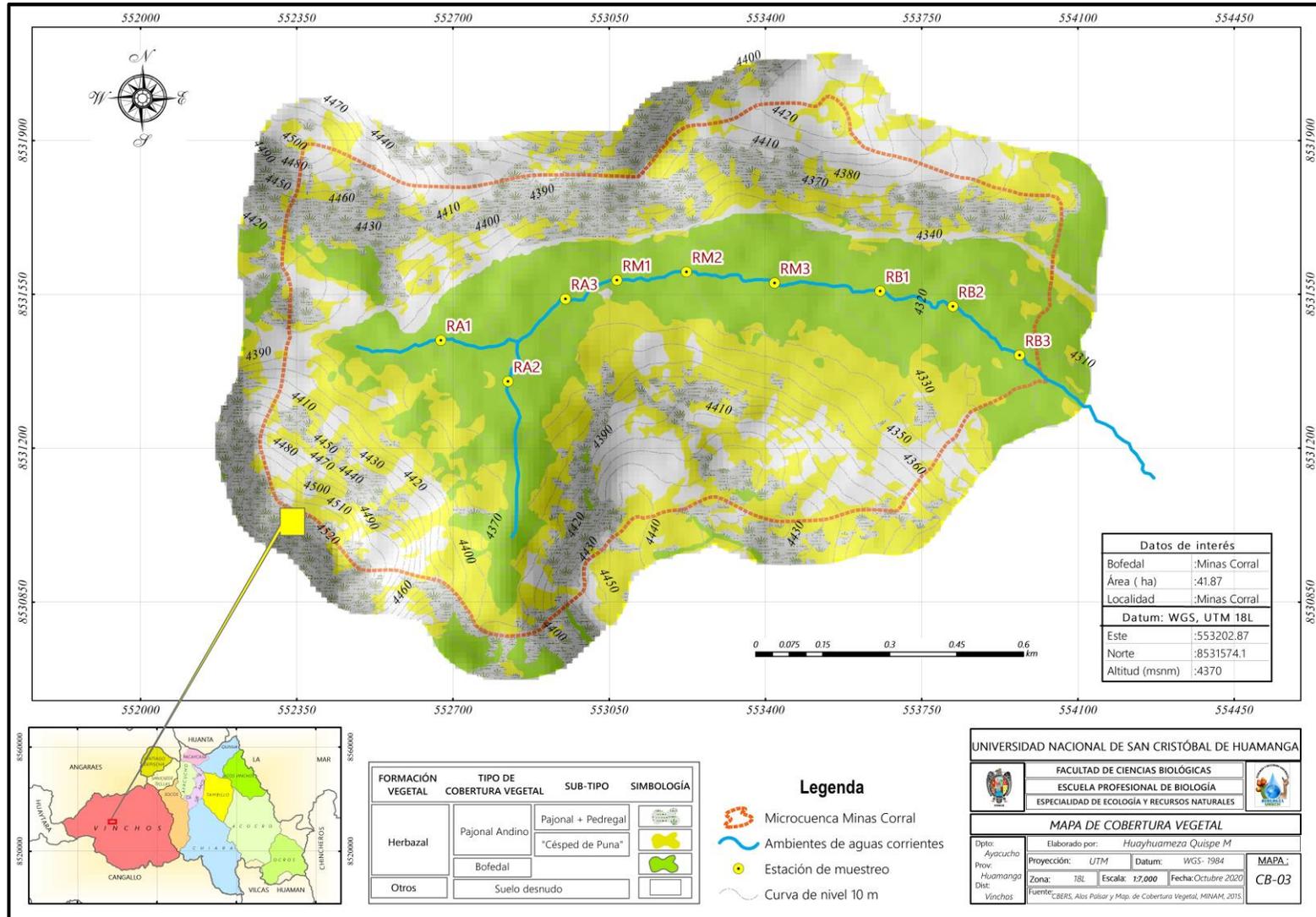


Figura 4. Mapa de cobertura vegetal de la microcuenca Minas Corral, Vinchos, Huamanga, Ayacucho

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Comunidad macroinvertebrada acuática en ambientes de aguas corrientes (arroyos) del bofedal Minas Corral, presente durante los periodos de septiembre de 2017 a agosto de 2018.

3.2.2. Muestra

Estuvo conformado por total de 64 muestras de macroinvertebrados acuáticos, colectadas en nueve estaciones de muestreo. El cálculo del tamaño de muestra fue de manera arbitraria, ya que es muy complicado determinar a través de una fórmula estadística, debido a que se estima varios variables de la comunidad de macroinvertebrados. Por lo tanto, se realizó un análisis de curva de acumulación de taxones para determinar si el número de muestreo establecido fue suficiente para registrar los macroinvertebrados acuáticos presentes en los arroyos del bofedal Minas Corral (MINAM, 2015).

3.2.3. Tipos de muestreo

La selección de las estaciones de muestreo se realizó de manera determinística en función del régimen hídrico y sus características morfométricas (profundidad y forma del canal) de los arroyos, ya que el propósito del estudio fue registrar la mayor cantidad de los macroinvertebrados acuáticos presentes. Posteriormente, se colectaron las muestras de macroinvertebrados acuáticos de manera aleatorio sistemático, es decir, muestreos sucesivos a partir de cada una de las estaciones, con un intervalo de 5 metros aguas arriba y abajo, con una frecuencia mensual.

3.2.4. Tipo de investigación

Básica

3.2.5. Nivel de investigación

Descriptiva

3.2.6. Tipo de método

Semicuantitativo, estuvo asociado a una unidad de esfuerzo de muestreo (tiempo).

3.3. Metodología de campo

3.3.1. Descripción física

Previo a la delimitación de las estaciones de muestreo, se realizó una prospección en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, lo que implicó la identificación general de las características hidrológicas, morfométricas y tipos de sustratos. Posteriormente, se establecieron un total de nueve estaciones de muestreo (Figura 3).

Tabla 2. Descripción de las características de las estaciones de muestreo en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral.

Estación	Régimen hídrico	Forma del cauce	Microhábitats (sustratos)
E-RA1	Temporal	Sinuoso	Materia orgánica gruesa y fina, alga y plantas acuáticas: <i>Alchemilla pinnata</i>
E-RA2	Temporal	Sinuoso	<i>Alchemilla diplophylla</i> .
E-RA3	Temporal	Sinuoso (poza)	Materia orgánica gruesa y fina, alga y plantas acuáticas: <i>Lilaeopsis macloviana</i> , <i>Alopecurus aequalis</i> y <i>Ranunculus limoselloides</i>
E-RM1	Temporal	Sinuoso	Materia orgánica gruesa y fina, alga y plantas acuáticas: <i>Alchemilla pinnata</i>
E-RM2	Temporal	Sinuoso	<i>Alchemilla diplophylla</i> , <i>Lilaeopsis sp</i> , <i>Cotula mexicana</i> .
E-RM3	Temporal	Sinuoso (poza)	Materia orgánica gruesa y fina, alga y plantas acuáticas: <i>Lilaeopsis macloviana</i> , <i>Alopecurus aequalis</i> y <i>Ranunculus limoselloides</i>
E-RB1	Permanente	Sinuoso	Materia orgánica gruesa y fina, plantas acuáticas
E-RB2	Permanente	Sinuoso	(<i>Alchemilla sp.</i> , <i>Alchemilla diplophylla</i> , <i>Lilaeopsis sp</i> , <i>Cotula mexicana</i>)
E-RB3	Permanente	Sinuoso	y grava mediana en la E-RB3.

*Se registró en mayor cantidad la materia orgánica gruesa y fina, seguido por plantas acuáticas, algas y grava en menor cantidad.

3.3.2. Colecta de macroinvertebrados acuáticos

Para la colecta, se utilizó una red tipo D-net con una apertura de malla de 0,5 mm y una boca de 40 cm de longitud. Su forma triangular fue útil para adaptarse a las superficies irregulares del cauce de los ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral.

La red se colocó contra la corriente de agua y luego, mediante una técnica de barrido (MINAM, 2014), se colectaron las muestras, abarcando diferentes hábitats (borde y parte central del cauce) y removiendo sustratos para permitir que los organismos se desprendan y descendan al fondo de la red (Carrasco *et al.*, 2020). Este procedimiento se repitió en cada estación de muestreo durante un minuto, cubriendo una distancia de aproximadamente 2 m.

Las muestras colectadas se colocaron en bolsas plásticas de 500 mL, conservado con etanol al 96% y se etiquetaron con información como ubicación, estación de muestreo, fecha y entre otros. Posteriormente, se depositaron en una caja coolers (MINAM, 2014) para su traslado al Laboratorio de Biodiversidad y Sistemas de Información Geográfica (BioSIG) de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

3.4. Metodología de laboratorio

3.4.1. Limpieza y separación de macroinvertebrados

Las muestras colectadas se lavaron con agua potable para eliminar partículas finas como limo y arcilla, utilizando un tamiz de malla de 250 μm . Posteriormente, el material retenido fue colocado en una bandeja de plástico (transparente) para la extracción de los especímenes con la ayuda de pinzas entomológicas y una lupa. Luego, los especímenes se colocaron en frascos de plástico de boca ancha con tapas herméticas y conservado con etanol al 70%.

Utilizando una lupa y un estereoscopio, los especímenes se separaron por morfotipos (características morfológicas fácilmente observables) y se cuantificó cada espécimen. Posteriormente, los especímenes se depositaron en frascos de vidrio y conservado con etanol al 70% para su posterior análisis al estereoscopio y microscopio (MINAM, 2014).

3.4.2. Identificación de macroinvertebrados acuáticos

La identificación taxonómica de los macroinvertebrados acuáticos se realizó con la ayuda de claves taxonómicas especializadas de Domínguez & Fernández (2009), Merritt *et al.* (2008) y Prat *et al.* (2011). La identificación se realizó solo hasta el nivel taxonómico de familia y/o género, debido a la escasa información que proporcionan los estadios inmaduros (larvas y ninfas), siendo necesario las características morfológicas de los estadios adultos (Ephemeroptera, Trichoptera, Diptera, Coleoptera y otros) para llegar al nivel taxonómico de especie (Lenat & Resh, 2001). Por consiguiente, ha sido necesario establecer un grupo de "morfoespecies" (Villamarín, 2008) a los taxones identificados hasta el nivel taxonómico de familia para que puedan ser incluidos en los cálculos del índice de diversidad, ya que estos índices se analizan a nivel de especie.

Finalmente, los especímenes fueron depositados en la colección del Laboratorio de Biodiversidad y Sistemas de Información Geográfica (BioSIG) de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

3.5. Análisis comunitario

3.5.1. Índice de diversidad alfa

Riqueza específica (S).

Para determinar la riqueza específica se cuantificó el número de taxones registradas por estación, meses de estudio y global. De igual manera, se estimó la abundancia relativa cuantificando el número de individuos de cada taxón registrado.

Curva de acumulación de taxones

Se utilizaron estimadores Chao1 y Bootstrap basados en abundancia (Rajakaruna et al., 2016) para estimar la representatividad del muestreo (tamaño de muestra) en el registro de los macroinvertebrados acuáticos en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral y, por consiguiente, la fiabilidad del inventario (Anexo 5). Para realizar estos cálculos se utilizó el programa EstimateS versión 9.1.0 (Colwell, 2013).

Índice de Shannon- Weaver (H').

Este índice permitió determinar la diversidad y su uniformidad o homogeneidad con respecto a la distribución de los taxones (Moreno, 2001).

Índice de Simpson (D).

Índice de dominancia que en gran medida está influido por la importancia de los taxones más dominantes. Permite determinar si hay o no taxones dominantes en la comunidad de macroinvertebrados acuáticos registrados (Moreno, 2001).

Para el análisis de estos índices se utilizó el software InfoStat 2019 y PAST.

3.5.2. Índice de diversidad beta

Se utilizó el método cuantitativo de Bray-Curtis para determinar el grado de similitud entre las estaciones de muestreo y los meses de estudio en términos de composición y abundancia de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos registrados. Además, se realizó un análisis de Clúster o Dendograma para agrupar gráficamente el grado de similitud que hay entre las estaciones de muestreo y meses de estudio. Para el análisis se utilizaron los programas estadísticos InfoStat 2019 y PAST.

3.6. Análisis estadístico

Los datos recopilados de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos (abundancia) se analizaron mediante la estadística descriptiva (permitió analizar los datos de forma independientemente y representó en tablas y figuras de promedio, desviación estándar y porcentaje) y estadística inferencial (permitió comprobar la hipótesis). Para ello, los datos se sometieron a la prueba de normalidad de Kolmogórov-Smirnov, que reveló que los datos no siguen una distribución normal. Por lo tanto, se eligió una prueba no paramétrica, específicamente la prueba de Kruskal-Wallis, para detectar posibles diferencias significativas ($p < 0.05$) en la abundancia de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos registrados entre las estaciones de muestreo y los meses de estudio. Este análisis se realizó con un nivel de confianza del 95 %.

IV. RESULTADOS

Tabla 3. Presencia de agua en las estaciones de muestreo durante los meses de estudio en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, Vinchos, Ayacucho 2017 – 2018.

Mes	Estaciones de muestreo									Muestreo total/mes
	RA1	RA2	RA3	RM1	RM2	RM3	RB1	RB2	RB3	
Set										2
Oct										3
Nov										4
Dic										5
Ene										9
Feb										9
Mar										9
Abr										9
May										5
Jun										3
Jul										3
Ago										3
Muestreo total/estación	4	4	4	4	6	7	11	12	12	64

Presencia de agua
 Ausencia de agua

**Código de la estación de muestreo: R= Ambientes de aguas corrientes (lótico); A, B y C =Zonas (alta, media y baja) y 1,2 y 3 = Números de estación.

Tabla 4. Composición de la comunidad macroinvertebrada acuática por estaciones y meses de estudio en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, Vinchos, Huamanga, Ayacucho 2017 – 2018.

