



**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA**

DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS Y SU USO COMO  
INDICADORES DE CALIDAD DE AGUA EN UN TRIBUTARIO DE PRIMER  
ORDEN DEL RÍO RÍMAC, DISTRITO DE SAN JERÓNIMO DE SURCO (LIMA –  
PERÚ)

**Línea de investigación:**

**Biodiversidad, ecología y conservación**

Tesis para optar por el Título Profesional de Licenciado en Biología

**Autor:**

Leiva Costa, Joseph David

**Asesor:**

Iannacone Oliver, José Alberto

ORCID: 0000-0003-3699-4732

**Jurado:**

Scotto Espinoza, Carlos Jesus

Bohorquez Meza, Isabel Doris

Murrugarra Bringas, Victoria Ysabel

**Lima - Perú**

**2022**

**Referencia:**

Leiva, J. (2021) Diversidad de macroinvertebrados bentónicos y su uso como indicadores de calidad de agua en un tributario de primer orden del Río Rímac, distrito de San Jerónimo de Surco (Lima-Perú) [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/6187>



**Reconocimiento - No comercial - Sin obra derivada (CC BY-NC-ND)**

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede generar obras derivadas ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

**VRIN** | VICERRECTORADO  
DE INVESTIGACIÓN

**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA**

**DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS Y SU USO COMO  
INDICADORES DE CALIDAD DE AGUA EN UN TRIBUTARIO DE PRIMER  
ORDEN DEL RÍO RÍMAC, DISTRITO DE SAN JERÓNIMO DE SURCO (LIMA –  
PERÚ)**

**Línea de investigación:**

Biodiversidad, ecología y conservación.

Tesis para optar por el Título Profesional de Licenciado en Biología

**Autor:**

Leiva Costa, Joseph David

**Asesor:**

Iannacone Oliver, José Alberto

ORCID: 0000-0003-3699-4732

**Jurado:**

Scotto Espinoza, Carlos Jesus

Bohorquez Meza, Isabel Doris

Murugarra Bringas, Victoria Ysabel

**Lima - Perú**

**2022**

### **Dedicatoria**

A mi madre Elvira Costa por su apoyo incondicional, el ejemplo como persona y profesional, el cual me inspiro siempre.

A mi abuela Juliana Quispe por el cariño y los cuidados recibidos desde mi niñez hasta mi juventud.

### **Agradecimientos**

A mis abuelos Humberto Costa, Otilia Ortega y a mi hermana Shanith Leiva por el cariño y el apoyo constante.

A mi asesor Jose Iannacone por el apoyo desde el inicio hasta la culminación del presente trabajo, a Lorena Alvarino por sus acertados comentarios y haber incentivado mi interés en la zoología de invertebrados, a Alfonso Lizarraga cuyas clases despertaron mi interés en la entomología, así como al Vicerrectora de Investigación de la UNFV por proveer parte del financiamiento para el desarrollo de este trabajo.

A la división de Limnología de CORBIDI en la cual Eduardo Oyague me acogió como practicante y pude conocer otras áreas de investigación, a Gabriel Trujillo por el apoyo en la determinación de larvas de Simúlidos y el tiempo compartido aprendiendo sobre taxonomía de insectos acuáticos.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN.....</b>	<b>6</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>7</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>8</b>
<b>1.1. Descripción y formulación del problema.....</b>	<b>8</b>
<b>1.2. Antecedentes.....</b>	<b>9</b>
<b>1.3. Objetivos.....</b>	<b>12</b>
<i>1.3.1. Objetivo general.....</i>	<i>12</i>
<i>1.3.2. Objetivos específicos.....</i>	<i>12</i>
<b>1.4. Justificación.....</b>	<b>12</b>
<b>1.5. Hipótesis.....</b>	<b>13</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación.....</b>	<b>14</b>
<b>III. MÉTODO.....</b>	<b>22</b>
<b>3.1. Tipo de investigación.....</b>	<b>22</b>
<b>3.2. Ámbito temporal y espacial.....</b>	<b>22</b>
<b>3.3. Población y muestra.....</b>	<b>25</b>
<b>3.4. Instrumentos.....</b>	<b>25</b>
<b>3.5. Procedimientos.....</b>	<b>27</b>
<b>3.6. Análisis de datos.....</b>	<b>28</b>
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>30</b>
<b>V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>51</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>58</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>59</b>

VIII. REFERENCIAS.....60

IX. ANEXOS.....72

## RESUMEN

Se realizó un estudio de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en un tributario de primer orden del río Rímac, Distrito de San Jerónimo de Surco (Lima-Perú), Durante la temporada seca (julio) y la temporada lluviosa (enero) del 2018 y 2019 respectivamente, Se tomaron los datos fisicoquímicos, así como las características del cuerpo de agua. Se colectaron un total de 9421 organismos durante la temporada seca y 7299 organismos durante la temporada lluviosa, distribuidos en 4 phylum, 6 clases, 14 ordenes, 36 familias y 54 géneros. La mayor abundancia de individuos se observó en la clase Insecta en especial en los órdenes Diptera, Coleoptera y Ephemeroptera, mientras que la mayor riqueza de géneros se observó en el orden Diptera y Coleoptera. Los géneros *Simulium* Latreille, 1802; *Microcyloepus* Hinton, 1935, *Andesiops* Lugo-Ortiz y McCafferty; 1999 y *Baetodes* Needham y Murphy (1924) fueron dominantes en las estaciones de estudio. Por medio de la prueba PERMANOVA se comparó la temporada seca y la temporada lluviosa comprobando que existe diferencia significativa entre ambas. Para estimar la calidad de agua se usaron cuatro índices bióticos, el índice Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT), Biological Monitoring Working Party adaptado para para ríos del norte del Perú (BMWPpe), Índice Biótico de familias (IBF) y el Índice Biótico Andino (ABI), Se concluyó que existe una diversidad relativamente alta de organismos así como una buena calidad de agua evidenciando relación con los resultados fisicoquímicos dado que todos los parámetros estuvieron dentro de los estándares de la legislación nacional vigente.

*Palabras clave:* diversidad, ecología, indicadores biológicos, macroinvertebrados bentónicos y ríos altandinos

## ABSTRACT

A study of the benthic macroinvertebrate community was carried out in a first-order tributary of the Rímac River, District of San Jerónimo de Surco (Lima-Peru), during the dry season (July) and the rainy season (January) of 2018 and 2019. respectively, the physicochemical data were taken, as well as the characteristics of the water body. A total of 9421 organisms were collected during the dry season and 7299 organisms during the rainy season, distributed in 4 phylum, 6 classes, 14 orders, 36 families and 54 genera. The greatest abundance of individuals was observed in the Insecta class, especially in the Diptera, Coleoptera and Ephemeroptera orders, while the greatest richness of genera was observed in the Diptera and Coleoptera orders. The genera *Simulium* Latreille, 1802; *Microcylloepus* Hinton, 1935; *Andesiops* Lugo-Ortiz and McCafferty, 1999 and *Baetodes* Needham and Murphy (1924) were dominant in the study stations. Through the PERMANOVA test the dry season and the rainy season were compared, verifying that there is a significant difference between the two. To estimate water quality, four biotic indices were used: the Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (EPT) index, the Biological Monitoring Working Party adapted for rivers in northern Peru (BMWPpe), the Family Biotic Index (IBF) and the Biotic Index Andino (ABI), It was concluded that there is a relatively high diversity of organisms as well as a good quality of water, evidencing a relationship with the physicochemical results since all the parameters were within the standards of the current national legislation.

*Keywords:* diversity, ecology, biological indicators, benthic macroinvertebrates and high andean rivers.

## I. INTRODUCCIÓN

El abastecimiento de agua en la zona de San Jerónimo de Surco es indispensable para el desarrollo agrícola y pecuario este está representado por los cursos de agua que son afluentes del río Rímac. El potencial de aguas se caracteriza por ser estacional, siendo abundante durante la época de avenidas (enero, febrero y marzo) que en muchos casos no logra cubrir de manera satisfactoria las demandas de regadío en las explotaciones agrícolas. (Buendía *et al.*, 2001).

El distrito de San Jerónimo de Surco cuenta con complejos arqueológicos, así como lugares de importancia turística, muchos de ellos relacionados a sus recursos hídricos como son la catarata de Huanano, la catarata de Mortero y la catarata de Palacala (Gonzales, 2017).

### 1.1.Descripción y formulación del problema

Una alternativa para estimar la calidad de cuerpos de agua es mediante la utilización de macroinvertebrados bentónicos (Hellowell, 1986; Roldan, 1988). Estos organismos proporcionan excelentes señales sobre la calidad ambiental del agua. Esto se debe a que las diferentes especies tienen distintos grados de sensibilidad a la contaminación de las aguas de los ríos y lagos (Hellowell, 1986). A pesar del papel fundamental que cumple el recurso hídrico en el distrito de San Jerónimo de Surco, no se ha realizado un estudio profundo sobre la diversidad de macroinvertebrados bentónicos, Por ende, es necesario conocer la diversidad de estos organismos para tener herramientas que nos permitan estimar el estado de conservación en que se encuentra este afluente del río Rímac y de igual forma servir como un registro inicial para futuros estudios hidrobiológicos.