Clase	Orden	Familia	Género/ Morfoespecie	Estación de muestreo									Mes																	
				RA			RM			RB			2017						2018											
				RA1	RA2	RA3	RM1	RM2	RM3	RB1	RB2	RB3	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago						
	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Cleodes</i> sp.																											
	Odonata	Aeshnidea	<i>Aeshna</i> sp.																											
		Coenagrionida	<i>Acanthagrion</i> sp.																											
	Hemiptera	Corixidae	<i>Ectemnostega</i> sp.																											
	Trichoptera	Limnephilidea	<i>Antarctoecia</i> sp.																											
			Chironomidae	<i>Alotanypus</i> sp.																										
		Diptera	Chironomidae	<i>Dicrotendipes</i> sp.																										
				Simuliidae	<i>Pedrowygomyia</i> sp.																									
			Diptera	Chironomidae	<i>Pentaneura</i> sp.																									
				Dolichopodidae	<i>Rheotanytarsus</i> sp.																									
				Dolichopodidae	<i>Aphrosylus</i> sp.																									
				Empididae	<i>Hemerodromia</i> sp.																									
				Muscidae	<i>Limnophora</i> sp.																									
				Muscidae	<i>Lispe</i> sp.																									
	Coleoptera	Tabanidea	<i>Tabanus</i> sp.																											
		Limoniidae	<i>Limonia</i> sp.																											
		Coleoptera	Curculionidae	<i>Curculionidae</i> sp.1																										
			Curculionidae	<i>Curculionidae</i> sp.2																										
			Dytiscidae	<i>Lancetes</i> sp.																										
	Coleoptera	Elmidae	<i>Austrelmis</i> sp.																											
		Hydrophilidae	<i>Tropisternus</i> sp.																											
Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	<i>Hyalella</i> sp.																											
Arachnida	Prostigmata	Hydrachnidae	<i>Hydrachnidae</i> sp.1																											
			<i>Hydrachnidae</i> sp.2																											
Hirudinea	Hirudinea	Glossiphoniidae	<i>Glossiphoniidae</i> sp.1																											
Clitellata	Lumbriculida	Lumbriculiidae	<i>Lumbriculiidae</i> sp.1																											
Olegochaeta	Haplotaxida	Tubificidae	<i>Tubifex</i> sp.																											
Bivalvia	Sphaeriida	Sphaeriidae	<i>Sphaeriidae</i> sp.1																											

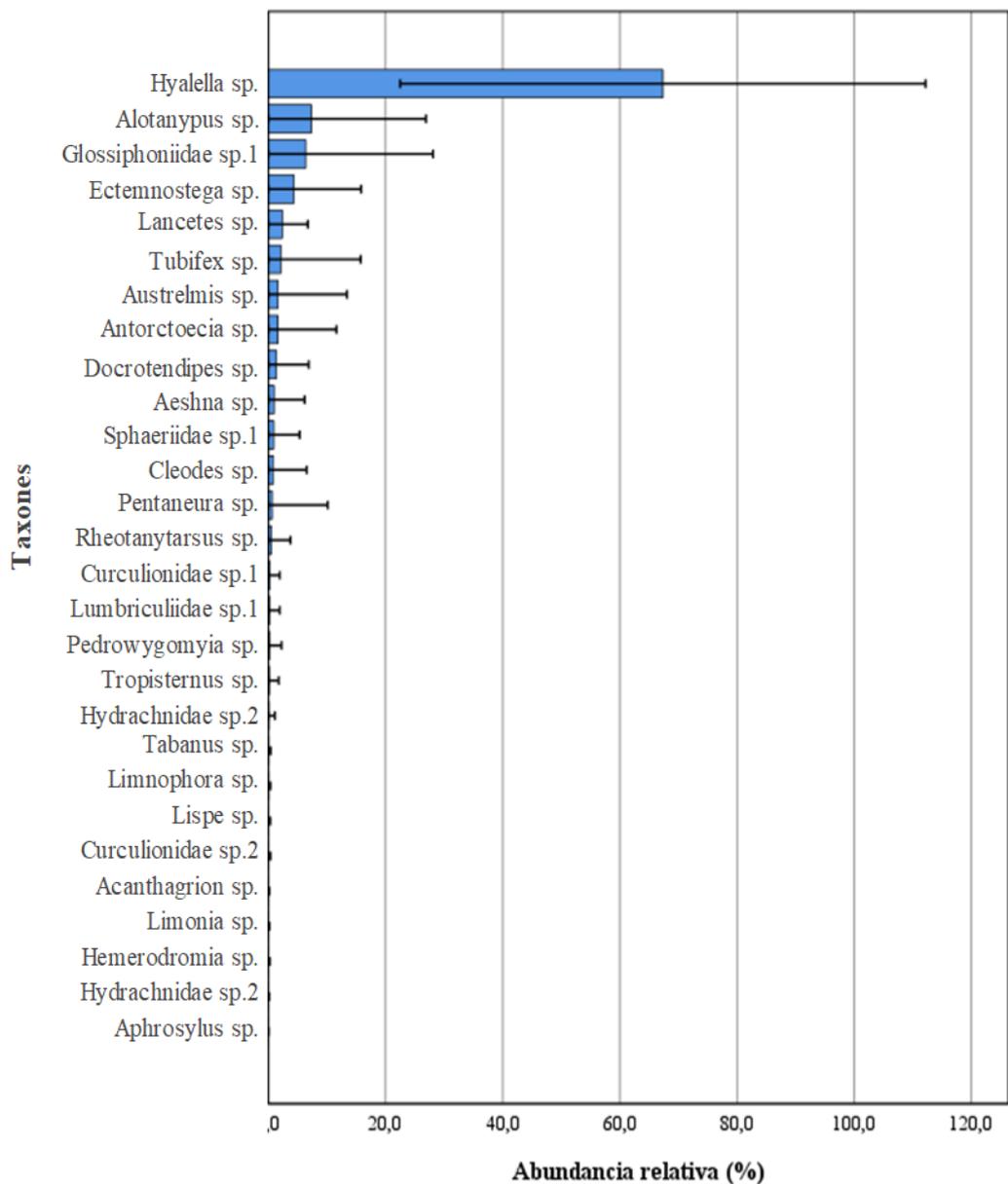


Figura 5. Abundancia relativa (promedio y desviación estándar) de la comunidad macroinvertebrada acuática en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, Vinchos, Huamanga, Ayacucho 2017 – 2018.

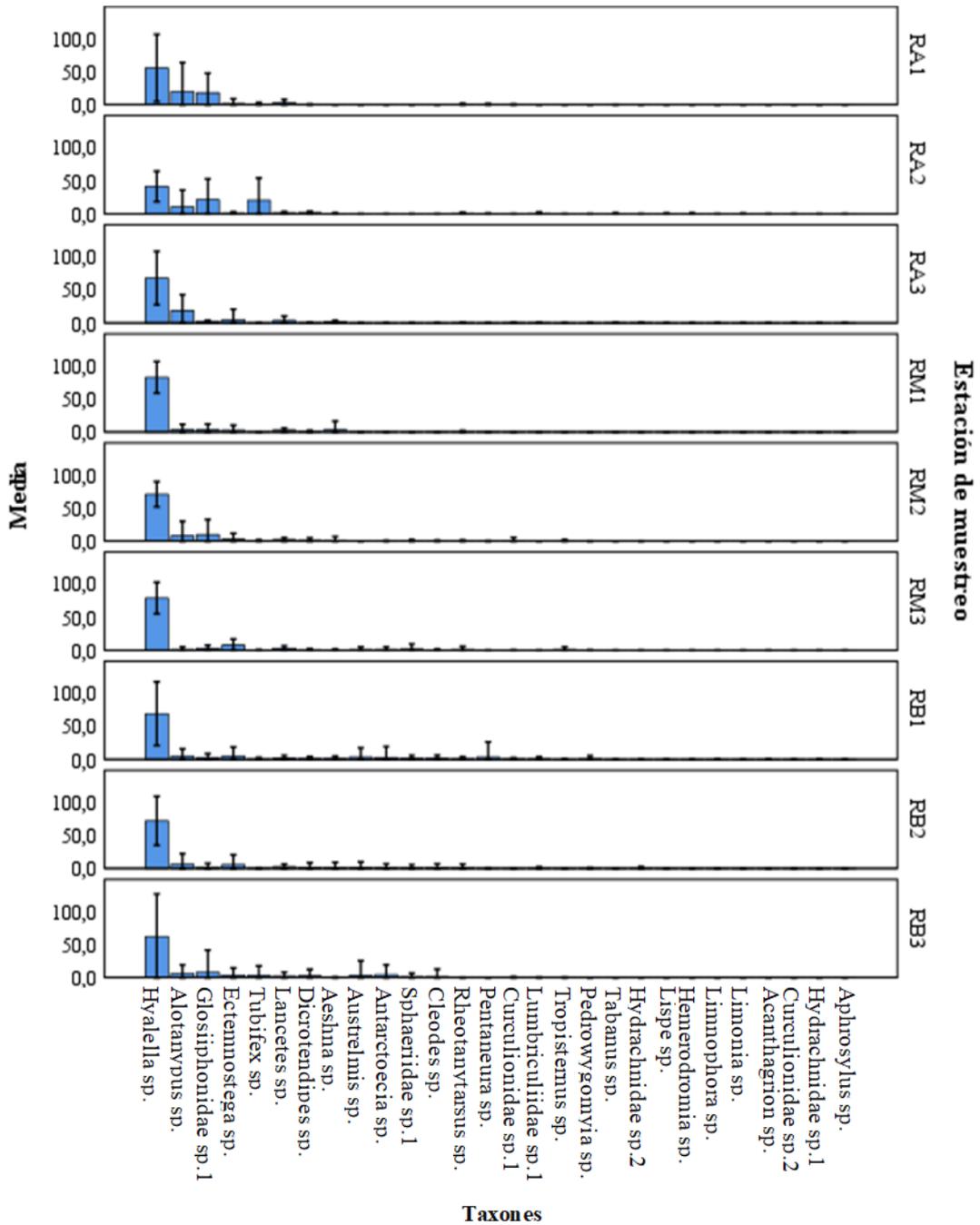


Figura 6. Abundancia relativa (promedio y desviación estándar) de la comunidad macroinvertebrada acuática por estaciones de muestreo en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, Vinchos, Huamanga, Ayacucho 2017 – 2018.

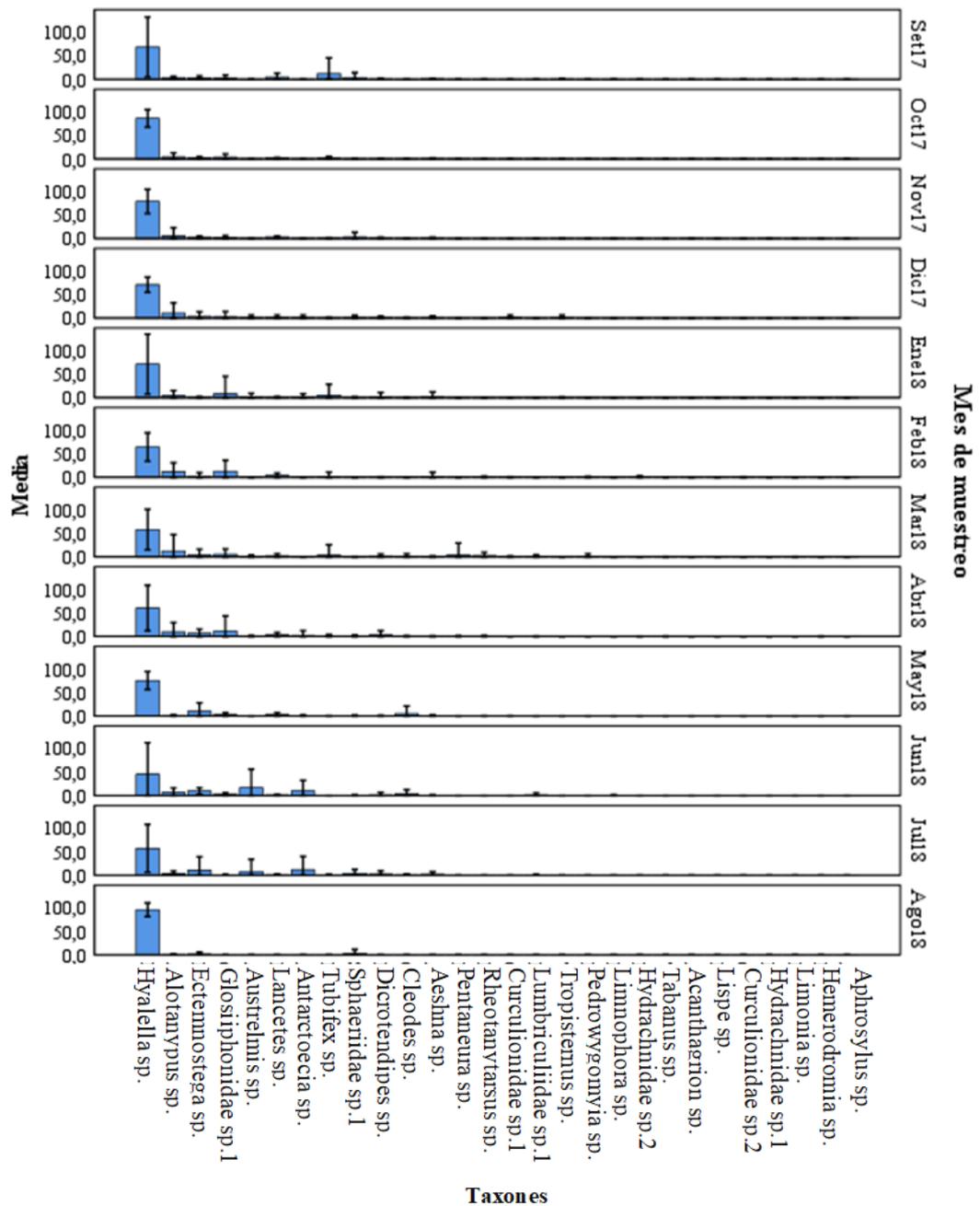


Figura 7. Abundancia relativa (promedio y desviación estándar) de la comunidad macroinvertebrada acuática por meses de estudio en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, Vinchos, Huamanga, Ayacucho 2017 – 2018.

Tabla 5. Índices de diversidad alfa (promedio y desviación estándar) de la comunidad macroinvertebrada acuática por estaciones de muestreo y meses de estudio en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, Vinchos, Huamanga, Ayacucho 2017 – 2018.

Variable	Índices de diversidad				
	Riqueza (n°)	Individuos (n°)	Simpson (D)	Shannon Weaver (H')	
Estación de muestreo	RA1	11	1 407	0,494	1,051
	RA2	15	628	0,276	1,554
	RA3	12	928	0,565	0,951
	RM1	15	899	0,697	0,790
	RM2	17	1 733	0,521	1,128
	RM3	18	3 119	0,682	0,806
	RB1	23	3 736	0,608	1,023
	RB2	24	4 179	0,668	0,909
	RB3	19	4 492	0,583	1,117
Mes de estudio	2 Set	12	450	0,403	1,401
	0 Oct	12	1 304	0,706	0,740
	1 Nov	18	1 789	0,692	0,820
	7 Dic	15	1 113	0,545	1,076
	Ene	18	2 701	0,697	0,796
	Feb	16	1 885	0,450	1,223
	2 Mar	18	2 091	0,443	1,323
	0 Abr	18	2 465	0,513	1,217
	1 May	17	4 074	0,607	0,947
	8 Jun	13	1 022	0,542	1,098
	Jul	13	300	0,422	1,403
	Ago	6	1927	0,939	0,174

**Código de la estación de muestreo: R= Ambientes de aguas corrientes (lótico); A, B y C =Zonas (alta, media y baja) y 1,2 y 3 = Números de estación.

Tabla 6. Similitud promedio (índice de Bray-Curtis) de la comunidad macroinvertebrada acuática entre las estaciones de muestreo en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, Vinchos, Huamanga, Ayacucho 2017 – 2018.

	Estaciones de muestreo								
	RA1	RA2	RA3	RM1	RM2	RM3	RB1	RB2	RB3
RA1	1,00								
RA2	0,49	1,00							
RA3	0,77	0,49	1,00						
RM1	0,75	0,47	0,88	1,00					
RM2	0,83	0,41	0,68	0,67	1,00				
RM3	0,50	0,22	0,39	0,44	0,62	1,00			
RB1	0,49	0,23	0,38	0,39	0,60	0,90	1,00		
RB2	0,47	0,19	0,36	0,35	0,54	0,81	0,87	1,00	
RB3	0,44	0,23	0,34	0,33	0,53	0,80	0,87	0,94	1,00

**Código de la estación de muestreo: R= Ambientes de aguas corrientes (lótico); A, B y C =Zonas (alta, media y baja) y 1,2 y 3 = Números de estación.

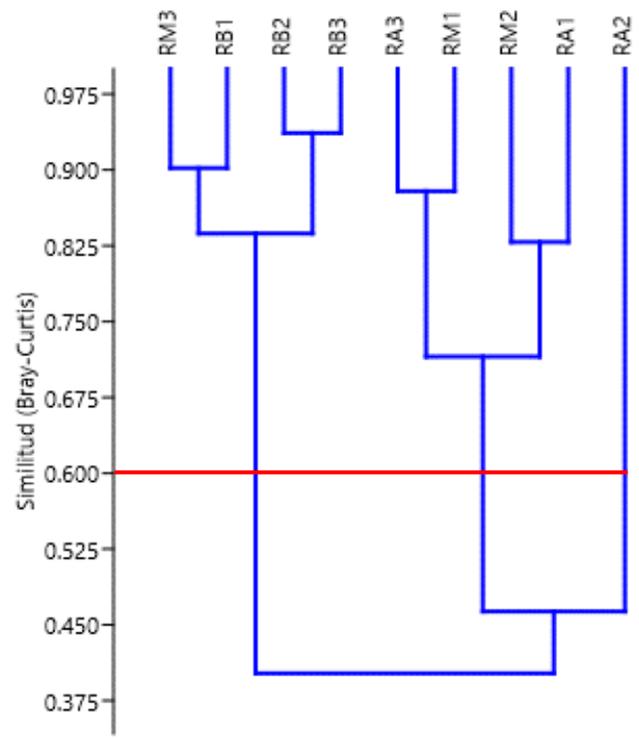


Figura 8. Dendrograma de similitud (índice de Bray-Curtis) de la comunidad macroinvertebrada acuática entre las estaciones de muestreo en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, Vinchos, Huamanga, Ayacucho 2017 – 2018.

Tabla 7. Similitud promedio (índice de Bray-Curtis) de la comunidad macroinvertebrada acuática entre los meses de estudio en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, Vinchos, Huamanga, Ayacucho 2017 – 2018.

	Meses de estudio												
	Set	Oct	No	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	
	2017						2018						
Set	1,00												
Oct	0,43	1,00											
Nov	0,35	0,81	1,00										
Dic	0,47	0,78	0,67	1,00									
Ene	0,27	0,64	0,73	0,49	1,00								
Feb	0,33	0,81	0,77	0,70	0,66	1,00							
Mar	0,31	0,77	0,81	0,66	0,68	0,84	1,00						
Abr	0,26	0,68	0,81	0,59	0,79	0,75	0,82	1,00					
May	0,16	0,47	0,59	0,37	0,74	0,50	0,56	0,68	1,00				
Jun	0,46	0,71	0,62	0,79	0,46	0,57	0,59	0,55	0,38	1,00			
Jul	0,62	0,29	0,24	0,35	0,19	0,22	0,21	0,21	0,12	0,43	1,00		
Ago	0,27	0,69	0,83	0,57	0,82	0,65	0,69	0,81	0,64	0,52	0,20	1,00	

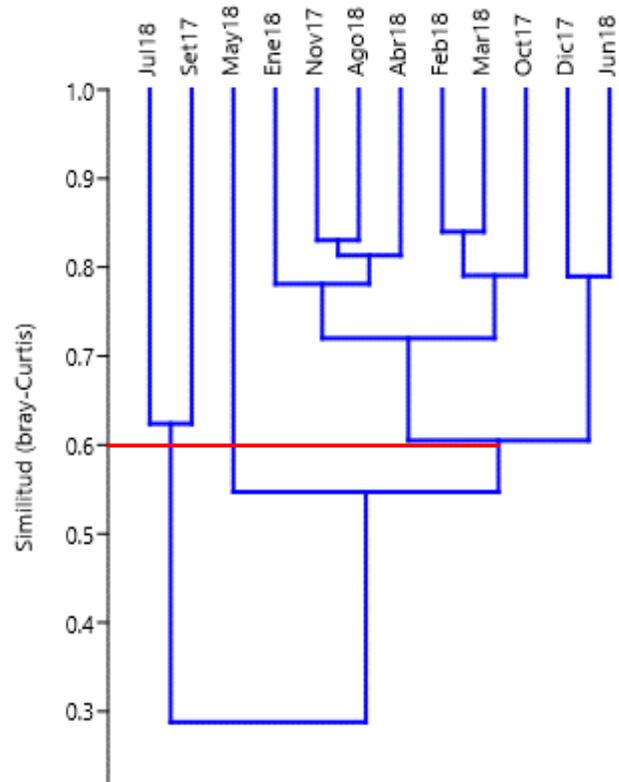


Figura 9. Dendrograma de similitud (índice de Bray-Curtis) de la comunidad macroinvertebrada acuática entre los meses de estudio en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, Vinchos, Huamanga, Ayacucho 2017 – 2018.

V. DISCUSIÓN

En la tabla 3, se muestra la presencia de flujo de agua en las estaciones de muestreo (arroyos) del bofedal Minas Corral durante los meses de estudio. Se observa variaciones en la mayoría de ellas relacionadas con el periodo de precipitación (lluvia y seca) y la disponibilidad de agua subterránea o nivel freático. Las estaciones RB1, RB2 y RB3 ubicadas en la parte baja presentaron flujo de agua permanente, independientemente del periodo de precipitación, debido a que son alimentadas de forma constante por el agua subterránea, que proporciona agua incluso durante el periodo seca (mayo a noviembre). En cambio, durante los periodos de lluvia e intermedia (diciembre a abril), los arroyos recibieron aportes tanto de agua subterránea como de las precipitaciones, lo que resultó en mayores niveles de caudal y velocidad de la corriente. Por otra parte, las estaciones RA1, RA2, RA3, RM1, RM2 y RM3 ubicadas en las zonas alta y media solo presentaron flujo de agua constante durante los periodos de lluvia e intermedia (noviembre a mayo). Esto se debe a la acumulación de agua en las depresiones creadas por las vegetaciones de crecimiento en forma de almohada o cojín y las rosetas acaulescentes (Salvador *et al.* 2014). Asimismo, a medida que aumentan las precipitaciones, el nivel freático aumenta, lo que reduce la profundidad del nivel freático y permite una filtración constante de agua hacia el arroyo (Cooper *et al.* 2019; Portal, 2019). Sin embargo, permanecieron secas durante el período seca debido al descenso a mayor profundidad del nivel freático en relación con el tipo vegetación (hidromórfica, mélica y borde) y el suelo (Portal, 2019), impidiendo que el agua se filtre en el arroyo. En cuanto a las fuentes de agua Cooper *et al.* (2019), Mosquera *et al.* (2016) y Nieto (2016) indican que las principales fuentes de agua para los bofedales son las aguas subterráneas procedentes de las morrenas laterales, acumuladas durante el periodo de lluvia. Además, Ahumana y Faúndez (2009), afirman que el aporte proviene de fuentes superficiales como ríos, manantiales y glaciares a través de inundaciones e infiltración lateral. Al

respecto, es importante señalar que el bofedal Minas Corral no está ubicado al borde de un río ni por debajo del nivel de la base del glaciar, a diferencia de otros bofedales locales y de los Andes del Perú. Por lo tanto, depende del agua subterránea y de las precipitaciones como fuente principal de agua. En consecuencia, la presencia de agua en cada estación de muestreo ha sido un factor determinante en la distribución, abundancia y persistencia de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos.

En cuanto a la composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en ambientes de aguas corrientes (arroyos) del bofedal Minas Corral, se registró un total de 28 taxones, agrupados en siete clases, 12 órdenes, 23 familias y 20 géneros, con un total de 21,122 individuos. El grupo Insecta fue la más diversa en términos de riqueza y categorías taxonómicas (con seis órdenes, 17 familias, 21 géneros y 3,486 individuos), y dentro de esta clase el orden Diptera fue la más diversa con siete familias, representados por Chironomidae, Muscidae, Simuliidae, Dolichopodidae, Empididae, Tabanidae y Limoniidae. Entre estas familias, la familia Chironomidae fue la que presentó mayor riqueza de taxones (*Alotanytus* sp., *Dicrotendipes* sp., *Pentaneura* sp. y *Rheotanytarsus* sp., entre ellos, los más frecuentes y persistentes fueron los dos primeros taxones en todas las estaciones y meses de estudio), seguido por la familia Muscidae (*Limnophora* sp. y *Lispe* sp.) y por las familias que presentaron solo un taxón (*Pedrowygomyia* sp., *Aphrosylus* sp., *Hemerodromia* sp., *Tabanus* sp. y *Limonia* sp. respectivamente). Seguido por el orden Coleoptera con cuatro familias, representados por Curculionidae, Dytiscidae, Elmidae y Hydrophilidae, siendo la familia Curculionidae con mayor riqueza de taxones (*Curculionidae* sp.1 y *Curculionidae* sp.2), mientras que las demás familias presentaron solo un taxón cada uno (*Lancetes* sp., *Austrelmis* sp. y *Tropisternus* sp. respectivamente, siendo el primer taxón la más frecuente y persistente en todas las estaciones de muestreo y meses de estudio). El orden Odonata con dos familias, representados por Aeshnidae y Coenagrionidae, cada uno con solo un taxón (*Aeshna* sp. y *Acanthagrion* sp., siendo el primer taxón la más persistente en todas las estaciones de muestreo y meses de estudio).

Los menos diversos fueron los órdenes Ephemeroptera, Hemiptera y Trichoptera, representados por las familias Baetidae, Corixidae y Limnephilidae, todas con un solo taxón (*Cleodes* sp., *Ectemnostega* sp. y *Antarctoecia* sp. respectivamente, siendo el segundo taxón la más frecuente y persistente en todas las estaciones de muestreo y meses de estudio). Del mismo modo, el grupo de no insectos

(Malacostraca, Arachnida, Hirudinea, Clitellata, Olegochaeta y Bivalvia) fueron los menos diversos, y dentro de este grupo el orden Prostigmata representado por la familia Hydrachnidae presentó dos taxones (*Hydrachnidae* sp1 e *Hydrachnidae* sp2), seguido por el orden Amphipoda (*Hyaellidae*), Hirudinea (*Glossiphoniidae*), Lumbriculida (*Lumbriculiidae*), Haplotaxida (*Tubificidae*) y Veneroida (*Sphaeriidae*) solo con un taxón (*Hyaella* sp, *Glossiphoniidae* sp.1, *Lumbriculiidae* sp.1, *Tubifex* sp y *Sphaeriidae* sp.1), entre estos taxones los muy frecuentes y persistentes en todas las estaciones de muestreo y meses de estudio fueron *Hyaella* sp, y *Glossiphoniidae* sp.1, seguido por *Tubifex* sp y *Sphaeriidae* sp.1, siendo los de mayor relevancia en los ambientes de aguas corrientes (arroyos) del bofedal Minas Corral (Tabla 4). Estos resultados son similares a los reportados en ambientes de aguas corrientes (lóticos) del bofedal o vega (en Argentina y Arequipa) por Nieto *et al.* (2016) registraron 25 taxones agrupados en 22 familias, mientras que Remache (2020) registró 33 taxones agrupados en 21 familias, con algunos taxones compartidos (*Hyaella* sp., *Pentaneura* sp. y *Limnophora* sp.). Del mismo modo, es similar a los reportados en arroyos asociados con bofedales (Guitarrachayoc, Pichccahuasi y Quinoa con un rango altitudinal entre 4 100 a 4 744 m.s.n.m) por (Carrasco *et al.*, 2020) registraron 26 taxones, agrupados en 20 familias, 12 órdenes y 5 clases, mientras que (Gómez, 2015) registró 27 taxones agrupados en 23 familias, 12 órdenes y 7 clases. Sin embargo, es diferente a los reportados en arroyos asociados con bofedales (Apacheta y Rumiruyuccpampa, Ayacucho) por Ricra (2019) en cuanto al número de familias (13), órdenes (4) y clases (5), pero similares en cuanto al número de taxones (28) y comparten la mayoría de los taxones (*Hyaella* sp., *Ectemnostega* sp., *Pedrowygomysia* sp., *Pentaneura* sp., *Antarctoecia* sp., *Lancetes* sp., *Alotanypus* sp., *Limnophora* sp., *Tabanus* sp. y *Rheotanytarsus* sp.). Los autores citados y Jacobsen (2008) en sus estudios, también reportaron a la clase Insecta (representado por el orden Diptera) la más diversa en términos de riqueza y riqueza taxonómica. Esto se atribuiría a que este grupo está ampliamente distribuido en todos los ecosistemas acuáticos de agua dulce, debido a su amplio rango de tolerancia a los factores ambientales y alto potencial biótico. Además, dentro de este grupo, los estados inmaduros (huevo y larva) son acuáticos, por lo que completan gran parte de su ciclo vital dentro de la columna de agua, mientras que los adultos son típicamente terrestres (De la Lanza & Hernández, 2011; Ladrera, 2012). En forma general, se observa que la riqueza es baja en los ambientes de aguas corrientes del bofedal y en otros