## 1.2. Antecedentes

El uso de macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de las aguas de los ecosistemas está normalizándose en todo el mundo. Los beneficios de la utilización de herramientas integradoras y no solo los valores fisicoquímicos del agua para la medida de su calidad han sido mencionados también en muchos libros y manuales (Chapman, 1996; Boon y Howell, 1997), y forma parte de la legislación de muchos países. Particularmente interesante es el proceso integral en la Unión Europea donde la indicación biológica es el núcleo de todo el sistema de evaluación y monitoreo de la calidad del agua de sus 27 países, dando incluso a luz a un nuevo concepto, el “Estado Ecológico”, y ello ha significado una revolución en la forma como los gobiernos europeos deben contemplar el uso de los indicadores biológicos de calidad del agua (DOCE, 2000). Los conflictos que se originan entre la preservación y la explotación de los ecosistemas son usuales en América del Sur (Parra, 1992) y en algunos casos su efecto sobre los ecosistemas acuáticos es incluso más dramático (Pringle *et al.*, 2000). El uso de los indicadores biológicos a nivel comunitario requiere la transformación y adecuada interpretación de los datos en alguna expresión sintética de los mismos, como la diversidad, el número total de taxones, entre otros. A estas expresiones se les llama comúnmente métricas y pueden ser, cualitativas (por ejemplo, número total de especies) o cuantitativas (cantidad de individuos de una especie). Esta última categoría incluye tanto las que usan datos semicuantitativos o las que operan con datos de abundancia absoluta. La mayor cantidad de las métricas utilizadas en el estudio de los macroinvertebrados utilizan como factor clave la tolerancia de los diferentes grupos una perturbación determinada, normalmente la contaminación orgánica (Prat *et al.*, 2009). De este modo la relación entre el número de organismos tolerantes a la contaminación y los intolerantes a ella es un recurso habitual en las métricas empleadas. A partir de estas métricas primarias se pueden derivar otras como combinación de las primeras (índices

multimétricos). Otro método planteado recientemente en la evaluación de la calidad de los cuerpos loticos ha sido clasificar la calidad fisicoquímica del agua empleando un reducido grupo de taxones de macroinvertebrados como indicadores biológicos a través de la metodología de Redes Neuronales (Gutiérrez *et al.*, 2004). Además de las métricas que miden características estructurales, también es posible obtener datos estructurales y funcionales de la comunidad de especies, de manera que podamos derivar características del sistema relacionadas con la perturbación que estudiamos. Entre los trabajos realizados sobre la diversidad de macroinvertebrados bentónicos en sistemas dulceacuícolas del Perú podemos citar a Iannacone *et al.* (2003) en el cual evaluó la diversidad y similaridad de los macroinvertebrados del bentos de la laguna de Puerto Viejo, Lima – Perú obteniendo a la familia Thiaridae (Mesogastropoda) junto con la familia Chironomidae (Diptera) como los taxones dominantes, De igual forma Paredes *et al.* (2005) analizo la composición faunística de familias y la calidad del agua en el río Rímac, Lima-Callao, Perú. Obteniendo un total de 35 taxones de macroinvertebrados bentónicos, siendo Oligochaeta (Anellida) y Chironomidae (Diptera) como las dos taxones de mayor abundancia respectivamente, concluyendo que las aguas debajo de la Atarjea se encuentran en calidad crítica o muy contaminadas según el índice Biological Monitoring Working Party modificado (BMWP) y Ríos (2008) evaluó las comunidades de los macroinvertebrados bentónicos en un río alto andino estudiando la importancia de los microhábitats y el papel que tienen las distintas concentraciones de materia orgánica en la distribución espacial de los macroinvertebrados; por otro lado, Acosta (2009) realizó un estudio en la cuenca alto andina del río Cañete - Perú evaluando la distribución según la gradiente altitudinal de los macroinvertebrados obteniendo a la familia Chironomidae (Diptera) como la más abundante. En la provincia de Huarochirí se estudió la diversidad de macroinvertebrados (Ortiz, 2012) en la cual evaluó la distribución espacio-temporal de las comunidades de Trichopteros en tributarios de pequeño

orden del río Rímac en la cual obtuvo al género *Smicridea* McLachlan, 1871 (Hydropsychidae) como el de mayor abundancia. En humedales costeros podemos citar el trabajo de Peralta y Huamantínco (2014) en el cual determinó la diversidad de los insectos acuáticos y su uso como bioindicadores de calidad de agua en los humedales de Villa, Obteniendo un total de 53 especies y morfoespecies de insectos agrupados en 5 órdenes. Sajami (2015) realizó su tesis de licenciatura en la cual determinó la distribución de Ephemeropteros, Plecopteros Trichopteros y Coleopteros en una quebrada de primer orden en el departamento de Junín – Perú. Colectando un total de 7825 insectos, obteniendo la mayor riqueza en número de familias y abundancia de individuos en el orden Trichoptera y Ephemeroptera respectivamente. Arana y Cabrera (2015) Evaluaron la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la zona de influencia del gasoducto de PERU LNG en los departamentos de Ica y Huancavelica, en donde esta estuvo compuesta por 34 y 24 taxones para la época seca y lluviosa respectivamente, de igual manera utilizando el índice ABI la calidad de agua varió entre mala y buena para ambas épocas. Alomia *et al.* (2017) utilizaron a los macroinvertebrados bentónicos para evaluar la calidad de las aguas de la cuenca del río Huallaga en los departamentos de Pasco y Huánuco, determinando que las estaciones del cauce principal se encuentran con cierto grado de perturbación, Mora *et al.* (2020) evaluaron la calidad de agua de la cuenca del río Huacamarca, ubicado en La Libertad utilizando el índice BMWP adaptado para el norte del Perú evidenciando una calidad de agua variable entre buena a crítica en época de estiaje y de aceptable a crítica en época lluviosa y seca respectivamente, García *et al.* (2020) Evaluaron el efecto de la gradiente altitudinal sobre las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en dos periodos hidrológicos en el río Chillón en el departamento de Lima, obteniendo como resultado que la riqueza de taxones tuvo una relación lineal negativa con la altitud, mientras que la dominancia mostró una relación lineal positiva, Para el caso de la vertiente oriental Arana *et al.* (2021) estudiaron

la distribución altitudinal de los macroinvertebrados bentónicos en la amazonia peruana, así como su relación con variables ambientales siendo estas, la velocidad y el tipo de sustrato las principales que determinaron la diversidad de organismos.

### **1.3. Objetivos**

#### ***1.3.1. Objetivo general***

Determinar la diversidad de macroinvertebrados bentónicos en un tributario de primer orden del río Rímac, distrito de San Jerónimo de Surco (Lima – Perú).

#### ***1.3.2. Objetivos específicos***

Determinar la riqueza de macroinvertebrados bentónicos en un tributario de primer orden del río Rímac, distrito de San Jerónimo de Surco (Lima – Perú).

Determinar la abundancia de macroinvertebrados bentónicos en un tributario de primer orden del río Rímac, distrito de San Jerónimo de Surco (Lima – Perú).

Determinar la calidad del agua utilizando macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos en un tributario de primer orden del río Rímac, distrito de San Jerónimo de Surco (Lima – Perú).

### **1.4. Justificación**

La localidad de San Jerónimo de Surco depende directamente del recurso hidrológico tanto para el turismo, actividad agrícola y para consumo directo este se puede ver afectada por los efluentes de industria mineras que se encuentran en la cuenca del Rímac, Desde el punto de vista del ambiente, es importante conocer los grupos de macroinvertebrados dado que estos son ampliamente utilizados como indicadores

biológicos de calidad de agua. Esto permitiría generar estrategias de monitoreo ambiental; confiables y adecuadas para los diferentes contextos ecológicos como es el caso de la localidad de San Jerónimo. La información de diversidad ayudaría a mejorar los inventarios de especies existentes y correlacionar con la dinámica de poblaciones de ámbitos similares. Los aportes de los estudios de diversidad trascienden a la esfera de lo ambiental y ecológico; es decir, el impacto y efecto de la diversidad generará un aporte en el ámbito social y económico, por facilitar insumos académicos a las estrategias en el manejo sostenible del agua por parte de la comunidad y los consecuentes efectos que puede traer en su economía y forma de vida.

### **1.5. Hipótesis**

**Ho:** La estructura de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos no se ve afectada por la variación espacial (estaciones de estudio) y temporal (temporada seca y lluviosa)

**Ha:** La estructura de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos se verá afectada por la variación espacial (estaciones de estudio) y temporal (temporada seca y lluviosa).

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

**Diversidad biológica:** También llamada biodiversidad, se conoce como la variabilidad entre los organismos vivientes de todas las fuentes, es decir, organismos terrestres, marinos y de otros ecosistemas acuáticos; así como de los complejos ecológicos de los que forman parte (Moreno, 2001).

**Riqueza biológica:** Es el número de las especies que integran una comunidad biológica (Begon *et al.*, 1988).

**Abundancia biológica:** Se refiere al número de individuos por especie que se encuentran en la comunidad biológica (Begon *et al.*, 1988).

**Macroinvertebrados:** agrupa a los organismos que pueden ser observados a simple vista; es decir; en términos generales todos aquellos que tienen tamaño superior a 0,5 mm de largo (Rosenberg y Resh, 1993).

**Indicadores Biológicos:** Son especies seleccionadas por su sensibilidad o tolerancia a varios parámetros (Washington, 1984). La designación de una especie como indicadora requiere de un conocimiento previo respecto a su composición a nivel de comunidad bajo condiciones habituales, incluyendo el ciclo vital de las especies, su estacionalidad y sus variaciones naturales, de manera que sea factible comparar las condiciones previas y posteriores a una perturbación en el ambiente (Raz, 2000).

### Índices Biológicos para estimar la calidad de agua

**Índice del EPT %. Ephemeroptera, Plecóptera y Tricóptera.** Este índice permite estimar la calidad ecológica del agua a través del porcentaje (%) de las especies (n), o taxones indicadores de buena calidad, constituidos por los órdenes Ephemeroptera,

Plecoptera y Trichoptera, expresado como nEPT % (Carrera y Fierro, 2001), y cuyos rangos de valoración quedan expresados en la tabla 1.

**Tabla 1**

*Rango de valores del índice (EPT%).*

Clase	Índice (EPT%)	Calidad de agua
1	75-100	Muy buena
2	50-74	Buena
3	25-49	Regular
4	0-24	Mala

*Nota.* Según Carrera y Fierro (2001)

*Nota.* Así, cuando el índice EPT alcanza valores mayores de 50, les confiere a las aguas una calificación de buena calidad (nEPT % > 50 % = agua de buena calidad), y se calcula según la siguiente fórmula:  $nEPT \% = nE + nP + nT \times 100 / N$ .

Dónde:

nE = número de individuos del orden Ephemeroptera

nP = número de individuos del orden Plecoptera

nT = número de individuos del orden Trichoptera

N = número de todos los individuos de todos los taxones de la muestra

**Índice biótico para los ríos del norte del Perú (nPeBMWP)** este índice está basado en una modificación y adaptación del índice biótico andino (ABI) y de sus similares elaborados para Inglaterra, (BMWP: Biological Monitoring Working Party Score); España (IBMWP), Colombia (IBMWP/Col), Venezuela (IBMWP (RP-NdS)), Costa Rica (BMWP-CR) y Chile (ChBMWP). Esta metodología está basada en algunas incorporaciones de familias y sus puntajes teniendo como referencia la modificación del BMWP, la cual está considerada como una propuesta abierta, Así como los aportes latinoamericanos de Zúñiga de Cardoso (2001), Roldan (2003) y Sánchez (2005). El

índice biótico para los ríos del norte del Perú (nPeBMWP) y sus similares son índices aditivos que van sumando puntos según el número de familias encontradas, cada una de las cuales tiene un valor numérico del 1 al 10, relacionado con su sensibilidad a la contaminación (Tablas 2 y 3). El valor es más elevado cuanto más intolerante es la familia a la contaminación (Medina *et al.*, 2008).