ambientes acuáticos como arroyos y ríos altoandinos de la cabecera de la cuenca alta, en comparación con los ambientes loticos pertenecientes a la cuenca media situadas a un rango altitudinal sobre los 2500 a 3800 m.s.n.m, García (2016) y Jacobsen & Encalada (1998) registraron 47 y 34 taxones respectivamente. La baja riqueza se atribuiría a que estos ambientes son muy homogéneos espacialmente en cuanto a la hidrogeomorfología, en particular de hábitats o microhábitats, que ofrecen una limitada variedad de nichos ecológicos, lo cual se traduce en la presencia de pocas comunidades de macroinvertebrados, especialmente aquellos con preferencia a los tipos de sustratos presente (Beisel *et al.*, 2000; Negishi & Richardson, 2003). Esto lo corroboran Voelz y McArthur (2000), quienes afirman que la heterogeneidad de los hábitats fluviales es uno de los factores que influyen en la riqueza de los macroinvertebrados acuáticos, ya que estos proporcionan a los organismos tanto espacios físicos como fuentes de alimento. Asimismo, estaría influenciado por las condiciones climáticas extremas como temperaturas muy variadas, mayor amplitud térmica, alta radiación solar, fuertes vientos, hidroperiodo muy fluctuante y bajos niveles de oxígeno que experimentan estos ecosistemas debido a su ubicación en un gradiente altitudinal superior a 3500 m.s.n.m (Nieto, 2016). En resumen, la distribución espacial de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos es influenciada por los factores físicos, químicos y biológicos (interacción con otros taxones) que estructuran la comunidad acuática a lo largo de los ecosistemas fluviales desde la cabecera hasta la desembocadura (Fierro *et al.*, 2012; Molina *et al.*, 2008). Además, su presencia y persistencia dependerán de sus adaptaciones morfológicas, funcionales y tróficas específicas que poseen (Brooks *et al.*, 2005).

En cuanto a la abundancia relativa (promedio), a nivel de grupos, el grupo de no insectos fue el más abundante con 17 636 individuos (77,17%) del total, representado por los órdenes Amphipoda (67,34%), Hirudinea (6,41%) y Haplotaxida (2,15%). En cambio, el grupo Insecta solo con 3486 individuos (22,83%), representado por los órdenes Diptera (10,35%), Hemiptera (4,4%), Coleoptera (2,54%) y Trichoptera (1,65%) los de mayor abundancia relativa. Estos resultados difieren a los registrados en ambientes loticos (arroyos) del bofedal o vega por Nieto (2016) y Remache (2020) quienes registraron al grupo Insecta con mayor abundancia relativa. Del mismo modo, difiere a los registrados en arroyos asociados con bofedales y ríos altoandinos de la cabecera de cuenca alta por Carrasco *et al.* (2020), Molina *et al.* (2008) y Ricra (2019), quienes también

registraron al grupo Insecta con mayor abundancia relativa. Esta diferencia podría estar relacionado con el tipo de sustrato predominante en el cauce, ya que los estudios citados se realizaron en ambientes acuáticos con predominancia de sustratos de tipo canto rodado, grava mediana, limo y arcilla rojiza, mientras que en el presente estudio predominó la materia orgánica gruesa y fina procedentes de la turba y de la vegetación alóctona de borde y circundante (pajonal), seguido por las plantas acuáticas, algas y de grava en menor cantidad. Esto lo corroboran Merritt & Cummins (1996) y Vannote & Cummins (1980) quienes afirman que en los ambientes acuáticos de la cabecera de la cuenca alta, la materia orgánica gruesa y fina alóctona procedentes de la vegetación riparia y turba es la principal fuente de energía (recurso trófico o alimento) para las comunidades acuáticas, en las que predominan la comunidad de macroinvertebrados con hábitos alimenticios (grupo trófico funcional) como trituradores, recolectores y filtradores. Este grupo incluye principalmente a los macroinvertebrados no insectos (Merritt & Cummins, 1996). A nivel de taxones, *Hyaella* sp. (Hyaellidae) fue la más abundante con 16 141 individuos (67,34%), seguido por *Alotanypus* sp. (Chironomidae) con 1 051 individuos (7,35%), *Glosiiphoniidae* sp.1 con 975 individuos (6,41%) y *Ectemnostega* sp. (Corixidae) con 991 individuos (4,4%) respectivamente. Mientras que, los taxones *Aphrosylus* sp. (Dolichopodidae), *Hemerodromia* sp. (Empididae), *Limonia* sp. (Limoniidae), *Curculionidae* sp.2, *Acanthagrion* sp. (Coenagrionidae) y *Hydrachnidae* sp.1 fueron los menos abundantes (Figura 5). Estos resultados difieren a los reportados en ambientes lóticos (arroyos) asociados con bofedales por Carrasco *et al.* (2020) y Ricra (2019), quienes registraron a los taxones *Hyaella* sp., *Alotanypus* sp., *Glosiiphoniidae* sp.1 y *Ectemnostega* sp. con baja abundancia relativa. Sin embargo, son similares a los reportados en ambientes lenticos por Cárdenas (2019) y Gómez (2015), quienes registraron a los taxones *Hyaella* sp. (43,9% y 34,78%), *Ectemnostega* sp. (22,4% y 25,03%) y *Alotanypus* sp. (10,2% y 23,83%) con mayor abundancia relativa. A pesar del predominio del taxón *Hyaella* sp., en conjunto reportaron al grupo Insecta con mayor abundancia relativa. Esto puede atribuirse a la baja disponibilidad de materia orgánica gruesa, esencial y preferida para su alimentación de estos taxones. Además, el esfuerzo de muestreo empleado, así como la no inclusión de diversos microhábitats y sustratos presentes, pudo haber influido en los resultados. En forma general, el taxón *Hyaella* sp. (Amphipoda) mostró una distribución frecuente y dominante dentro de la comunidad acuática

registrada. Al respecto, Acosta (2009) y Villamarín (2008) destacan que este organismo se encuentra ampliamente distribuido y habita en diversos ambientes acuáticos continentales, tanto lóticos como lénticos, siendo de mayor representatividad de ríos de menor orden, arroyos y lagunas de la cabecera (> 3500 m.s.n.m.). Habitualmente se encuentra en ambientes acuáticos con presencia de materia orgánica gruesa y fina, siendo su sustrato preferido para alimentarse, dando lugar a poblaciones densas (Roldán & Ramírez, 2008). Según Acosta (2009), también se puede encontrar en gran número en ambientes acuáticos que están asociados con plantas acuáticas o macrófitas. Estas plantas les proporcionan tanto hábitat como alimento, su dieta es principalmente omnívora, ya que consume los alimentos disponibles en cada hábitat. Por lo tanto, se asume que este taxón pertenece al grupo de los trituradores o fragmentadores en cuanto a hábitos alimentarios (Cummins *et al.*, 2005). En consecuencia, su presencia en estos ecosistemas es de gran relevancia, ya que contribuye al proceso de descomposición de la materia orgánica, que suele ser lento en ecosistemas donde la temperatura se mantiene baja durante todo el año. También es tolerante a un amplio rango de concentraciones de oxígeno disuelto, alcalinidad, salinidad, así como a características físicas del sedimento como el tamaño de granulometría y el contenido de materia orgánica (Brooks *et al.*, 2005). *Alotanypus* sp. (Chironomidae), ha sido reportado en lagos y ríos altoandinos y clasificada como un grupo trófico detritívoro, siendo su dieta principal la materia orgánica particulada fina (Silva & Huamantingo, 2022). La familia Chironomidae es muy común y ampliamente distribuida del orden (Diptera) (Prat *et al.*, 2011), suelen encontrarse en diversos tipos de ecosistemas acuáticos, por lo general con mayor abundancia y riqueza (Merritt & Cummins, 1996). Su dieta alimenticio es muy variado, siendo la principal fuente de alimento la materia orgánica particulada fina para la mayoría de los taxones, seguida de algas, hongos, fragmentos de hojas y madera, restos de animales y otros (Henriques *et al.*, 2003). Por tanto, es importante su papel en la cadena alimentaria y el flujo de energía en estos ecosistemas, entre productores primarios y consumidores de nivel superior (Acosta, 2009; Villamarín, 2008). Algunos individuos de esta familia tienen la capacidad de tolerar niveles bajos de oxígeno, lo que les permite sobrevivir en condiciones de falta de oxígeno (Domínguez & Fernández, 2009). El taxón *Glosiiphoniidae* sp.1, es cosmopolita y se reporta particularmente como mayor abundancia en lagunas o cuerpos de agua lénticos altoandinas y en ambientes

lénticos de bofedales (Cárdenas, 2019; Remache, 2020). Sin embargo, según Ocegüera (2007), los miembros de esta familia se encuentran también en ambientes de aguas corrientes, adheridos a vegetación sumergida, esto corrobora (Gómez, 2015). Por tanto, son frecuentes y abundantes en lugares con abundante materia orgánica en descomposición y vegetación acuática sumergida (Rivera *et al.*, 2013) y pueden tolerar bajos niveles de oxígeno y temperaturas extremas. En cuanto a la dieta, Rivera *et al.* (2013) clasificaron en dos grupos tróficos: 1) depredadores de oligoquetos, crustáceos, moluscos y larvas de artrópodos) y 2) detritívoros, ya que encontraron un alto porcentaje de detritos orgánicos en el contenido estomacal. *Ectemnostega* sp. es un taxón común y abundante en ecosistemas acuáticos altoandinos (Jacobsen & Marín, 2007), siendo abundante en ecosistemas lénticos y en ambientes lenticos o pozas de bofedales, como lo confirma Cárdenas (2019) y Gómez (2015) con presencia de macrófitos acuáticos sumergidas y emergentes, ayuda a reducir la depredación de los peces y entre otros sobre al crear un ambiente más heterogéneo. Sin embargo, su presencia es mínima en cabeceras de arroyos y ríos, probablemente debido a que sus requisitos ambientales son incompatibles con las corrientes de agua, como lo sostienen (Carrasco *et al.*, 2020). Se alimentan de detritos (restos orgánicos) y pequeños invertebrados acuáticos, y también consumen algas como complemento de su dieta.

Los taxones menos frecuentes y abundantes estuvieron representados por *Hemerodromia* sp., *Aphrosylus* sp., *Limonia* sp. (Diptera), *Hydracarina* sp1 (Prostigmata) y *Curculionidae* sp.2. Entre estos *Aphrosylus* sp e *Hydracarina* sp1 estuvieron presentes durante meses con poca o nula precipitación y en estaciones permanentes. Mientras tanto, *Limonia* sp., *Hemerodromia* y *Curculionidae* sp.2 estuvieron presentes durante los meses de mayor precipitación y tanto en estaciones permanentes como temporales. Esto indicaría que estos taxones tienen un rango de tolerancia bajo a factores ambientales extremos como variabilidad de precipitaciones, temperaturas extremas, deficiencia de oxígeno, entre otros.

En cuanto a la abundancia de la comunidad de macroinvertebrados por estación, *Hyalella* sp. (Amphipoda) fue la más abundante en todas las estaciones de muestreo, con una contribución superior al 50% en cada una de ellas, siendo más abundante en las estaciones permanentes (RB1, RB2 y RB3). Seguido por taxones *Alotanypus* sp., *Glossiphoniidae* sp.1, *Tubifex* sp., *Ectemnostega* sp. y

Lancetes sp., que también estuvieron presentes en todas las estaciones, pero fluctuaron sus abundancias en cada estación de muestreo. Los primeros tres taxones fueron abundantes en las estaciones temporales RA1, RA2 y RA3. Mientras tanto, los dos últimos taxones fueron abundantes en las estaciones permanentes RB1, RB2 y RB3, al igual que el taxón *Hyalella* sp. (Figura 6). Por otra parte, cuando se restableció el flujo de agua en las estaciones temporales, se observó que se establecieron los mismos taxones abundantes y raros. Esto podría deberse a que las estaciones permanentes (RB1, RB2, RB3 y RM3) sirven como refugios favorables para el uso y persistencia de estos taxones durante eventos extremos como periodos de alto y bajo caudal (Vimos, 2017). En consecuencia, la proximidad entre las estaciones permanentes y temporales habría permitido la recolonización posterior por los mismos taxones (Ladle *et al.*, 1980), en particular por el taxón *Hyalella* sp. y otros taxones abundantes. Además, estos taxones tendrían un amplio rango de niveles de tolerancia y adaptaciones estructurales a la alta variabilidad hidrológica, sobre todo a los cambios en el flujo de agua (caudal), y otros factores ambientales de la zona (Acosta, 2009; Brooks *et al.*, 2005). Al realizar la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis, no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$) en la abundancia de los taxones más abundantes y de los demás taxones, lo que significa que sus abundancias fueron similares en cada estación de muestreo (Anexo 3). Esto probablemente se debe a la proximidad entre las estaciones de muestreo (gradiente altitudinal menor 60 m) y por la homogeneidad espacial, en particular de microhábitats de los ambientes de aguas corrientes (arroyos) del bofedal Minas Corral. Sin embargo, si se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) en la abundancia de los taxones *Tabanus* sp. (Tabanidea), *Glossiphoniidae* sp.1, y *Sphaeriidae* sp.1. Esto indica que sus abundancias fluctuaron a pesar de la proximidad entre las estaciones de muestreo. Esto podría estar influenciado por los factores ambientales de la zona, en particular la alta variabilidad hidrológica y climática (Acosta, 2009; Molina *et al.*, 2008).

En cuanto a la abundancia relativa por meses de estudio, el taxón *Hyalella* sp. (Amphipoda) fue la más abundante en todos los meses de estudio, alcanzando su máxima abundancia en mayo y la mínima en septiembre. Seguido por los taxones *Alotanypus* sp. (con mayor abundancia relativa en los meses de diciembre, marzo y octubre), *Glossiphoniidae* sp.1 (octubre, enero, febrero y abril), *Ectemnostega* sp. (mayo y junio), *Lancetes* sp. (noviembre), *Tubifex* sp. (setiembre); *Sphaeriidae*

sp.1 (agosto) y *Antarctoecia* sp. (julio). Alcanzaron sus picos más altos de abundancia en marzo, febrero, mayo, mayo, enero, noviembre y abril respectivamente, mientras que en los demás meses de estudio sus abundancias fluctuaron (Figura 7). Estas variaciones en la abundancia y presencia de los taxones estarían influenciadas por el período de precipitación (período de lluvia y seca) (Villamarín, 2008; Vimos, 2017), siendo mayores las precipitaciones durante el período de diciembre a marzo y menores precipitaciones a partir de abril a noviembre (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI], 2021). De diciembre a abril, los taxones más abundantes fueron *Glossiphoniidae* sp.1, *Alotanypus* sp., *Pentaneura* sp., *Tabanus* sp., *Pedrowygomia* sp., *Aeshna* sp. y *Lancetes* sp. Sin embargo, durante el periodo de mayo a noviembre (precipitación baja y nula), sus abundancias disminuyeron gradualmente con la disminución del flujo de agua (Acosta, 2009; Jacobsen & Encalada, 1998). Pero después de este evento, tienden a recuperarse a medida que aumenta el flujo de agua (Molina *et al.*, 2008). De mayo a noviembre, los taxones más abundantes fueron *Hyaella* sp., *Cleodes* sp., *Antarctoecia* sp., *Ectemnostega* sp., *Dicrotendipes* sp., *Lancetes* sp., *Tropisternus* sp., *Austrelmis* sp. y *Sphaeriidae* sp.1, disminuyendo paulatinamente durante el periodo de diciembre a abril (con mayores precipitaciones), lo cual habría provocado el desplazamiento o remoción de estos taxones y otros, así como de los sustratos (materia orgánica gruesa, plantas acuáticas, algas, entre otros) presentes (Acosta, 2009; Brooks *et al.*, 2005; Jacobsen & Encalada, 1998; Vimos, 2017) e incluidos los taxones adaptados a estas condiciones de alto flujo (Vimos, 2017). Esto lo corroboran (Acosta, 2009; Villamarín, 2008), quienes indican que el factor hidrológico, en particular el nivel de flujo de agua (caudal mínimo y máximo) y la velocidad de la corriente, es el factor más relevante en la dinámica y abundancia de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos. Del mismo modo, García (2016) y otros autores, indican que los niveles altos de flujo de agua conducen a una disminución de la abundancia de algunos macroinvertebrados acuáticos. Sin embargo, en estas mismas condiciones otras comunidades tienden a aumentar su abundancia, esto se debe probablemente a que estos taxones han desarrollado adaptaciones estructurales de adhesión al sustrato (como las uñas largas, ventosas, ganchos, sedas, y otros), comportamientos, estrategias (búsqueda de refugios) y otros que les ayudan a adaptarse e inhibirse a ciertos regímenes de flujo de agua y otros factores ambientales (Brooks *et al.*, 2005; Domínguez & Fernández, 2009; Vimos,

2017). Al realizar la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis, no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$) en las abundancias de los taxones *Hyalella* sp., *Alotanypus* sp., *Glossiphoniidae* sp.1, *Lancetes* sp. y demás taxones, lo que indica que sus abundancias fueron similares en todos los meses de estudio. Sin embargo, si se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) en las abundancias de los taxones de *Ectemnostega* sp., *Lancetes* sp., *Antarctoecia* sp., *Sphaeriidae* sp.1 y otros taxones, esto indica que sus abundancias fluctuaron en respuesta al periodo de precipitación (lluvia y seca) (Anexo 4).

En cuanto a la riqueza específica según estaciones de muestreo, la mayor riqueza de taxones se registró en las estaciones permanentes (RM3, RB3, RB2 y RB3) y aquellas con mayor periodo de flujo de agua, registrándose un máximo de 24 taxones en RB2. Mientras que, la menor riqueza se registró en las estaciones temporales (RA1, RA, RA3, RM1 y RM2), con un mínimo de 11 taxones en la estación RA1. Según los meses de estudio, la mayor riqueza de taxones se registró en los meses que corresponden a los periodos de lluvia y transición, registrándose un máximo de 18 taxones en los meses de noviembre, enero, marzo y abril. Mientras que, la menor riqueza de taxones se registró en los meses que corresponden al periodo seca, con un mínimo de 6 taxones en agosto. En resumen, la mayor riqueza de taxones se registró durante los periodos de lluvia de transición (al inicio y al final de los periodos de precipitación) y una baja riqueza en los periodos seca (Tabla 5). Estos resultados difieren a los reportados en ríos altoandinos por Acosta (2009) y Villamarín (2008) quienes registraron la mayor riqueza de taxones en periodos seca. Esta diferencia probablemente se debe a la alta variabilidad y disminución en el flujo de agua en los arroyos del bofedal Minas Corral, llegando a secarse en las zonas alta y media durante el periodo seca, quedando un arroyo de menor longitud con flujo de agua mínimo. Esto habría provocado la migración de los macroinvertebrados acuáticos hacia el arroyo (aguas abajo) que alimenta el bofedal y la muerte de algunos macroinvertebrados sensibles a estas variaciones. Por último, el análisis de la curva de acumulación de taxones, alcanzó un punto de inflexión o asíntota en el octavo esfuerzo de muestreo (con una ligera tendencia a seguir aumentando el número de taxones), lo que indica que el esfuerzo de muestreo establecido fue representativo. Del mismo modo, indica que se ha registrado la mayoría de los taxones presentes en los ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, con una eficiencia de

registro del 94%. Esto supera la eficiencia de registro representativo del 50% recomendado en la guía del inventario de fauna (MINAM, 2015).

Con respecto al índice de Simpson (D) según las estaciones de muestreo, se registraron valores superiores a 0,50, excepto en las estaciones RA2 y RA1 (0,28 y 0,49 respectivamente). Del mismo modo, según los meses de estudio, se registraron valores superiores a 0,50, excepto en los meses de setiembre, julio, marzo y febrero con valores inferiores 0,50 (Tabla 5). En resumen, la mayoría de los valores fueron superiores a 0,50, lo que indica que existe una dominancia de unos pocos taxones dentro de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos. Esto puede atribuirse a sus adaptaciones a las condiciones específicas del lugar y la preferencia específica en cuanto a su alimentación, que les confieren una ventaja competitiva y les permite tener más éxito que otros taxones (Magurran, 2014; Moreno, 2001). Esto lo corroboran Beisel *et al.* (2000), quienes afirman que es habitual observar la presencia de uno o dos taxones dominantes en una comunidad, probablemente debido a la baja competencia en estos entornos y condiciones ambientales favorables. Siendo los taxones *Hyalella* sp., *Alotanypus* sp., *Ectemnostega* sp. y *Glosiiphoniidae* sp.1 los más predominantes en este estudio. En cuanto al índice de Shannon- Weaver (H'), se registraron valores inferiores a 2 bits/individ en todas las estaciones de muestreo y meses de estudio, lo que indica que la diversidad de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en los ambientes de aguas corrientes (arroyos) del bofedal Minas Corral es baja. El valor mínimo (0,79 y 0.17 bits/individ) se registraron en la estación RM1 y en agosto, mientras que el valor máximo (1,55 y 1,40 bits/individ) se registraron en la estación RA2, y en julio y setiembre (Tabla 5). Por ende, la distribución de los taxones tanto en las estaciones como en los meses de estudio es heterogénea. Esto concuerda con lo afirmado por Begon *et al.* (2014) y Smith & Smith (2001) quienes sostienen que la distribución de los taxones en una comunidad es heterogénea por la variabilidad de los factores ambientales y entre otros.

En cuanto a la similitud (índice de Bray-Curtis) entre las estaciones, se registraron valores altos de similitud entre las estaciones permanentes y aquellas con mayor periodo de flujo de agua, registrándose una similitud máxima de 94% entre las estaciones (RB3 y RB2), seguido por las estaciones (RM3 y RB1) con 90% de similitud. Del mismo modo, se observa alta similitud entre las estaciones temporales (Tabla 6). Esto indica que entre estas estaciones hay una similitud en términos de composición y abundancia de taxones, es decir comparten la mayoría

de los taxones registrados. Mientras tanto, los valores de similitud más bajos se registraron en la estación RA2, que fue la más disímil de todas (19%), esto podría atribuirse a la alta variabilidad en el flujo de agua y al predominio del sustrato grava, que puede haber favorecido solo el establecimiento de taxones con un rango más amplio de tolerancia y preferencia al sustrato referido (Begon *et al.*, 2014). También podría atribuirse a la baja abundancia del taxón *Hyalella* sp. De manera complementaria, se representó en un dendograma a fin de visualizar el grado de similitud entre cada una de las estaciones de muestreo. Al establecer una línea de corte en un 60% de similitud, las estaciones se agruparon en tres grupos, donde se observa claramente una tendencia de agrupación entre las estaciones permanentes y temporales. El primer grupo agrupó a todas las estaciones permanentes, mientras que el segundo grupo agrupó a todas las estaciones temporales, dejando libre a la estación RA2 (grupo III) debido a su alta disimilitud con las demás estaciones de muestreo (Figura 8).

En cuanto a la similitud (índice de Bray-Curtis) entre los meses, se registraron valores altos de similitud entre los meses que corresponden a los periodos de lluvia y transición. Registrándose una máxima similitud de 84% entre los meses marzo y febrero, seguidos de los meses agosto y noviembre con 83% de similitud. Esto indica que existe una similitud entre estos meses en términos de composición y abundancia de los taxones registrados. Dentro de esta similitud, resulta llamativa la alta similitud del mes de agosto con los meses del periodo de lluvia y transición, lo cual podría atribuirse a la alta abundancia del taxón *Hyalella* sp. En contraste, los valores de similitud más bajos se registraron en los meses julio y setiembre, lo cual se atribuiría a la alta variabilidad y baja disponibilidad de agua. De manera complementaria, estos valores se representaron en un dendograma para visualizar el grado de similitud entre cada una de los meses de estudio. Al establecer una línea de corte en un 60% de similitud, los meses se agruparon en tres grupos, en donde se observa claramente una tendencia de agrupación entre los meses que corresponden a los periodos de (lluvia y transición) y seca. El primer grupo agrupó a los meses julio y setiembre, mientras que el segundo grupo agrupó solo al mes de mayo debido a su alta disimilitud con los demás meses. El tercer grupo agrupó a los meses que corresponden a los periodos de (lluvia y transición) y seca. Esto podría deberse a la baja abundancia del taxón *Hyalella* sp (Figura 9).

VI. CONCLUSIONES

1. Se registró un total de 28 taxones (incluidos tanto estadios inmaduros como adultos), agrupados en 20 géneros, 23 familias, 12 órdenes y siete clases. La clase Insecta fue la más diversa en términos de riqueza, representado por el orden Diptera. Esto podría atribuirse a su capacidad para adaptarse a diversos microhábitats y entornos acuáticos con condiciones ambientales extremas. En cambio, el grupo no Insecta, presentó una baja riqueza de taxones.
2. El taxón *Hyaella* sp. (Hyalellidae: Amphipoda) fue la más abundante en todas las estaciones de muestreo y meses de estudio, con 67,34% del total. Seguido por *Alotanypus* sp. (Chironomidae: Diptera) con 7,35% y *Glosiiphoniidae* sp.1 (Hirudinea) con 6,41%, pero fluctuaron en cada estación y mes. A nivel de grupos, el grupo de no insectos fue la más abundante con 77,17% del total, mientras que el grupo Insecta solo representó el 22,83%. Por otra parte, los menos abundantes o raros fueron *Hemerodromia* sp. (Empididae: Diptera:), *Aphrosylus* sp. (Dolichopodidae: Diptera) e *Hydrachnidae* sp.1 (Prostigmata).
3. Los índices de diversidad de Shannon-Weaver (H') y Simpson (D) presentaron valores inferiores a 2 bits/indiv y superiores a 0,55 respectivamente. Lo cual refleja que la comunidad de macroinvertebrados de los arroyos del bofedal Minas Corral presenta una diversidad baja y, como consecuencia una distribución y abundancia heterogénea de taxones en las estaciones de muestreo y meses de estudio.
4. El índice de similitud (Bray-Curtis) reflejó una alta similitud en la composición y abundancia de taxones entre las estaciones permanentes, así como entre los meses con flujo de agua constante y aquellas con mayor periodo de flujo de agua, siendo esta similitud superior a 60%.

VII. RECOMENDACIONES

1. Continuar con estos estudios en ambientes lóticos relacionados con bofedales y arroyos altoandinos para comprender cómo responden la comunidad de macroinvertebrados acuáticos a los efectos del cambio climático y antrópicos.
2. Para comprender mejor la distribución y la dinámica de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, es necesario realizar estudios relacionándolos con las condiciones hidrológicas, las características fisicoquímicas del agua, tipos de microhábitats, competencias biológicas, recolonización y entre otros. y de este modo tener un panorama más amplio.
3. Realizar estudios sobre la distribución de *Hyaella* sp., *Alotanypus* sp y *Ectemnostega* sp. en los diferentes ecosistemas acuáticos, en particular en ambientes acuáticos de la cabecera de cuenca alta, ya que es probable que estos taxones se comporten como un indicador de la calidad ecológica del agua.
4. Se recomienda criar los macroinvertebrados acuáticos a fin de llegar con la identificación taxonómica hasta el nivel de especie. Además, esto permitiría una mejor aplicabilidad de las métricas en la bioindicación.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, 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*. [Tesis doctoral, Universidad de Barcelona, Facultad de Biología]. http://www.ub.edu/riosandes/docs/TESIS_RAUL_ACOSTA.pdf
- Ahumana, M., & Faúndez, L. (2009). *Guía descriptiva de los sistemas vegetacionales azonales hídricos terrestres de la ecorregión altiplánica (SVAHT)*. Santiago de Chile, Chile: Ministerio de Agricultura de Chile, Servicio Agrícola y Ganadero (SAG).
- Alonso Fernández, Á., & Camargo Benjumeda, J. A. (2005). *Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles*. España. <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/7901>
- Alzérreca, H., Prieto, G., Laura, J., Luna, D., & Laguna, S. (2001). *Características y distribución de los bofedales en el ámbito Boliviano*. [Informe de Consultoría]. La Paz, Bolivia: Asociación Integral de Ganaderos en Camélidos de los Andes Altos (AIGACAA), Autoridad Binacional del lago Titicaca.
- Begon, M., Howarth, R. W., & Townsend, C. R. (2014). *Essentials of Ecology*. John Wiley & Sons.
- Beisel, J.-N., Usseglio-Polatera, P., & Moreteau, J.-C. (2000). The spatial heterogeneity of a river bottom: A key factor determining macroinvertebrate communities. *Hydrobiologia*, 422-423, 163-171. <https://doi.org/10.1023/A:1017094606335>
- Brooks, A. J., Haeusler, T., Reinfelds, I., & Williams, S. (2005). Hydraulic microhabitats and the distribution of macroinvertebrate assemblages in riffles: Hydraulic microhabitats and macroinvertebrates. *Freshwater Biology*, 50(2), 331-344. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2004.01322.x>
- Brower, E., & Zar, H. (1984). *Field and laboratory methods for general ecology*. 226.
- Cárdenas, B. (2019). *Macroinvertebrados acuáticos en ambientes lénticos y característica fisicoquímica del agua en bofedales de la cabecera del río Apacheta, Cangallo, Ayacucho 2016*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/>
- Carrasco, C., Rayme, C., Alarcón, R.-P., Ayala, Y., Arana, J., & Aponte, H. (2020). Macroinvertebrados acuáticos en arroyos asociados con bofedales altoandinos, Ayacucho Perú. *Revista de Biología Tropical*, 68, 116-131. <https://doi.org/10.15517/rbt.v68is2.44344>
- Carrión, S. M. Á., & Rivera, L. P. (2007). *Evaluación de la calidad de agua mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del Yeguaré, Honduras*. (Tesis de Ingeniería en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente). Universidad de Zamorano. Honduras.
- Colwell, K. (2013). *EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples*. (Version 9) [Software]. OSF. <http://purl.oclc.org/estimates>.