**Tabla 2**

*Indicé biótico para ríos del norte del Perú (NPEBMWP).*

<b>Familias</b>	<b>Puntaje</b>
Helicopsychidae, Calamoceratidae, Odontoceridae, Anomalopsychidae, Blepharoceridae, Polythoridae, Perlidae, Gripopterygidae, Oligoneuridae, Leptophlebiidae, Athericidae, Ameletidae, Trycorythidae.	10
Leptoceridae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae, Hydrobiosidae, Philopotamidae, Gomphidae, Calopterygidae.	8
Glossosomatidae, Limnephilidae, Leptohyphidae.	7
Ancylidae, Hydroptilidae, Hyalellidae, Aeshnidae, Libellulidae, Corydalidae, Coenagrionidae Pseudothelphusidae (Decapoda).	6
Turbellaria, Hydropsychidae, Ptilodactylidae, Lampyridae, Psephenidae, Scirtidae (Helodidae), Elmidae, Dryopidae, Hydraenidae, Veliidae, Gerridae, Simuliidae, Corixidae, Notonectidae, Tipulidae, Naucoridae, Hydrochidae, Planaridae, Amphipoda.	5
Hydracarina, Baetidae, Pyralidae, Tabanidae, Belostomatidae, Limoniidae, Ceratopogonidae, Dixidae, Dolichopodidae, Stratiomidae, Empididae, Curculionidae.	4
Hirudinea, Ostracoda, Physidae, Hydrobiidae, Limnaeidae, Planorbidae, Sphaeriidae, Staphylinidae, Gyrinidae, Dytiscidae, Hydrophilidae, Psychodidae, Hydrometridae, Mesovellidae, Psychodidae.	3
Chironomidae, Culicidae, Muscidae, Ephydriidae, Gelastocoridae.	2
Oligochaeta, Syrphidae.	1

*Nota.* Según Medina *et al.* (2008).

**Tabla 3**

*Rango de valores del índice biótico (NPEBMWP).*

<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>VALORES</b>	<b>COLOR</b>	<b>CALIDAD BIOLÓGICA</b>
Aguas muy limpias	≥ 100	AZUL	Buena
Aguas con signos de estrés	61-100	VERDE	Aceptable

Aguas contaminadas	36-60	AMARILLO	Regular
Aguas muy contaminadas	16-35	NARANJA	Mala
Aguas extremadamente contaminadas	≤ 15	ROJO	Pésima

*Nota.* Según Prat *et al.* (2000).

**Índice Biótico de Familias (IBF):** Se origina del índice de Chutter (1972), modificado por Hilsenhoff para Norteamérica y requiere de bajo nivel taxonómico, Este es un índice cuantitativo de amplio uso en cuerpos loticos, este consiste en asignarle un puntaje a cada familia en función a su sensibilidad a la contaminación y el número de morfoespecies existentes en cada familia, permite clasificar el tramo de un río de Clase I (excelente) a Clase VII (muy malo) (Tablas 4 y 5). Dada la simplicidad en la estimación de este índice debido a su bajo nivel de resolución taxonómica y a su adecuada correlación con factores estresores antropogénicos (contaminación química, modificaciones del hábitat), en la actualidad ha sido ampliamente utilizados en diferentes zonas del mundo (Dewalt *et al.*, 1999; Maxted *et al.*, 2000; Wente, 2000; Whiles *et al.*, 2000, Eaton, 2001; Stewart *et al.*, 2001; Blocksom *et al.*, 2002; Klemm *et al.*, 2002). La adaptación de Hauer y Lamberti (1996), se aplica con éxito a la de un estudio realizado en Chile.

**Tabla 4**

*Rango de valores del (IBF).*

Clase de calidad	Rango del índice Biótico de Familias (IBF)	Calidad de Agua
I	< 3,75	Excelente
II	3,76-4,25	Muy buena
III	4,26-5,00	Buena
IV	5,01-5,75	Regular
V	5,76-6,50	Relativamente mala
VI	6,51-7,25	Mala
VII	> 7,26	Muy mala

*Nota.* Según Hauer y Lamberti (1996).

**Tabla 5***Indicé biótico de familias (IBF).*

Orden (o Clase)	Familia	Valor de tolerancia	Orden (o Clase)	Familia	Valor de tolerancia
Plecoptera	Gripopterygiidae	1	Megaloptera	Corydalidae	0
	Notoneumoridae	0		Sialidae	4
	Perlidae	1	Lepidoptera	Pyralidae	5
	Diamphipnoidae	0		Platyhelminthes	4
	Eustheniidae	0	Acari	4	
	Austroperlidae	1	Decapoda	6	
Ephemeroptera	Baetidae	4	Coleoptera	Elimidae	4
	Caenidae	7		Psephenidae	4
	Leptophlebiidae	2	Diptera	Athericidae	2
	Siphonuridae	7		Blephariceridae	0
	Oligoneuridae	2		Ceratopogonidae	6
	Ameletopsidae	2		Chironomidae	7
	Coloburiscidae	3		Empididae	6
	Oniscigastridae	3		Ephydriidae	6
Odonata	Aeshnidae	3	Psychodidae	10	
	Calopterygidae	5	Simulidae	6	
	Gomphidae	1	Tipulidae	3	
	Lestidae	9	Amphipoda	Gammaridae	4
	Libellulidae	9		Hyalellidae	8
	Coenagrionidae	9	Mollusca	Amnicolidae	6
	Cordulidae	5		Lymnaeidae	6
	Petaluridae	5		Physidae	8
Trichoptera	Calamoceratidae	3		Sphaeriidae	8
	Glossosomatidae	0	Chilinidae	6	
	Helicopsychidae	3	Oligochaeta		8
	Hydropsychidae	4		Hirudinea	10
	Hydroptilidae	4			
	Leptoceridae	4			
	Limnephilidae	2			
	Ecnomidae	3			
	Helicophidae	6			
	Polycentropodidae	3			
	Philopotamidae	2			
	Hydrobiosidae	0			
	Sericostomatidae	3			

*Nota.* Según Hauer y Lamberti (1996).

### **Índice Biótico Andino (ABI):** El ABI (Ríos *et al.* in prep; Acosta *et al.*, 2009)

es un índice biótico que se utiliza para evaluar y determinar la calidad del agua y la

integridad ecológica de ecosistemas acuáticos andinos. Este índice se construye asignando valores numéricos entre 1 y 10 a cada familia registrada durante un muestreo, dependiendo de su nivel de tolerancia a la contaminación. En esta escala, el valor de 1 se asigna a las familias más tolerantes y el de 10 a las familias más sensibles. La suma de los puntajes de todas las familias encontradas en un sitio determinado equivale al puntaje ABI total, el cual es un indicador de la calidad de agua de dicho sitio (Tablas 6 y 7). La principal ventaja de utilizar el índice ABI es que permite utilizar a los macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua, a partir de información taxonómica a nivel de Familia y es específico para las zonas andinas (>2000 msnm). Además, la metodología requiere solo de datos cualitativos, (presencia o ausencia de familias), lo que hace de ella una alternativa económica, sencilla y que requiere de poca inversión de tiempo (Roldán, 2003).

Acosta *et al.* (2009) indican que la lista taxonómica de familias del ABI y sus respectivos valores de sensibilidad/tolerancia se han derivado de publicaciones científicas internacionales y regionales, así como literatura gris (reportes técnicos y tesis universitarias sin publicar). La revisión sobre la cual fue elaborado este índice incluye desde la descripción taxonómica de especies hasta las investigaciones ecológicas y ambientales (Rios *et al.*, sometido) y su cálculo es similar al del IBMWP (Alba y Sanchez, 1988; Alba *et al.*, 2002), el cual constituye la suma de las puntuaciones de todas las familias presentes en la estación de estudio. Los niveles de sensibilidad/tolerancia de cada familia se han obtenido principalmente de efectos provenientes de la contaminación orgánica.

**Tabla 6**

*Propuesta para el Índice Biótico Andino (ABI) para evaluar la calidad del agua de los ríos andinos.*

<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Puntuación</b>
Hirudinea		3	Lepidoptera	Pyralidae	4
Oligochaeta		1	Coleoptera	Ptilodactylidae	5
Amphipoda	Hyalellidae	6		Lampyridae	5
Ostracoda		3		Psephenidae	5
Hydracarina		4		Scirtidae	5
Ephemeroptera	Baetidae	4		Staphylinidae	3
	Leptophlebiidae	10		Elmidae	5
	Leptohyphidae	7		Dryopidae	5
	Oligoneuriidae	10		Gyrinidae	3
Odonata	Aeshnidae	6		Dytiscidae	3
	Gomphidae	8		Hydrophilidae	3
	Libellulidae	6		Hydraenidae	5
	Coenagrionidae	6	Diptera	Blephariceridae	10
	Calopterygidae	8		Simuliidae	5
	Polythoridae	10		Tabanidae	4
Plecoptera	Perlidae	10		Tipulidae	5
	Gripopterygidae	10		Limoniidae	4
Heteroptera	Veliidae	5		Ceratopogonidae	4
	Gerridae	5		Dixidae	4
	Corixidae	5		Psychodidae	3
	Notonectidae	5		Dolichopodidae	4
	Belostomatidae	4		Stratiomyidae	4
	Naucoridae	5		Empididae	4
Trichoptera	Helicopsychidae	10		Chironomidae	2
	Calamoceratidae	10		Culicidae	2
	Odontoceridae	10		Muscidae	2
	Leptoceridae	8		Ephydriidae	2
	Polycentropodidae	8		Athericidae	10
	Hydroptilidae	6		Syrphidae	1
	Xiphocentronidae	8	Gasteropoda	Ancylidae	6
	Hydrobiosidae	8		Physidae	3
	Glossosomatidae	7		Hydrobiidae	3
	Hydropsychidae	5		Limnaeidae	3
	Anomalopsychidae	10		Planorbidae	3
	Philopotamidae	8	Bivalvia	Sphaeriidae	3
	Limnephilidae	7	Turbellaria		5

*Nota.* Según Acosta *et al.* (2009).

**Tabla 7***RANGO DE VALORES (ABI).*

<b>Valor ABI (Perú)</b>	<b>Calidad de agua</b>
> 74	Muy bueno
45-74	Bueno
27-44	Moderado
11-26	Malo
< 11	Pésimo

*Nota.* Según Acosta *et al.*, (2009).

### III. MÉTODO

#### 3.1. Tipo de investigación

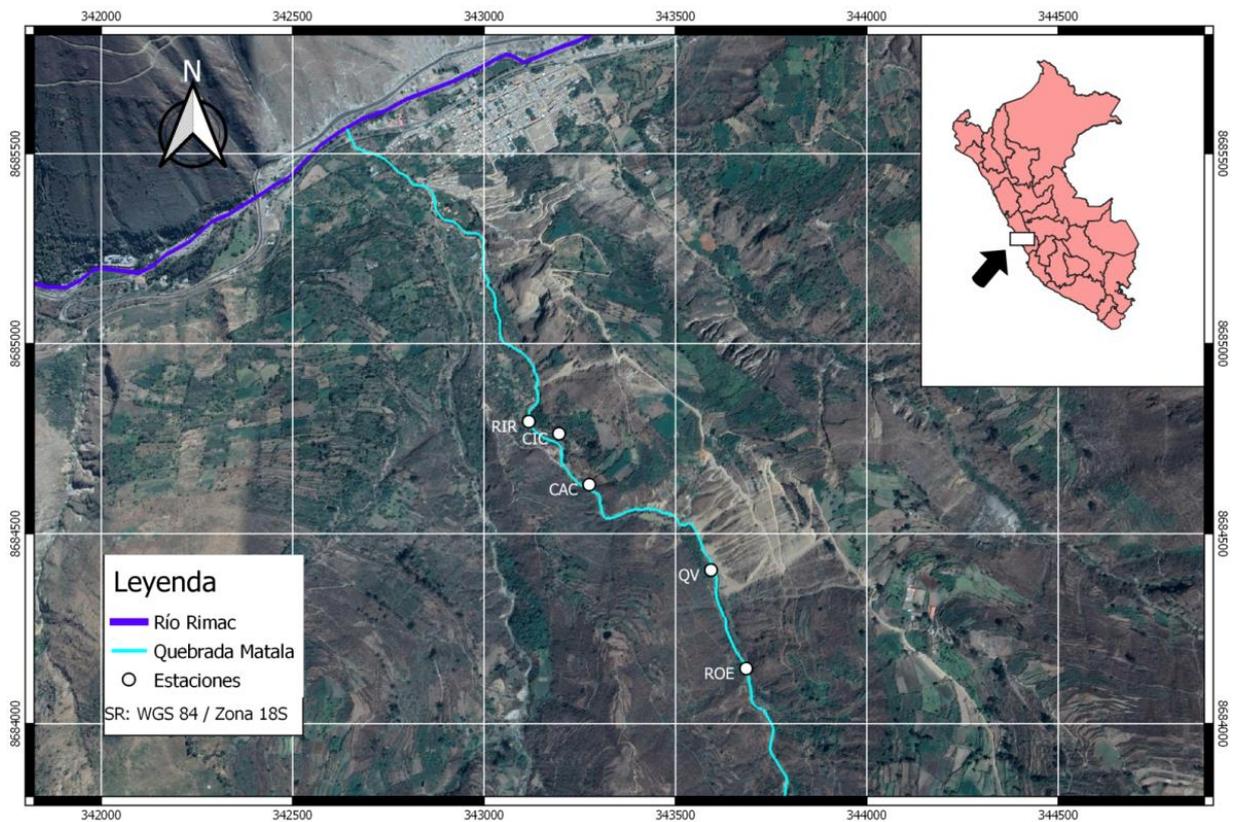
Diseño de investigación es de tipo descriptivo y longitudinal.

#### 3.2. Ámbito temporal y espacial

Las colectas se realizaron en un tributario de primer orden del río Rímac, clasificación asignada según Strahler (1964) esta cursa el distrito de San Jerónimo de Surco, provincia de Huarochirí (Lima: Perú) La zona de estudio se encuentra ubicada entre los 2000 y 2300 msnm la cual pertenece a la ecorregión de Sierra esteparia según Brack (1998). De acuerdo al mapa ecológico del Perú (ONERN, 1976), las zonas de vida del área de estudio son las de Estepa espinosa - Montano bajo Tropical (ee-MBT) y la de Estepa Montano Tropical (e-MT); caracterizados por ser semiárido y subhúmedo, con lluvias veraniegas, relieve predominantemente empinado; la vegetación característica es la “tuna”, “chama”, “molle” y el “ccasi”. Así también, las gramíneas como *Stipa*, *Melisca*, *Adropogon*, *Pennisetum* y *Eragostris*, que se secan al comienzo de la estación invernal, la reforestación se ha hecho con *Eucalyptus*, la agricultura es de regadío, cultivándose la papa principalmente además de plantas ornamentales; además de la ganadería de vacunos y caprinos, que están presentes en pequeña escala puntos medios del tributario que se encuentren a profundidades no mayores a 50 cm. Se realizará un recorrido visual a lo largo del tramo a muestrear y se identificarán los diferentes tipos de microhábitats para macroinvertebrados bentónicos, diferenciándolos según la presencia o ausencia de piedras, macrofitas, vegetación ribereña, etc (figs. 1 y 2).

**Figura 1**

*Mapa del área de estudio de un tributario de primer orden del río Rímac, distrito de San Jerónimo de Surco (Lima – Perú).*



**Figura 2**

*Puntos de muestreo: RIR: Rivera rala (2045 msnm), CIC: Caída de catarata (2090 msnm), CAC: Cabecera de catarata (2180 msnm), QV: Quebrada verde (2243 msnm) y ROE: Roca de embalse (2280 msnm).*



**Tabla 8**

*Ubicación de las estaciones de muestreo. RIR: Rivera rala, CIC: Caída de catarata, CAC: cabecera de catarata, QV: Quebrada verde y ROE: Roca de embalse.*

COORDENADAS	RIR	CIC	CAC	QV	ROE
Altura (msnm)	2045	2090	2180	2243	2280
Sur	11°53'37.8"	11°53'37.2"	11°53'45.6"	11°53'50.0"	11°53'59.0"
Oeste	76°26'22.3"	76°26'21.0"	76°26'17.0"	76°26'08.1"	76°26'06.6"
UTM	18 L 0343207	18 L 0343256	18 L 0343325	18 L 0343647	18 L 343685
	8684795	8684763	8684629	8684404	8684145

*Nota.* La separación entre puntos de muestreo fue de 250 metros aproximadamente dependiendo de la estación, En el caso de CIC y RIR dada la complejidad del acceso y sobre todo el bajo nivel de agua impidió realizar una mayor separación. Mientras que la diferencia entre gradiente altitudinal fue similar entre las estaciones CAC, QV y ROE, dado que estas se encontraron aguas arriba de la catara Huanano (Tabla 8).

### 3.3. Población y muestra

La población de estudio incluirá a todas las comunidades de macroinvertebrados bentónicos colectados en los cinco puntos de muestreo durante los muestreos en temporada seca y lluviosa que se realizaron en un tributario de primer orden del Rio Rímac, Distrito de San Jerónimo de Surco (Lima-Perú).

### 3.4. Instrumentos

Las Fichas de ingreso de datos se encuentran en las Tablas 9 al 11.



### 3.5. Procedimiento

Se realizó una caminata de aproximadamente una hora desde el pueblo de San Jerónimo de Surco hasta la cabecera de la catarata Huanano, aproximadamente a unos 350 m de distancia de la caída de agua, se tomaron cinco puntos de muestreo distanciados aproximadamente por 250 metros cada uno, Los que se nombraron desde el punto más bajo hasta el más alto como: RIR: Rivera rala, CIC: Caída de catarata, CAC: Cabecera de catarata, QV: Quebrada verde y ROE: Roca de embalse. Se reconocieron las características geográficas y ambientales de cada punto de muestreo como son el ancho del cuerpo de agua, profundidad y rapidez de la corriente este último se llevará a cabo usando el método del flotador (USEPA, 1997). Asimismo, con un GPS Garmin Etrex 30x se registró la altitud y las coordenadas geográficas en el sistema WGS 84, Se midieron los parámetros fisicoquímicos del cuerpo de agua como son: la Conductividad eléctrica (CE), Temperatura (T) y Potencial de hidrogeno (pH) con un equipo Hanna HI98130 y para la lectura del Oxígeno disuelto (OD) se usó un oxímetro Lutron PDO910. Dentro de cada punto se ubicaron distintos microhabitats, Para la colecta se usó una red Surber con luz de malla de 300  $\mu\text{m}$  y con un área de marco de 0.09  $\text{m}^2$ , esta se colocó contra de la corriente por espacio de 10 minutos para cada replica (APHA, 2017), Se realizarán tres sub muestreos explorando en cada punto, dos sustratos inorgánicos; Canto rodado y Piedra grande y uno en sustrato orgánico; Sobre Macrófitos acuática, realizando tres replicas para para uno de estos sustratos. Las muestras fueron preservadas rotuladas y trasladadas al laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal (LEBA) donde fueron cernidas utilizando un tamiz de 250  $\mu\text{m}$  y posteriormente colocadas en placas Petri para realizar la separación de los individuos y su posterior identificación utilizando microscopio estereoscopio y microscopio compuesto. Las muestras fueron contabilizadas e identificadas al nivel de género o el taxón más bajo posible con la ayuda de un estereoscopio compuesto y las claves taxonómicas de Dominguez y

Fernandez (2009), Hamada *et al.* (2018), Merrit *et al.* (2008), Huamantínco y Ortiz (2010) y para el caso específico de Chironomidos se usaron las claves de Narcis (2011).

### 3.6. Análisis de datos

Se realizó una base datos en Microsoft Excel con los datos obtenidos en campo y laboratorio. Se utilizó el programa Paleontological Statistics (PAST) v 3.07 para realizar los análisis estadísticos, los cuales se llevarán a cabo de la siguiente manera:

- Para caracterizar las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en cada microhabitat se utilizaron los siguientes parámetros:
  - Riqueza de especies (S), Número de individuos (N), Margalef ( $D_{Mg}$ ) y estructura poblacional (Shannon ( $H'$ ), Simpson ( $\lambda$ ), Pielou ( $J'$ )).
  - Diversidad Beta: Cuantitativo (Índice de Morisita-Horn) y cualitativo (Índice de Jaccard).
  - Morisita: para calcular la similitud entre estaciones de muestreo.
  - Se usó la prueba PERAMOVA para determinar diferencia significativa entre ambas temporadas de muestreo.
  - Se usó el análisis de correspondencia canónica (ACC) para determinar que variables ambientales se encuentran más relacionadas a las variables biológicas.