- Cooper, D. J., Sueltenfuss, J., Oyague, E., Yager, K., Slayback, D., Caballero, E. M. C., Argollo, J., & Mark, B. G. (2019). Drivers of peatland water table dynamics in the central Andes, Bolivia and Peru. *Hydrological Processes*, 33, 1913-1925.
- Cummins, K. (1973). Trophic Relations of Aquatic Insects. *Annual Review of Entomology*, 18(1), 183-206. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.18.010173.001151>
- Cummins, K., Merritt, R., & Andrade, P. (2005). The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in selected streams and rivers in south Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 40(1).
- De la Lanza, G., & Hernández, S. (2011). *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (Bioindicadores)*. México: PYV.
- Díaz, V., Albariño, R., & Canhoto, C. (2012). Positive effect of shredders on microbial biomass and decomposition in stream microcosms. *Freshwater Biology*, 57(12), 2504-2513. <https://doi.org/10.1111/fwb.12023>
- Domínguez, E., & Fernández, H. R. (2009). *Macroinvertebrados bentónicos Sudamericanos. Sistemática y Biología*. Fundación Miguel Lillo.
- Domínguez, E., Molineri, C., & Nieto, C. (2009). *Macroinvertebrados bentónicos Sudamericanos. Sistemática y Biología* (pp. 55-93).
- Domínguez, E., Molineri, C., Pescador, M. L., Hubbard, M. D., & Nieto, C. (2006). *Ephemeroptera of South America*. In J. Adis, J. R. Arias, K. Wantzen, & G. Rueda (Eds.). *Aquatic Biodiversity of Latin America* (p. 332). Sofia-Moscow: Pensoft Press.
- Fierro, P., Bertrán, C., Mercado, M., Peña-Cortés, F., Tapia, J., Hauenstein, E., & Vargas-Chacoff, L. (2012). Benthic macroinvertebrate assemblages as indicators of water quality applying a modified biotic index in a spatio-seasonal context in a coastal basin of Southern Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 47(1), 23-33.
- Fiorio, D. (1996). Manejo de Agua y Conservación de Bofedales. Seminario Taller: Manejo Sostenible de Praderas Nativas Andinas. *Foro Boliviano para el Medio Ambiente y Desarrollo (PAC-C, FOBOMADE)*. Potosí, Bolivia, 131-138.
- Flores, D. (2014). *Guía de vigilancia ambiental: Con macroinvertebrados bentónicos*. IFS, ACSUR, GRUFIDES. Cajamarca, Perú. 59p. 16.
- Forero, D. (2017). *Macroinvertebrados bentónicos y su relación con la calidad del agua en la cuenca alta de Río Frío (Tabio, Cundinamarca)*. [Tesis de licenciatura]. Pontificia Universidad Javeriana.
- García, E., López, R., & Valenzuela, E. (1997). *Plan de Manejo de la Reserva Nacional de Fauna Ulla Ulla. Informe Técnico. Tomo II, Aspectos Biológicos (MDSMA, DNCB, CECI)*. La Paz, Bolivia.
- García, R. (2016). *Diversidad de macroinvertebrados bentónicos en la cuenca alta del Río Chillón (Lima, Perú) y su uso como indicadores biológicos* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/>

- Giorgi, A. D. N., & Tiraboschi, B. (1999). *Evaluación experimental del efecto de dos grupos de macroinvertebrados (anfípodos y gasterópodos) sobre algas epífitas*. *Ecología Austral*, 9(1), 35-44.
- Gobierno Regional Ayacucho. (2012). *Zonificación Ecológica Económica Ayacucho*. Ayacucho: Gobierno Regional de Ayacucho. [Text].
- Gómez, F. (2015). *Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad fisicoquímica del agua en un bofedal, distrito de Quinua*. Ayacucho 2015. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/>
- Gullan, P., & Cranston, P. (2010). *The insects and outline of entomology*. WileyBlackwell, 4th ed.
- Hanson, P., Springer, M., & Ramirez, A. (2010). Capítulo 1: Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical*, 58, 3-37.
- Henriques, A. L., Nessimian, J. L., & Dorvillé, L. F. M. (2003). Feeding habits of Chironomid larvae (Insecta: Diptera) from a stream in the Floresta da Tijuca, Rio de Janeiro, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 63, 269-281. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842003000200012>
- Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña. (2023). *Memoria Descriptiva del Inventario Nacional de Bofedales*. Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña. Huaraz: INAIGEM.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales. (1994). *Mapa Ecológico del Perú*. Lima, Perú.
- Jacobsen, D. (2008). Tropical High-Altitude Streams. In DUDGEON, D. *En Tropical Stream Ecology: Vol. VIII* (pp. 219-256).
- Jacobsen, D., & Encalada, A. (1998). The macroinvertebrate fauna of Ecuadorian highland streams in the wet and dry season. *Archiv Für Hydrobiologie*, 53-70. <https://doi.org/10.1127/archiv-hydrobiol/142/1998/53>
- Jacobsen, D., & Marín, R. (2007). Bolivian Altiplano streams with low richness of macroinvertebrates and large diel fluctuations in temperature and dissolved oxygen. *Aquatic Ecology*, 42, 643-656. <https://doi.org/10.1007/s10452-007-9127-x>
- Ladle, M., Welton, J. S., & Bass, J. a. B. (1980). Invertebrate colonisation of the gravel substratum of an experimental recirculating channel. *Ecography*, 3(2), 116-123. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.1980.tb00717.x>
- Ladrera, R. (2012). *Los Macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos*. *Páginas de Información Ambiental*. Barcelona. España.
- Lara, R., & Lenis, A. (1996). *Identificación y caracterización de bofedales en los Lípez-Potosí*. Seminario Taller Manejo Sostenible de Praderas Nativas Andinas. Potosí, Bolivia: Programa de Autodesarrollo Campesino-Fase Consolidación, Foro Boliviano para el Medioambiente y Desarrollo (PACC, FOBOMADE).

- Lenat, D., & Resh, V. (2001). Taxonomy and Stream Ecology: The Benefits of Genus- and Species-Level Identifications. *Journal of the North American Benthological Society*, 20, 287-298. <https://doi.org/10.2307/1468323>
- Li, L., Zheng, M., & Liu, L. (2010). Biomonitoring and Bioindicators Used for River Ecosystems: Definitions, Approaches and Trends. *Procedia Environmental Sciences*, 2, 1510-1524. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2010.10.164>
- Magurran, A. E. (2014). *Measuring biological diversity*. New Jersey: Blackwell Science Ltd.
- Maldonado, F. (2016). *Comportamiento de la vegetación de los bofedales influenciados por las actividades antrópicas*.
- Maldonado, M. S. (2014). *An introduction to the bofedales of the Peruvian High Andes*. *Mires and Peat*, 15. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v68s2/0034-7744-rbt-68-s2-116.pdf>
- McCafferty, W. P. (1983). *Aquatic Entomology: The fishermen's and ecologists' illustrated guide to insect their relatives (en línea)*. Boston - USA, Jones & Bartlett Learning.
- Merritt, R. W., & Cummins, K. W. (Eds.). (1996). *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. 3ª ed. Estados Unidos: Editorial Richard W. Merritt.
- Merritt, R. W., Cummins, K. W., & Berg, M. B. (2008). *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. (United States of America: Kendall/Hunt Publishing Company).
- Metcalfe, J. (1989). Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrate communities: History and present status in Europe. *Environmental Pollution*, 60(1), 101-139.
- Ministerio del Ambiente. (2015a). *Estrategia Nacional de Humedales*. Lima, Perú. Ministerio del Ambiente.
- Ministerio del Ambiente. (2015b). *Guía de Inventario de la Fauna Silvestre*. Lima. Ministerio del Ambiente.
- Ministerio del Ambiente. (2015c). *Mapa nacional de cobertura vegetal: Memoria descriptiva*. Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. Lima:Ministerio del Ambiente.
- Ministerio del Ambiente. (2019). *Guía de evaluación del estado del Ecosistema de bofedal*.
- Ministerio del Ambiente. (2014). *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: Plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú.*, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, 2014.75 p.
- Molina, C. I., Gibon, F.-M., Pinto, J., & Rosales, C. (2008). Estructura de macroinvertebrados acuáticos en un río altoandino de la cordillera real, Bolivia: Variación anual y longitudinal en relación a factores ambientales. *Ecología Aplicada*, 7(1-2), 105-116.
- Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. [Ed.] UNESCO - Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA) Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo—Oficina Regional de Ciencia y

- Tecnología para América Latina y el Caribe. Primera Edición: Vol. 1. España: M&T – Manuales y Tesis SEA (Vol. 1).
- Mosquera, G. M., Céleri, R., Lazo, P. X., Vaché, K. B., Perakis, S. S., & Crespo, P. (2016). Combined use of isotopic and hydrometric data to conceptualize ecohydrological processes in a high-elevation tropical ecosystem. *Hydrological Processes*, 30, 2930-2947.
- Negishi, J., & Richardson, J. (2003). Responses of Organic Matter and Macroinvertebrates to Placements of Boulder Clusters in a Small Stream of Southwestern British Columbia, Canada. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences - CAN J FISHERIES AQUAT SCI*, 60, 247-258. <https://doi.org/10.1139/f03-013>
- Nieto, C. (2016). Patrones espaciales en comunidades de macroinvertebrados acuáticos de la Puna Argentina. *Revista de Biología Tropical*, 64(2), 747. <https://doi.org/10.15517/rbt.v64i2.18801>
- Nieto, C., Malizia, A., Carilla, J., Izquierdo, A., Rodríguez, J., Cuello, S., Zannier, M., & Grau, H. R. (2016). Patrones espaciales en comunidades de macroinvertebrados acuáticos de la Puna Argentina. *Revista de Biología Tropical*, 64(2), 747-762. <https://doi.org/10.15517/rbt.v64i2.18801>
- Oceguera, F. (2007). *Especie nueva de sanguijuela del género Helobdella (Rhynchobdellida: Glossiphoniidae) del lago de catemaco, veracruz, méxico*. 23(1), 15-22.
- Oscanoa, C. A. L., Torres, J. A. P., & Changana, P. J. R. (2022). Análisis crítico del uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad del agua en el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. *Revista Kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente*, 9, 140-153. <https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.202201.007>
- Portal, E. (2019). *Influencia de la Napa freática sobre la vegetación y capacidad de carga animal en bofedales altoandinos* [Tesis doctoral, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/>
- Prat, N., Rieradevall, M., & Villamarín, C. (2011). *Guía para el reconocimiento de las larvas de Chironomidae (Diptera) de los ríos altoandinos de Ecuador y Perú. (P. 78)*. Grupo de Investigación FEM Departamento de Ecología, Universidad de Barcelona.
- Prat, N., Ríos, B., Acosta, R., & Rieradevall, M. (2009). *Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas*. En Fernández, H & E Domínguez (eds.), *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos Sistemática y biología*. Tucumán: Fund. Miguel Lillo.
- Rajakaruna, H., Drake, A., Chan, F., & Bailey, S. (2016). *Optimizing performance of nonparametric species richness estimators under constrained sampling*. 7311-7322.
- Ramírez, A., & Gutiérrez, F. (2014). *Grupos de alimentación funcional de familias de insectos acuáticos en América Latina: Un análisis crítico y revisión de la literatura existente* | *Revista de Biología Tropical*.
- Remache, C. (2020). *Determinación de la Calidad de Agua en áreas circundantes a la Represa del Pañe,—Arequipa, empleando Macroinvertebrados Acuáticos como Bioindicadores (noviembre, diciembre 2017 – abril 2018)*.