Se usaron los siguientes índices bióticos: Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera Index EPT (Carrera y Fierro, 2001), The index Biological Monitoring Working Party BMWP adaptado para para ríos del norte del Perú (Medina *et al.*, 2008), Family Biotic Index IBF (Hauer y Lamberti, 1996) y The Andean Biotic Index ABI (Rios y Acosta, 2014) específicos para macroinvertebrados bentónicos, para de esta manera poder estimar la calidad de agua y el estado de conservación ecológica en el que se encuentra cada punto de

muestreo. Los valores fisicoquímicos del cuerpo de agua fueron interpretados según los Estándares de calidad ambiental 2017 MINAM vigentes en la legislación nacional, comparando los resultados fisicoquímicos con los biológicos y de esta manera tener un panorama más completo del estado de conservación del cuerpo de agua a lo largo de los puntos de muestreo.

#### IV. RESULTADOS

**Tabla 12**

*VARIABLES AMBIENTALES DE LAS CINCO ESTACIONES DE ESTUDIO EN TEMPORADA SECA EN UN TRIBUTARIO DE PRIMER ORDEN DEL RIO RÍMAC, SAN JERÓNIMO DE SURCO (LIMA-PERÚ). RIR: RIVERA RALA, CIC: CAÍDA DE CATARATA, CAC: CABECERA DE CATARATA, QV: QUEBRADA VERDE Y ROE: ROCA DE EMBALSE.*

<b>VARIABLES</b>	<b>RIR</b>	<b>CIC</b>	<b>CAC</b>	<b>QV</b>	<b>ROE</b>
T (°C)	18,2	18,2	18,3	18,2	17,2
pH	8,48	8,48	8,37	8,52	8,47
CE (mS)	0,46	0,46	0,46	0,45	0,44
SDT (ppt)	0,26	0,26	0,23	0,23	0,22
OD (mg/l)	8,5	8,5	8,4	8,7	10
Ancho (cm)	101	101	160	138	140
Profundidad media (cm)	15	15	10	26	14
Velocidad Media (m/s)	0,45	0,45	0,50	0,62	0,52

**Tabla 13**

*VARIABLES DE LAS CINCO ESTACIONES DE ESTUDIO DURANTE LA TEMPORADA LLUVIOSA EN UN TRIBUTARIO DE PRIMER ORDEN DEL RIO RÍMAC, SAN JERÓNIMO DE SURCO (LIMA-PERÚ). RIR: RIVERA RALA, CIC: CAÍDA DE CATARATA, CAC: CABECERA DE CATARATA, QV: QUEBRADA VERDE Y ROE: ROCA DE EMBALSE.*

<b>VARIABLES</b>	<b>RIR</b>	<b>CIC</b>	<b>CAC</b>	<b>QV</b>	<b>ROE</b>
T (°C)	17,6	17,7	17,2	16,9	17,0
pH	7,8	7,6	7,9	8,1	8,0
CE (mS)	0,50	0,55	0,51	0,57	0,55
SDT (ppt)	0,28	0,29	0,21	0,20	0,23
OD (mg/l)	8,6	8,4	8,9	8,5	8,9
Ancho (cm)	121	189	176	160	180
Profundidad media (cm)	25	27	13	39	21
Velocidad Media (m/s)	0,37	0,42	0,43	0,53	0,51

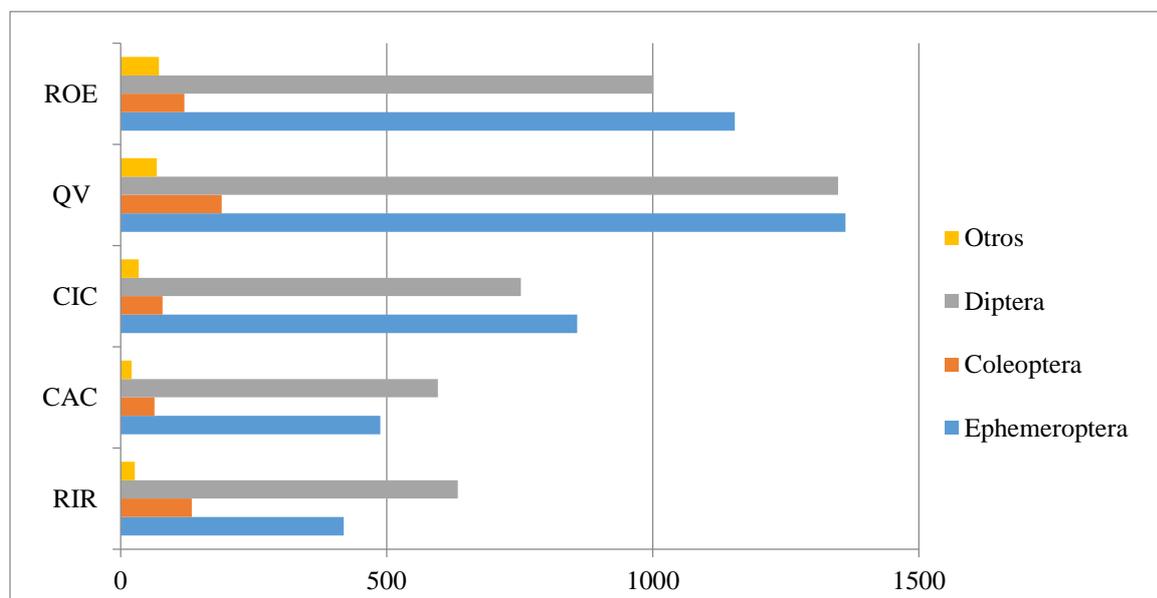
*Nota.* Las Tablas 12 y 13 nos señala que no se observó una amplia diferencia entre las variables ambientales para cada estación de muestreo. Por otro lado, se observó que el cuerpo de agua

tuvo poco diámetro y profundidad en las cinco estaciones de muestreo, se apreció un ligero aumento de la profundidad media y el ancho en la temporada lluviosa.

En la temporada seca se colectaron un total de 9421 individuos distribuidos en 27 familias y en 47 géneros, siendo *Simulium* (Simuliidae) y *Andesiops* (Baetidae) los más abundantes en las cinco estaciones de muestreo, representando la suma de estos dos géneros más del 50% de la abundancia total, mientras que en la temporada lluviosa se colectaron un total de 7299 individuos distribuidos en 35 familias y 53 géneros *Microcyllloepus* (Elmidae), *Simulium* (Simuliidae) y *Andesiops* (Baetidae), fueron los más abundantes representando la suma de estos más del 50% de la abundancia total (Fig. 3).

### Figura 3

*Distribución de los órdenes más abundantes durante la temporada seca en un tributario de primer orden del río Rímac, San Jerónimo de Surco (Lima-Perú). RIR: Rivera rala, CIC: Caída de catarata, CAC: Cabecera de catarata, QV: Quebrada verde y ROE: Roca de embalse.*

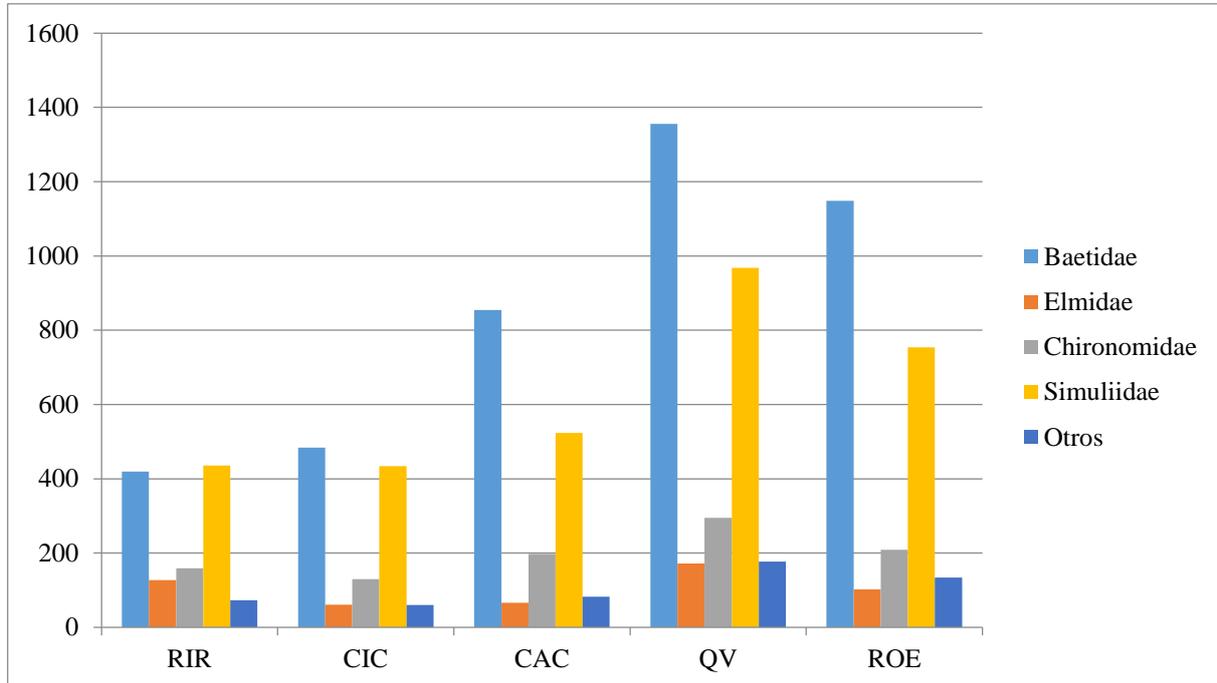


*Nota.* Se registraron un total de 11 órdenes, observando una amplia dominancia de los órdenes diptera con 4331 organismos (46%) y ephemeroptera con 4281 organismos (45%) de manera general en las estaciones evaluadas, representando la suma de estos dos órdenes el 91% del

total, seguida de coleóptera con 498 organismos (5%) y en menor medida el resto de ordenes con 311 organismos representado solo el 4% del total de taxones colectadas en la temporada seca. La abundancia en relación a organismos/m<sup>2</sup> fue de 1498, 1433, 2127, 3664 y 2897 para las estaciones RIR, CIC, CAC, QV y ROE respectivamente. La mayor riqueza a nivel de ordenes se observó en la estación QV con 10 ordenes, mientras que la menor riqueza se dio en las estaciones RIR y CIC ambas con 7 ordenes, En el caso de la abundancia la mayor cantidad de organismos se observó en la estación QV con 2968 organismos, mientras que la menor se presentó en la estación CIC con solo 1169 organismos (Fig. 3)

#### Figura 4

*Distribución de las familias más abundante durante la temporada seca en un tributario de primer orden del rio Rímac, San Jerónimo de Surco (Lima-Perú). RIR: Rivera rala, CIC: Caída de catarata, CAC: Cabecera de catarata, QV: Quebrada verde y ROE: Roca de embalse.*

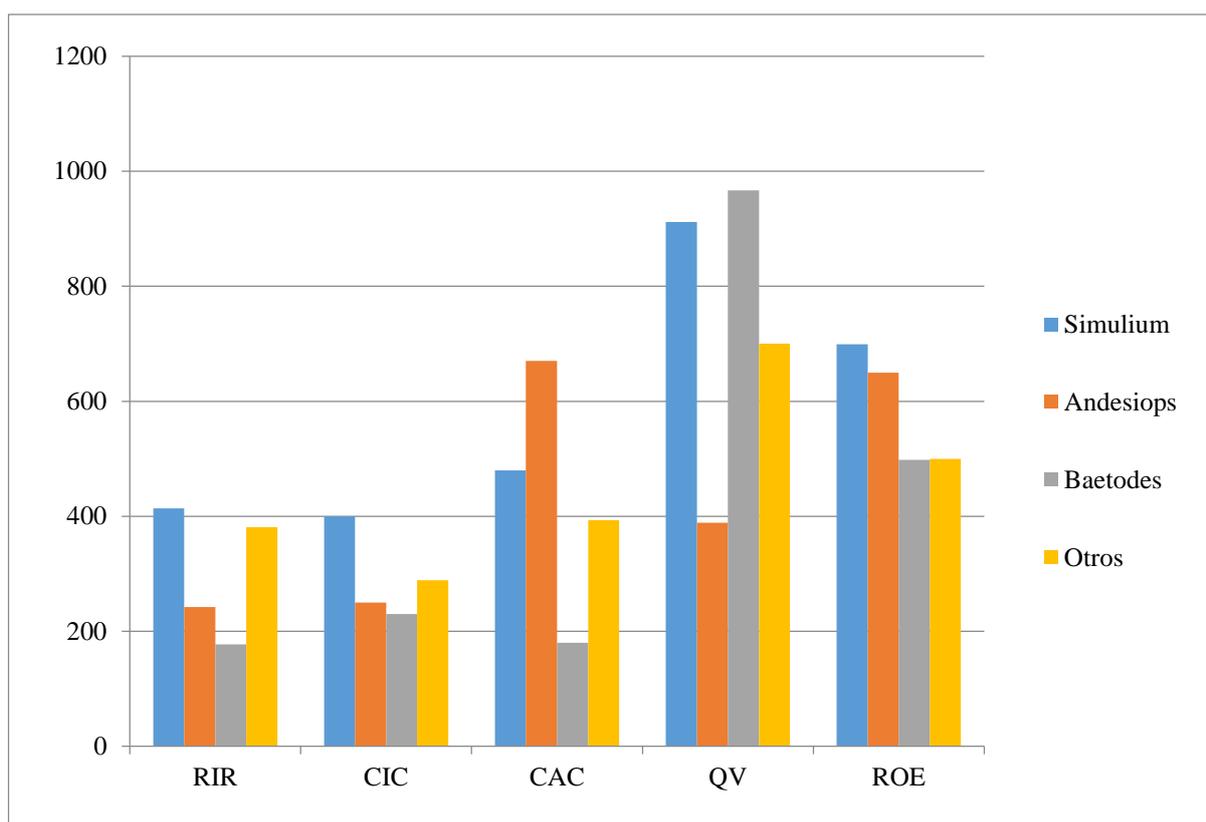


*Nota.* Se registraron un total de 29 familias, observando una amplia dominancia de las familias Baetidae con 4261 organismos (45%) y Simuliidae con 3115 organismos (32%) en las estaciones evaluadas, representando la suma de estas dos familias el 77% del total, seguido de

Chironomidae con 991 organismos (11%), Elmidae con 528 organismos (6%) y en menor medida el resto de familias con 526 organismos representado solo el 6% del total de organismos colectados en la temporada seca. La mayor riqueza a nivel de familias se observó en la estación QV con 25 familias, mientras que la menor riqueza se dio en las estaciones RIR y CIC ambas con 16 familias (Fig. 4).

### Figura 5

*Distribución de los géneros más abundante durante la temporada seca en un tributario de primer orden del río Rímac, San Jerónimo de Surco (Lima-Perú). RIR: Rivera rala, CIC: Caída de catarata, CAC: Cabecera de catarata, QV: Quebrada verde y ROE: Roca de embalse.*

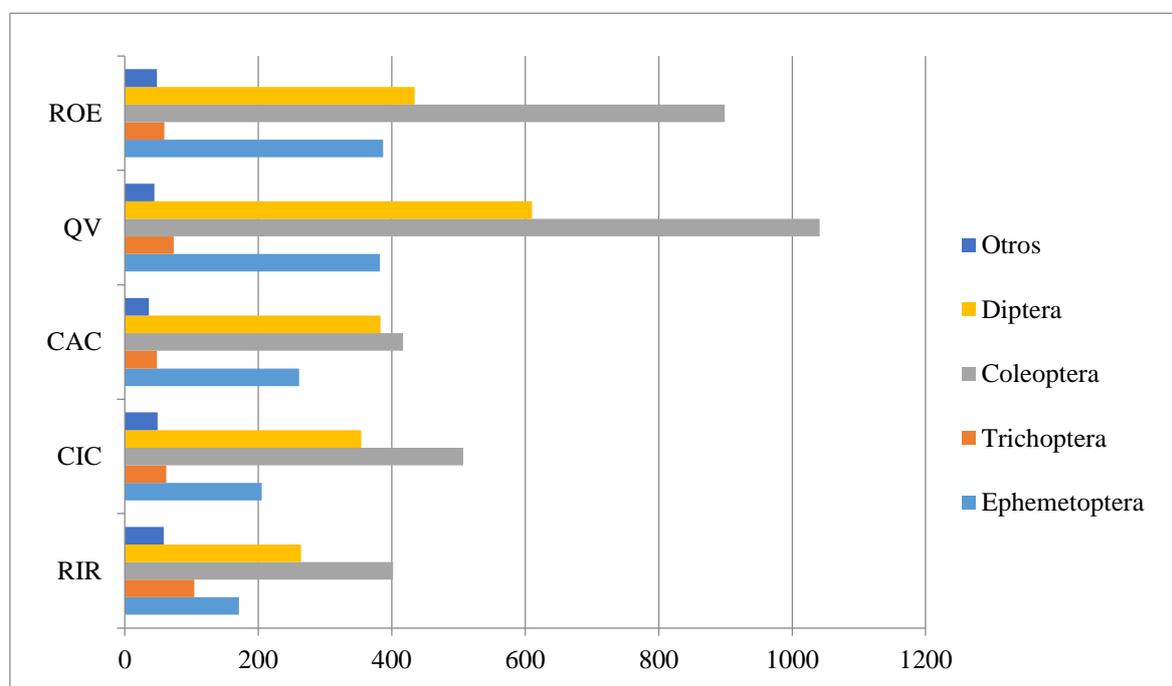


*Nota.* Se registraron un total de 47 géneros, observando una amplia dominancia de los géneros *Simulium* con 2905 organismos (31%) y *Andesiops* con 2201 organismos (23%) en las estaciones evaluadas, representando la suma de estos 2 taxones el 54% del total, seguido de *Baetodes* con 2052 organismos (22%) y en menor medida el resto de los géneros con 2263

organismos representado solo el 24% del total de organismos colectados en la temporada seca. La mayor riqueza a nivel de géneros se observó en la estación QV con 39 géneros, mientras que la menor riqueza se dio en la estación RIR con 26 géneros (Fig. 5).

### Figura 6

*Distribución de los órdenes más abundante durante la temporada lluviosa en un tributario de primer orden del río Rímac, San Jerónimo de Surco (Lima-Perú). RIR: Rivera rala, CIC: Caída de catarata, CAC: Cabecera de catarata, QV: Quebrada verde y ROE: Roca de embalse.*

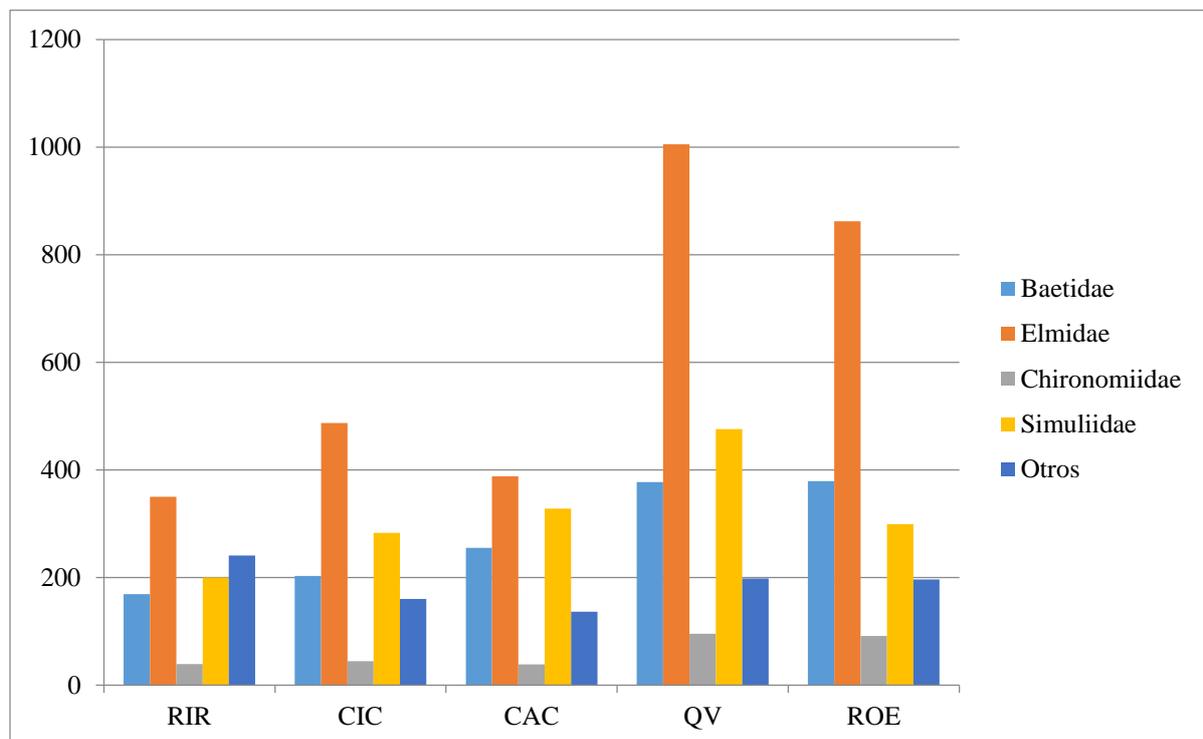


*Nota.* Se registraron un total de 14 ordenes, Observando una amplia dominancia de los órdenes coleóptera con 3266 organismos (45%) y díptera con 2045 organismos (28%) de manera general en las estaciones evaluadas, representando la suma de estos dos órdenes el 73% del total, seguido de Ephemeroptera con 1406 organismos (19%) y en menor medida el resto de ordenes con 582 organismos representado solo el 8% del total de organismos colectadas en la temporada lluviosa. La abundancia en relación a organismos/m<sup>2</sup> fue de 1233, 1453, 1413, 2655 y 2255 para las estaciones RIR, CIC, CAC, QV y ROE respectivamente. Las estaciones RIR, CIC y

CAC presentaron la mayor riqueza de ordenes con 12, mientras que la menor riqueza se dio en la estación QV con 8 ordenes, Para la abundancia la mayor cantidad de organismos se observó en la estación QV con 2151 organismos, mientras que la menor se presentó en la estación RIR con solo 999 organismos (Fig. 6).