- [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].
<https://repositorio.unsa.edu.pe/home>
- Ricra, E. (2019). *Macroinvertebrados acuáticos y características fisicoquímicas del agua en bofedales. Apacheta, Cangallo, Ayacucho 2016 – 2017*. [Tesis de licenciatura]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Rivera, J. J., Pinilla, G. A., & Camacho, D. L. (2013). *Ensamblaje de macroinvertebrados acuáticos y su relación con las variables físicas y químicas en el humedal de Jaboque-Colombia*. 35(2), 389-408.
- Roldán, G. (2003). *Bioindicación de la Calidad del Agua en Colombia. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia*.
- Roldán, G. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical* (2a. ed). Editorial Universidad de Antioquia.
- Sabater, S., & Elosegí, A. (2009). *El río como ecosistema. En: Elosegí, A.; Sabater, S. (eds). Conceptos y técnicas en ecología fluvial. Ed. Fundación BBVA. (España). P.23-37*.
- Salvador, F., Moneris, J., & Rochefort, L. (2014). Peatlands of the Peruvian Puna ecoregion: Types, characteristics and disturbance. *Mires and Peat*, 15.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2021). *Climas del Perú: Mapa de clasificación climática nacional*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.
- Silva, P. M., & Huamantingo, A. A. (2022). Preferencia de microhábitat y gremios tróficos de macroinvertebrados acuáticos en ríos altoandinos, Ayacucho, Perú. *Limnetica*, 41(1), 1-16. <https://doi.org/10.23818/limn.41.01>
- Smith, R., & Smith, T. (2001). *Ecología* (Cuarta edición). Editorial Madrid.
- Tomanova, S., Goitia, E., & Helešić, J. (2006). Trophic Levels and Functional Feeding Groups of Macroinvertebrates in Neotropical Streams. *Hydrobiologia*, 556(1), 251-264. <https://doi.org/10.1007/s10750-005-1255>.
- Vannote, R. L., & Cummins, K. W. (1980). The River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries & Aquatic Research*, 37(130-137).
- Vidal, L. F., Delgado, J., & Andrade, G. I. (2013). Factores de la vulnerabilidad de los humedales altoandinos de Colombia al cambio climático global. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 22(2).
- Villamarín, F. (2008). *Estructura y composición de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en ríos altoandinos de Ecuador y Perú. Diseño de un sistema de medida de la calidad del agua con índices multimétricos* [Tesis doctoral, Universidad de Barcelona, Facultad de Biología]. <https://www.tdx.cat/handle/10803/83923>
- Vimos, D. (2017). *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 Politècnica de València]. <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/86217>
- Voelz, N. J., & McArthur, J. V. (2000). An exploration of factors influencing lotic insect species richness. *Biodiversity & Conservation*, 9(11), 1543-1570. <https://doi.org/10.1023/A:1008984802844>
- Walker, B., & Salt, D. (2012). *Resilience Practice: Building Capacity to Absorb Disturbance and Maintain Function*.

ANEXOS

Anexo 1. Resultado de la prueba de normalidad para los datos de la abundancia de la comunidad macroinvertebrada acuática en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, Vinchos, Huamanga, Ayacucho 2017 – 2018.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

Taxones	N	Parámetros normales ^{a, b}		Máximas diferencias extremas			Estadístico de prueba	Sig. asin. (bilateral) ^c
		Media	Desv.	Absoluta	Positivo	Negativo		
<i>Cleodes</i> sp.	64	4,44	18,230	0,404	0,391	-0,404	0,404	0,000
<i>Aeshna</i> sp.	64	1,88	4,355	0,333	0,330	-0,333	0,333	0,000
<i>Acanthagrion</i> sp.	64	0,06	0,244	0,539	0,539	-0,399	0,539	0,000
<i>Ectemnostega</i> sp.	64	15,48	28,794	0,295	0,293	-0,295	0,295	0,000
<i>Antarctoecia</i> sp.	64	2,19	6,281	0,434	0,434	-0,364	0,434	0,000
<i>Alotanypus</i> sp.	64	16,42	25,604	0,303	0,303	-0,261	0,303	0,000
<i>Dicrotendipes</i> sp.	64	2,78	4,978	0,288	0,264	-0,288	0,288	0,000
<i>Pedrowygomia</i> sp.	64	0,17	0,579	0,507	0,507	-0,383	0,507	0,000
<i>Pentaneura</i> sp.	64	0,42	1,833	0,450	0,450	-0,409	0,450	0,000
<i>Rheotanyarsus</i> sp.	64	1,08	2,762	0,371	0,371	-0,348	0,371	0,000
<i>Aphrosylus</i> sp.	64	0,02	0,125	0,534	0,534	-0,450	0,534	0,000
<i>Hemerodromia</i> sp.	64	0,02	0,125	0,534	0,534	-0,450	0,534	0,000
<i>Limnophora</i> sp.	64	0,08	0,270	0,536	0,536	-0,386	0,536	0,000
<i>Lispe</i> sp.	64	0,06	0,302	0,535	0,535	-0,418	0,535	0,000
<i>Tabanus</i> sp.	64	0,08	0,270	0,536	0,536	-0,386	0,536	0,000
<i>Limonia</i> sp.	64	0,03	0,175	0,539	0,539	-0,429	0,539	0,000
<i>Curculionidae</i> sp.1	64	0,59	1,466	0,376	0,376	-0,343	0,376	0,000
<i>Curculionidae</i> sp.2	64	0,03	0,250	0,534	0,534	-0,450	0,534	0,000
<i>Lancetes</i> sp.	64	6,84	7,806	0,190	0,171	-0,190	0,190	0,000
<i>Austrelmis</i> sp.	64	1,61	5,242	0,421	0,421	-0,379	0,421	0,000
<i>Tropisternus</i> sp.	64	0,19	0,560	0,506	0,506	-0,369	0,506	0,000
<i>Hyalella</i> sp.	64	252,19	239,970	0,215	0,215	-0,147	0,215	0,000
<i>Hydrachnidae</i> sp.1	64	0,02	0,125	0,534	0,534	-0,450	0,534	0,000
<i>Hydrachnidae</i> sp.2	64	0,17	0,808	0,506	0,506	-0,416	0,506	0,000
<i>Glosiophoniidae</i> sp.1	64	15,23	23,884	0,268	0,268	-0,262	0,268	0,000
<i>Lumbriculiidae</i> sp.1	64	0,22	0,701	0,513	0,513	-0,377	0,513	0,000
<i>Tubifex</i> sp.	64	4,78	13,803	0,395	0,395	-0,365	0,395	0,000
<i>Sphaeriidae</i> sp.1	64	2,94	8,374	0,388	0,388	-0,363	0,388	0,000

a. La distribución de prueba es normal.

b. Se calcula a partir de datos.

c. Corrección de significación de Lilliefors.

d. El método de Lilliefors basado en las muestras 10000 Monte Carlo con la semilla de inicio 2000000.

Anexo 2. Abundancia relativa y desviación estándar de la comunidad macroinvertebrada acuática en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, Vinchos, Huamanga, Ayacucho 2017 – 2018.

Taxones	Media	Mínimo	Máximo
<i>Cleodes</i> sp.	0,88	0,00	19,03
<i>Aeshna</i> sp.	0,99	0,00	13,87
<i>Acanthagrion</i> sp.	0,02	0,00	0,57
<i>Ectemnostega</i> sp.	4,40	0,00	27,12
<i>Antarctoecia</i> sp.	1,65	0,00	27,85
<i>Alotanypus</i> sp.	7,35	0,00	48,97
<i>Dicrotendipes</i> sp.	1,40	0,00	13,71
<i>Pedrowygomyia</i> sp.	0,19	0,00	8,11
<i>Pentaneura</i> sp.	0,67	0,00	37,84
<i>Rheotanytarsus</i> sp.	0,57	0,00	9,43
<i>Aphrosylus</i> sp.	0,00	0,00	0,17
<i>Hemerodromia</i> sp.	0,02	0,00	1,04
<i>Limnophora</i> sp.	0,05	0,00	0,94
<i>Lispe</i> sp.	0,03	0,00	0,99
<i>Tabanus</i> sp.	0,05	0,00	1,03
<i>Limonia</i> sp.	0,02	0,00	0,63
<i>Curculionidae</i> sp.1	0,29	0,00	5,45
<i>Curculionidae</i> sp.2	0,02	0,00	1,36
<i>Lancetes</i> sp.	2,39	0,00	8,70
<i>Austrelmis</i> sp.	1,67	0,00	38,37
<i>Tropisternus</i> sp.	0,17	0,00	5,88
<i>Hyalella</i> sp.	67,34	0,00	99,88
<i>Hydrachnidae</i> sp.1	0,01	0,00	0,57
<i>Hydrachnidae</i> sp.2	0,09	0,00	4,08
<i>Glosiiphoniidae</i> sp.1	6,41	0,00	57,26
<i>Lumbriculiidae</i> sp.1	0,23	0,00	5,41
<i>Tubifex</i> sp.	2,15	0,00	34,98
<i>Sphaeriidae</i> sp.1	0,94	0,00	10,53

Anexo 3. Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis de la abundancia relativa de la comunidad macroinvertebrada acuática entre las estaciones de muestreo en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, Vinchos, Huamanga, Ayacucho 2017 – 2018.

Estadísticos de prueba^{a,b}

Taxones	H de Kruskal-Wallis	gl	Sig. asin.
<i>Cleodes</i> sp.	8,864	8	0,354
<i>Aeshna</i> sp.	8,537	8	0,383
<i>Acanthagrion</i> sp.	7,917	8	0,442
<i>Ectemnostega</i> sp.	11,523	8	0,174
<i>Antarctoecia</i> sp.	8,205	8	0,414
<i>Alotanypus</i> sp.	10,915	8	0,207
<i>Dicrotendipes</i> sp.	6,783	8	0,560
<i>Pedrowygomyia</i> sp.	4,869	8	0,771
<i>Pentaneura</i> sp.	3,393	8	0,907
<i>Rheotanytarsus</i> sp.	2,580	8	0,958
<i>Aphrosylus</i> sp.	4,818	8	0,777
<i>Hemerodromia</i> sp.	15,000	8	0,059
<i>Limnophora</i> sp.	5,460	8	0,708
<i>Lispe</i> sp.	6,471	8	0,595
<i>Tabanus</i> sp.	18,773	8	0,016
<i>Limonia</i> sp.	8,638	8	0,374
<i>Curculionidae</i> sp.1	10,683	8	0,220
<i>Curculionidae</i> sp.2	4,333	8	0,826
<i>Lancetes</i> sp.	8,246	8	0,410
<i>Austrelmis</i> sp.	8,990	8	0,343
<i>Tropisternus</i> sp.	8,452	8	0,391
<i>Hyalella</i> sp.	10,390	8	0,239
<i>Hydrachnidae</i> sp.1	4,818	8	0,777
<i>Hydrachnidae</i> sp.2	6,260	8	0,618
<i>Glosiophoniidae</i> sp.1	20,721	8	0,008
<i>Lumbriculiidae</i> sp.1	9,514	8	0,301
<i>Tubifex</i> sp.	11,559	8	0,172
<i>Sphaeriidae</i> sp.1	17,769	8	0,023

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Estación de muestreo

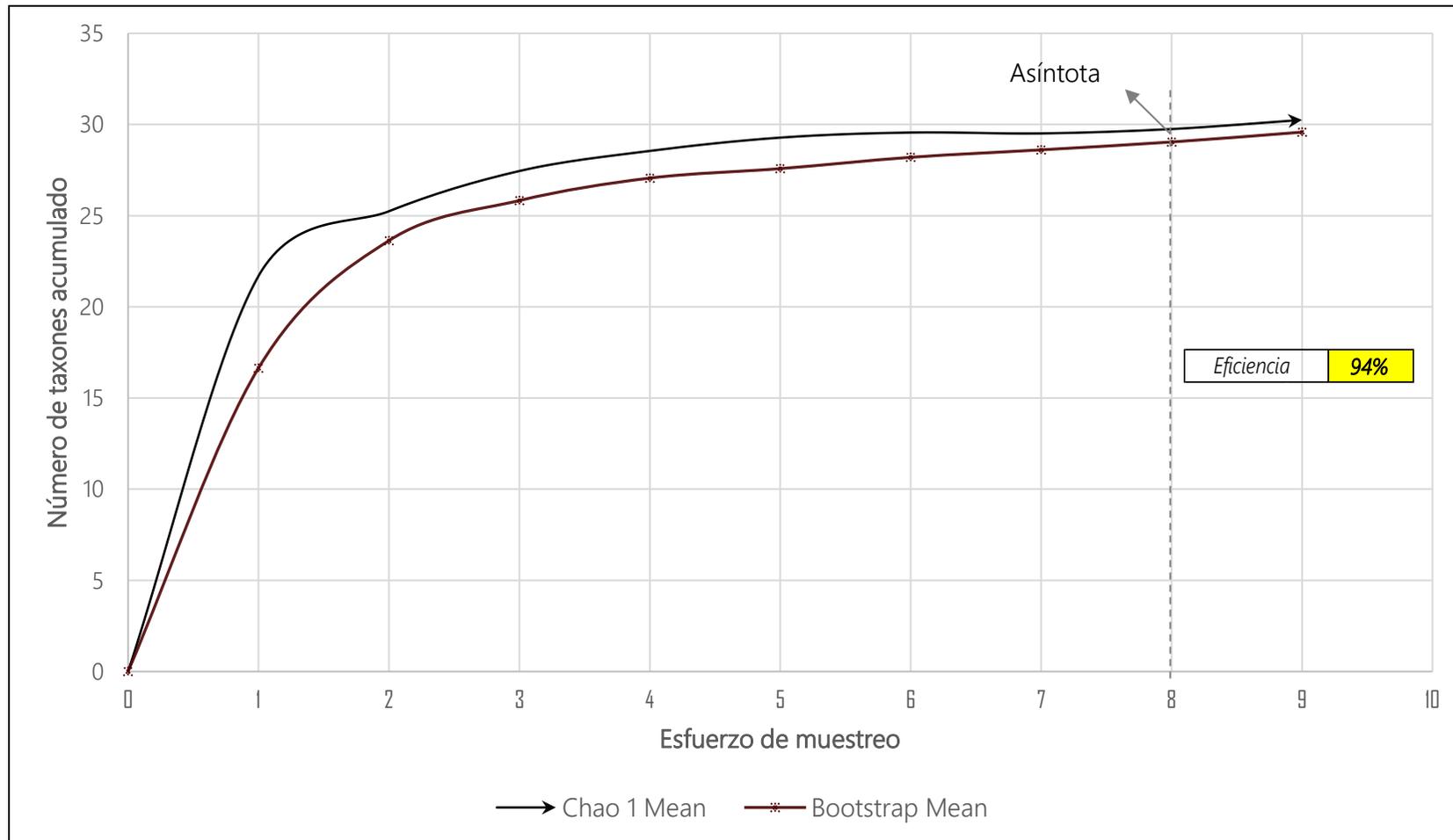
Anexo 4. Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis de la abundancia relativa de la comunidad macroinvertebrada acuática entre los meses de estudio en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, Vinchos, Huamanga, Ayacucho 2017 – 2018.