### Figura 7

*Distribución de las familias más abundantes por estación en la temporada lluviosa en un tributario de primer orden del río Rímac, San Jerónimo de Surco (Lima-Perú). RIR: Rivera rala, CIC: Caída de catarata, CAC: Cabecera de catarata, QV: Quebrada verde y ROE: Roca de embalse.*

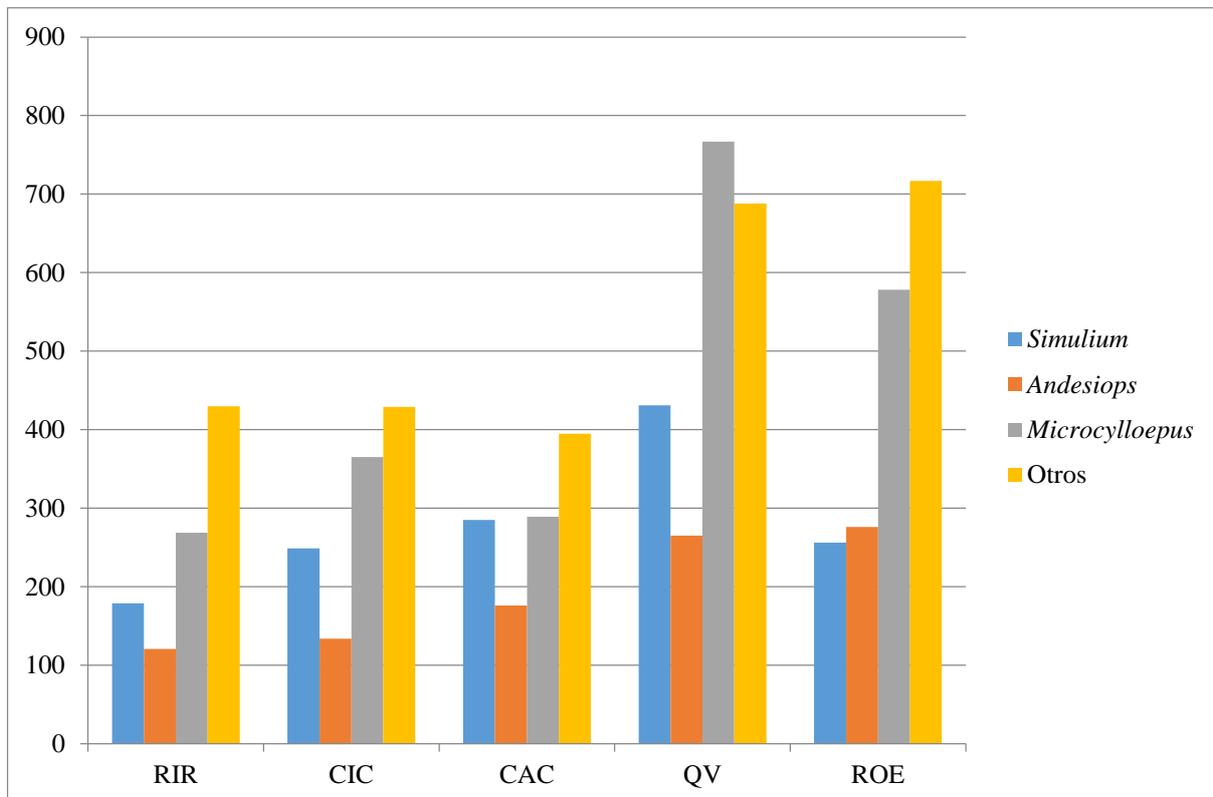


*Nota.* Se registraron un total de 35 familias, observando una amplia dominancia de las familias Elmidae con 3092 organismos (42%) y Simuliidae con 1586 organismos (22%) en las estaciones evaluadas, representando la suma de estas dos familias el 64% del total, seguido de Baetidae con 1383 organismos (19%), Chironomidae con 307 organismos (4%) y el resto de familias con 931 organismos representado solo el 13% del total de organismos colectados en

la temporada lluviosa. La mayor riqueza a nivel de familias se observó en la estación ROE con 28 familias, mientras que la menor riqueza se dio en la estación QV con 22 familias (Fig. 7).

### Figura 8

*Distribución de los géneros más abundante durante la temporada lluviosa en un tributario de primer orden del río Rímac, San Jerónimo de Surco (Lima-Perú). RIR: Rivera rala CIC: Caída de catarata, CAC: Cabecera de catarata, QV: Quebrada verde y ROE: Roca de embalse.*



*Nota.* Se registraron un total de 53 géneros, observando una amplia dominancia de los géneros *Microcylloepus* con 2268 organismos (31%) y *Simulium* con 1400 organismos (19%) en las estaciones evaluadas, representando la suma de estos dos taxones el 50% del total, seguido de *Andesiops* con 972 organismos (13%) y en menor medida el resto de los géneros con 2659 organismos representado solo el 37% del total de los organismos colectados en la temporada lluviosa. La mayor riqueza a nivel de géneros se observó en la estación ROE con 45 géneros, mientras que la menor riqueza se dio en la estación QV con 32 géneros (Fig. 8).

**Tabla 14**

*Análisis de diversidad a nivel genérico de los macroinvertebrados durante la temporada seca en un tributario de primer orden del río Rímac, San Jerónimo de Surco (Lima-Perú).*

*RIR: Rivera rala CIC: Caída de catarata, CAC: Cabecera de catarata, QV: Quebrada verde y ROE: Roca de embalse*

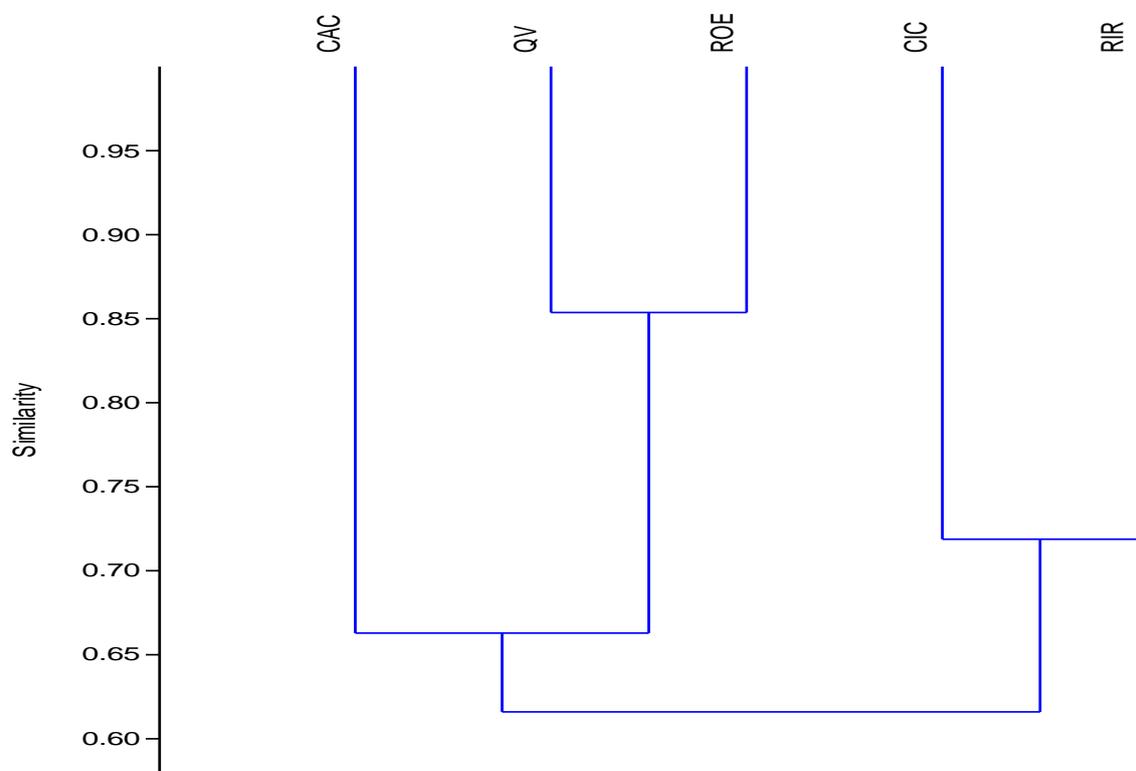
Índices de Diversidad	RIR	CIC	CAC	QV	ROE
Riqueza	26	29	36	39	37
Abundancia	1214	1169	1723	2968	2347
Dominancia de Simpsons	0,80	0,79	0,75	0,77	0,78
Diversidad de Shannon	2,05	1,99	1,92	1,94	1,98
Diversidad de Margalef	3,52	3,96	4,69	4,75	4,63
Equidad de Pielou	0,63	0,59	0,53	0,52	0,54

*Nota.* El análisis utilizando los índices de diversidad alfa, muestran de forma general que las estaciones de muestreo tienen una diversidad media-alta, el índice de Simpson indica una alta dominancia en todas las estaciones de estudio esto debido a los géneros *Simulium*, *Andesiops* y *Baetodes* los cuales superaron el 50% del total de organismos a lo largo del tramo de la quebrada. En base a los resultados de riqueza y abundancia, se detallan los valores de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ), índice de Margalef ( $d$ ) y equidad de Pielou ( $J'$ ) para cada punto de muestreo (Tabla 14). La diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) registró valores desde 1,92 bits en CAC hasta 2,05 bits en RIR, Cabe mencionar que los valores de  $H'$  por encima de 3,00 bits se relacionan a un escenario de alta diversidad, que corresponden por lo general a ambientes en condiciones ambientales normales, con niveles de riqueza medios a altos (potencialmente) y una equidad alta. La riqueza de Margalef obtuvo valores desde 3,52 en RIR hasta 4,75 en QV. La equidad de Pielou ( $J'$ ) al igual que todos los índices anteriores fue muy poco variable entre las estaciones de muestreo, con valores que fueron desde 0,52 en QV hasta

0,63 en RIR. Cabe mencionar que valores mayores a 0,50 expresan comunidades más equilibradas (baja entropía), respecto a la dominancia de uno o más taxones (Tabla 14).

### Figura 9

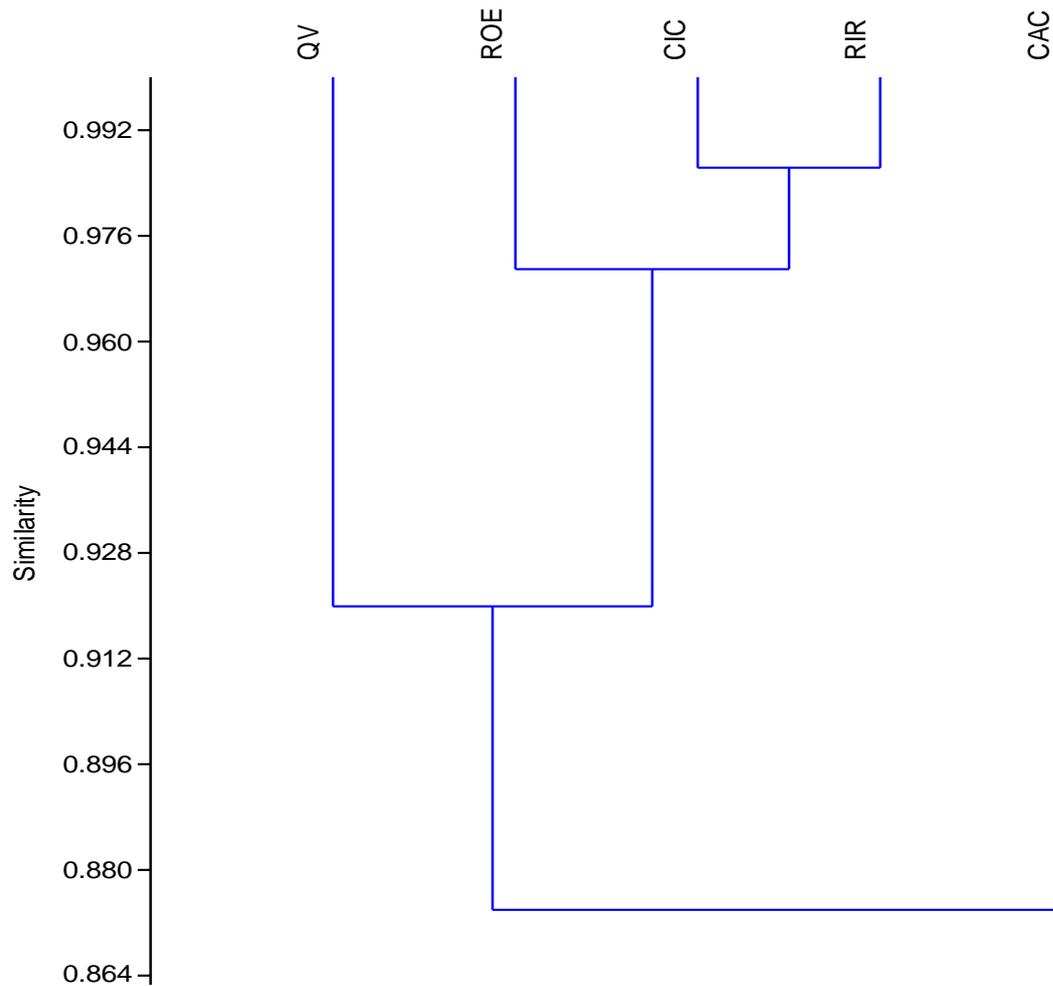
*Dendograma de similitud de Jaccard de las cinco estaciones durante la temporada seca en un tributario de primer orden del rio Rímac, San Jerónimo de Surco (Lima-Perú). RIR: Rivera rala CIC: Caída de catarata, CAC: Cabecera de catarata, QV: Quebrada verde y ROE: Roca de embalse.*



*Nota.* Se observó que las estaciones QV y ROE fueron las que obtuvieron mayor similitud de especies, en este caso considerando solo los datos de presencia y ausencia, cabe destacar que los niveles de similitud entre todas las estaciones fueron medianamente altos, dado que en todos los casos el nivel se encontró por encima del 60% (Fig. 9).

**Figura 10**

*Dendrograma de Morisita-Horn para temporada seca en un tributario de primer orden del río Rímac, San Jerónimo de Surco (Lima-Perú). RIR: Rivera rala, CIC: Caída de catarata, CAC: Cabecera de catarata, QV: Quebrada verde y ROE: Roca de embalse.*



*Nota.* Se observó que las estaciones CIC y RIR fueron las que obtuvieron mayor similitud de especies, en este caso considerando los datos de abundancia, cabe destacar que los niveles de similitud entre todas las estaciones fueron altos ya que en todos los casos el nivel se encontró por encima del 80% (Fig. 10).

**Tabla 15**

*Análisis de diversidad a nivel genérico de los macroinvertebrados en temporada lluviosa. RIR: Rivera rala, CIC: Caída de catarata, CAC: Cabecera de catarata, QV: Quebrada verde y ROE: Roca de embalse.*

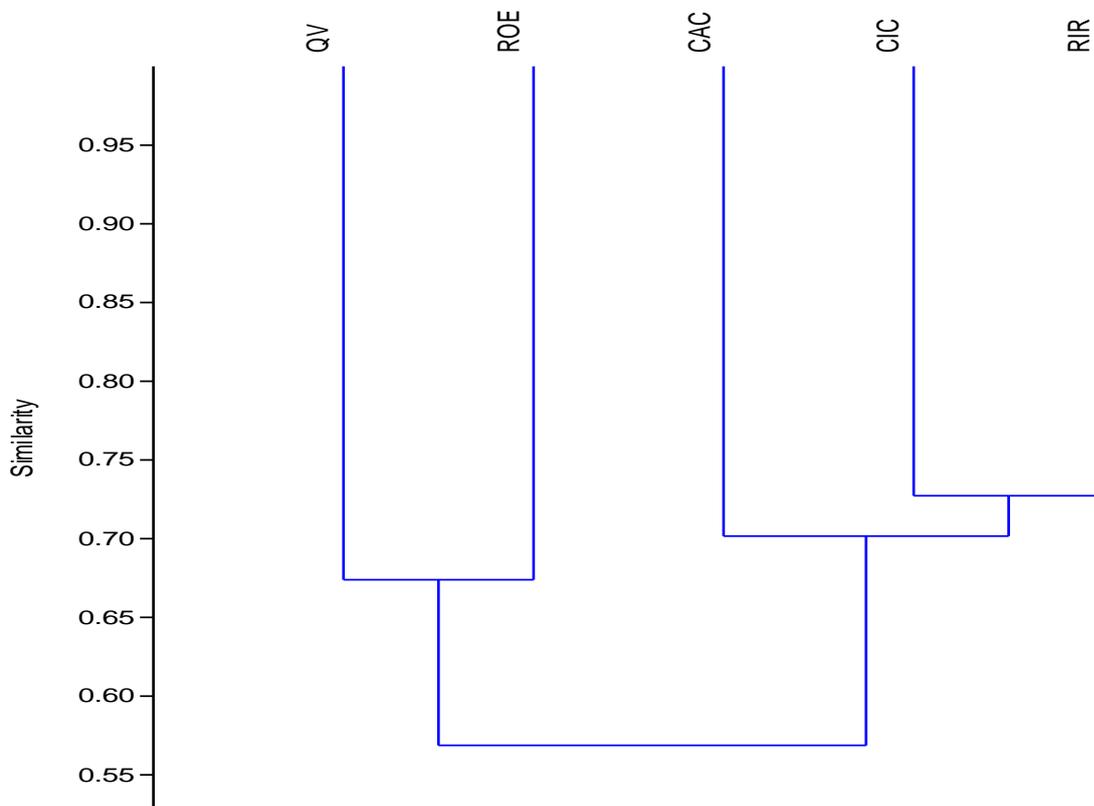
Índices de Diversidad	RIR	CIC	CAC	QV	ROE
Riqueza	36	40	36	32	45
Abundancia	999	1177	1145	2151	1827
Dominancia de Simpson	0,86	0,83	0,83	0,80	0,83
Diversidad de Shannon	2,47	2,35	2,29	2,12	2,37
Diversidad de Margalef	5,06	5,51	4,96	4,04	5,85
Equidad de Pielou	0,69	0,63	0,63	0,61	0,62

*Nota.* El análisis utilizando los índices de diversidad alfa, Muestran de forma general que las estaciones de muestreo tienen una diversidad media-alta, el índice de Simpson indica una alta dominancia en todas las estaciones de estudio esto debido a los géneros *Microcylloepus* y *Simulium* los cuales superaron el 50% del total de abundancia a lo largo del tramo de la quebrada. En base a los resultados de riqueza y abundancia, se detallan los valores de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ), índice de Margalef ( $d$ ) y equidad de Pielou ( $J'$ ) para cada punto de muestreo. La diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) registró valores desde 2,12 bits en QV hasta 2,47 bits en RIR, Cabe mencionar que los valores de  $H'$  por encima de 3,00 bits se relacionan a un escenario de alta diversidad, que corresponden por lo general a ambientes en condiciones ambientales normales, con niveles de riqueza medios a altos (potencialmente) y una equidad alta. La riqueza de Margalef obtuvo valores desde 4,04 en QV hasta 5,85 en ROE. La equidad de Pielou ( $J'$ ) al igual que todos los índices anteriores fue muy poco variable entre las estaciones de muestreo, con valores que fueron desde 0,61 en QV hasta 0,69 en RIR. Cabe

mencionar que, valores mayores a 0,5 expresan comunidades más equilibradas (baja entropía), respecto a