Estadísticos de prueba^{a, b}			
Taxones	H de Kruskal-Wallis	gl	Sig. asin.
<i>Cleodes</i> sp.	24,053	11	0,013
<i>Aeshna</i> sp.	8,616	11	0,657
<i>Acanthagrion</i> sp.	37,794	11	0,000
<i>Ectemnostega</i> sp.	21,303	11	0,030
<i>Antarctoecia</i> sp.	27,890	11	0,003
<i>Alotanypus</i> sp.	11,770	11	0,381
<i>Dicrotendipes</i> sp.	13,575	11	0,257
<i>Pedrowygomysia</i> sp.	17,285	11	0,100
<i>Pentaneura</i> sp.	18,747	11	0,066
<i>Rheotanytarsus</i> sp.	24,235	11	0,012
<i>Aphrosylus</i> sp.	20,333	11	0,041
<i>Hemerodromia</i> sp.	6,111	11	0,866
<i>Limnophora</i> sp.	15,270	11	0,170
<i>Lispe</i> sp.	11,130	11	0,432
<i>Tabanus</i> sp.	8,409	11	0,676
<i>Limonia</i> sp.	5,194	11	0,921
<i>Curculionidae</i> sp.1	21,749	11	0,026
<i>Curculionidae</i> sp.2	6,111	11	0,866
<i>Lancetes</i> sp.	26,140	11	0,006
<i>Austrelmis</i> sp.	19,854	11	0,047
<i>Tropisternus</i> sp.	24,827	11	0,010
<i>Hyaella</i> sp.	17,284	11	0,100
<i>Hydrachnidae</i> sp.1	15,000	11	0,182
<i>Hydrachnidae</i> sp.2	15,121	11	0,177
<i>Glosiiphoniidae</i> sp.1	16,243	11	0,132
<i>Lumbriculiidae</i> sp.1	9,334	11	0,591
<i>Tubifex</i> sp.	12,516	11	0,326
<i>Sphaeriidae</i> sp.1	21,300	11	0,030

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Mes de muestreo

Anexo 5. Curva de acumulación de taxones de la comunidad macroinvertebrada acuática en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, Vinchos, Huamanga, Ayacucho 2017 – 2018.



Anexo 6. Fotografías del área de estudio y ambientes de aguas corrientes (arroyos) de bofedal Minas Corral.



Vista panorámica del bofedal Minas Corral, Vinchos, Ayacucho.



Vista panorámica de la forma longitudinal y transversal del cauce del ambiente de aguas corrientes (arroyos) del bofedal Minas Corral.

Anexo 7. Fotografías del proceso de separación e identificación de los macroinvertebrados acuáticos en el Laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica (BioSIG).



Separación de taxones según sus características morfológicas fácilmente observables en el Laboratorio de Biodiversidad y Sistemas de Información Geográfica (BioSIG) -UNSCH.



Identificación de taxones con ayuda de claves taxonómicas especializadas disponibles en el Laboratorio de Biodiversidad y Sistemas de Información Geográfica (BioSIG) -UNSCH.

Anexo 8. Características morfológicas de importancia taxonómica del orden Ephemeroptera (familia Baetidae) y Odonata (familia Aeshnidae y Coenagrionidae).



Familia Baetidae, género *Cleodes* sp: A), larva (vista lateral). B), labro, C), maxila. D), uña de la pata anterior. E), branquia laminar. F), filamentos caudales. **Aeshnidae**, género *Aeshna* sp: G), larva (vista dorsal). H y K), labio. I y L), palpo labial derecho. **Coenagrionidae**, taxón *Coenagrionidae* sp. J), larva (vista dorsal).

Anexo 9. Características morfológicas de importancia taxonómica del orden Hemiptera (familia Corixidae) y Trichoptera (familia Limnephilidae).



Familia Corixidae, género *Ectemnostega* sp: A), larva (vista dorsal). B), primera pata derecho (vista ventral). C), abdomen (vista dorsal). **Limnephilidae, género *Antarctoecia* sp:** D), larva (vista lateral). E), capullo. F), cabeza. G), pata anterior izquierda. H), cuerno prosternal. I), segmento abdominal IX vista ventral.

Anexo 10. Características morfológicas de importancia taxonómica del orden Diptera (familia Chironomidae, Simuliidae, Chironomidae, Dolichopodidae, Empididae, Muscidae, Tabanidea y Limoniidae).



Familia Chironomidae, género *Alotanypus* sp: A), larva (vista lateral). B), cabeza. C), a: mentón con el órgano triangular; b: sedas dorsometales. D), lígula. Género ***Dicrotendipes* sp:** E), larva (vista lateral). F), antena. G), mentón. H), mandíbula izquierda. Género ***Pentaneura* sp:** I), larva (vista dorsal). J), mandíbula. K), lígula. L), extremo caudal, seudópodos.



Género *Rheotanytarsus sp*: M), larva. N), antena. O), mentón. P), mandíbula derecha. **Simuliidae**, género *Pedrowygomia sp*: Q), larva. R), cabeza. S), antena. T), hipostomio. **Dolichopodidae**, género *Aphrosylus sp*: U), larva. **Empididae**, género *Hemerodromia sp*: V), larva. **Muscidae**, género *Limnophora sp*: W), larva. Género *Lispe sp*: X), larva. Y), cabeza. **Tabanidea**, género *Tabanus sp*: Z), larva. **Limonidae**, género *Limonia sp*: Aa), larva.

Anexo 11. Características morfológicas de importancia taxonómica del orden Coleoptera (familia Curculionidae, Dytiscidae, Elmidae y Hydrophilidae).



Familia Curculionidae, morfoespecie *Curculionidae sp.1*: A), adulto (vista lateral), morfoespecie *Curculionidae sp.2*: B), adulto (vista ventral). C), adulto (vista lateral). **Dytiscidae**, género *Lancetes sp*: D), larva (vista dorsal). E), cabeza. F), setas de la pata anterior. G), cercos abdominales. **Elmidae**, género *Austrelmis sp*: H), larva (vista general). I), opérculo y agallas filamentosas. **Hydrophilidae**, género *Tropisternus sp*: J y K), adulto (vista dorsal y ventral).

Anexo 12. Características morfológicas del orden Amphipoda, Prostigmata, Hirudinea, Lumbriculida, Haplotaxida y Sphaeriida.



Familia Hyalellidae, género *Hyalella* sp: A), adulto (vista general). **Hydrachnidae**, morfoespecie *Hydrachnidae* sp.1: B), vista dorsal. C), vista ventral, morfoespecie *Hydrachnidae* sp.2: D), vista dorsal. E), vista ventral. **Glossiphoniidae**, morfoespecie *Glossiphoniidae* sp.1: F), vista general. **Lumbriculidae**, morfoespecie *Lumbriculidae* sp.1: G), vista general. **Tubificidae**, género *Tubifex* sp: H), vista general. **Sphaeriidae**, morfoespecie *Sphaeriidae* sp.1: I), vista general.

Anexo 13. Matriz de consistencia

TÍTULO: Comunidad macroinvertebrada acuática en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, Vinchos, Ayacucho 2017 - 2018.

AUTOR: Bach. Huayhuameza Quispe, Moisés

ASESOR: Dr. Carrasco Badajoz, Carlos Emilio

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
¿Cuál es la estructura de la comunidad macroinvertebrada acuática en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, Vinchos, Ayacucho, durante los meses de setiembre de 2017 a agosto de 2018?	<p>Objetivo general: Evaluar la estructura de la comunidad macroinvertebrada acuática en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, Vinchos, Huamanga, Ayacucho durante los meses de setiembre 2017 a agosto 2018.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar la composición a nivel de familia y/o género de la comunidad macroinvertebrada acuática en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral. • Cuantificar la abundancia relativa de los componentes (familia y/o género) de la comunidad macroinvertebrada acuática en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral. • Determinar la diversidad alfa (riqueza específica, índice de Simpson, Shannon- Weaver) de la comunidad macroinvertebrada acuática en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral. • Determinar la diversidad beta (índice de similitud de Bray-Curtis) de la comunidad macroinvertebrada acuática en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral. 	<p>2.1. Antecedentes</p> <p>2.2. Marco conceptual</p> <p>2.3. Bases teóricas</p> <p>2.3.1. Bofedal</p> <p>2.3.1.1. Funciones ecológicas de los bofedales</p> <p>2.3.2. Bofedal a nivel nacional y regional</p> <p>2.3.3. Macroinvertebrados acuáticos</p> <p>2.3.3.1. Hábitat acuático</p> <p>2.3.3.2. Modos de vida</p> <p>2.3.3.3. Grupos funcionales de alimentación</p> <p>2.3.3.4. Importancia ecológica</p> <p>2.3.3.5. Principales grupos</p> <p>2.3.3.6. Uso como indicadores</p> <p>2.3.4. Índice de diversidad alfa</p> <p>2.3.4.1. Riqueza específica</p> <p>2.3.4.2. Índice de diversidad de Shannon - Weaver (H')</p> <p>2.3.4.3. Índice de Simpson (Dominancia)</p> <p>2.3.5. Índice de diversidad beta</p> <p>2.3.5.1. Índice de similitud de Bray-Curtis</p> <p>2.3.6. Marco legal</p>	<p>La comunidad macroinvertebrada acuática en ambientes de aguas corrientes (arroyos) del bofedal Minas Corral varían en composición y abundancia según las estaciones de muestreo y los meses de estudio.</p>	<p>Variable: Macroinvertebrados acuáticos en ambientes de aguas corrientes del bofedal</p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Composición - Número de familia y/o género. • Abundancia (%) - Número de individuos por unidad de esfuerzo • Diversidad alfa - Índice de Simpson (D) - Índice de Shannon-Weaver (H') • Diversidad beta - Índice de similitud (Bray-Curtis) 	<p>• Tipo de investigación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Básica <p>• Nivel de investigación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Descriptiva <p>• Método:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cuantitativo <p>• Diseño:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Descriptivo <p>• Población:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Comunidad macroinvertebrada acuática en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, setiembre 2017 a agosto 2018. <p>• Muestra:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 64 muestras de macroinvertebrados acuáticos, colectados de nueve estaciones de muestreo. <p>• Tipo de muestreo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinístico y aleatorio sistemático <p>Técnica:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Barrido por un minuto <p>• Instrumentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Red de tipo D – net - Estereoscopio - Equipos y otros - Claves taxonómicas



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. MOISES HUAYHUAMEZA QUISPE
RESOLUCIÓN DECANAL Nº 032-2024-UNSCH-FCB-D

En la ciudad de Ayacucho, siendo las cinco de la tarde del veintiséis de enero del año dos mil veinticuatro; se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, presidido por el Dr. Saturnino Martín TENORIO BAUTISTA; MS. Elmer Alcides AVALOS PÉREZ (Miembro-Jurado); Mg. Yuri Oliver AYALA SULCA (Miembro-Jurado); Dr. Raúl Antonio MAMANI AYCACHI (Miembro - 4to Jurado); Dr. Carlos Emilio CARRASCO BADAJOZ (Miembro - Asesor); actuando como secretario docente el Mg. Jime Jack RIVERA VILLAR; para presenciar la sustentación de tesis titulada: **“Comunidad macroinvertebrada acuática en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, Vinchos, Ayacucho 2017-2018”**; presentado por el Bach. MOISES HUAYHUAMEZA QUISPE; el presidente 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 al acto de sustentación, indicando al sustentante que dispone de cuarenta y cinco minutos para exponer su trabajo de investigación tal como establece el Reglamento de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Biología. Culminada la exposición, el presidente invitó a cada uno de los Miembros del Jurado a participar con sus observaciones, sugerencias y preguntas al sustentante. Culminada esta etapa, el presidente invitó al sustentante y al público asistente a abandonar momentáneamente el Auditorio para que los miembros del jurado evaluador puedan realizar las deliberaciones y calificaciones, cuyos resultados son los que se consignan a continuación:

Miembros del Jurado Evaluador	Exposición	Respuesta/preguntas	Promedio
MS. Elmer Alcides AVALOS PÉREZ	15	12	14
Mg. Yuri Oliver AYALA SULCA	17	15	16
Dr. Raúl Antonio MAMANI AYCACHI	18	17	18
PROMEDIO FINAL			16

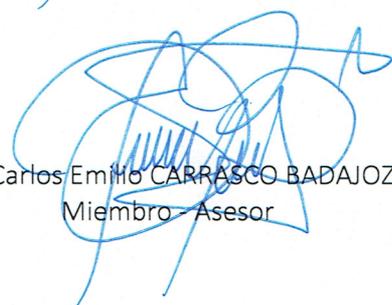
El sustentante alcanzó el promedio de 16 aprobatorio. Acto seguido, el presidente autorizó el ingreso del sustentante y el público al Auditorio dando a conocer los resultados, e indicando que de este modo se da por finalizado el presente acto académico, siendo las la siete y treinta de la noche; firmando al pie del presente en señal de conformidad.


Dr. Saturnino Martín TENORIO BAUTISTA
Presidente


MS. Elmer Alcides AVALOS PÉREZ
Miembro - Jurado


Mg. Yuri Oliver AYALA SULCA
Miembro - Jurado


Dr. Raúl Antonio MAMANI AYCACHI
Miembro - Jurado


Dr. Carlos Emilio CARRASCO BADAJOZ
Miembro - Asesor


Mg. Jime Jack RIVERA VILLAR
Secretario - Docente



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

DECANATURA - ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

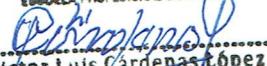
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

N° 26-2024-FCB-D

Yo, VÍCTOR LUIS CÁRDENAS LÓPEZ, 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: **Comunidad macroinvertebrada acuática en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, Vinchos, Ayacucho 2017 - 2018** por **MOISES HUAYHUAMEZA QUISPE**; he constatado por medio del uso de la herramienta TURNITIN, procesado CON DEPÓSITO, una similitud de 13%, 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 N° 039-2021-UNSCH-C.

En tal sentido, 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, 7 de marzo de 2024.


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA


Dr. Víctor Luis Cárdenas López
DIRECTOR

Comunidad macroinvertebrada
acuática en ambientes de
aguas corrientes del bofedal
Minas Corral, Vinchos,
Ayacucho 2017 - 2018
por MOISES HUAYHUAMEZA QUISPE

Fecha de entrega: 07-mar-2024 04:42p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2314575218

Nombre del archivo: HUAYHUAMEZA-QUISPE-Mois_s-pregrado_Tesis-2024_TURNITIN_1.pdf (2.09M)

Total de palabras: 14276

Total de caracteres: 77491

Comunidad macroinvertebrada acuática en ambientes de aguas corrientes del bofedal Minas Corral, Vinchos, Ayacucho 2017 - 2018

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	3%
3	bdigital.uniquindio.edu.co Fuente de Internet	2%
4	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	2%
5	repositorio.upch.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	apps1.semarnat.gob.mx:8443 Fuente de Internet	<1%
8	sedici.unlp.edu.ar Fuente de Internet	<1%

9

Submitted to Organismo de Evaluación y
Fiscalización

Trabajo del estudiante

<1 %

10

repositorio.uraccan.edu.ni

Fuente de Internet

<1 %

11

www.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo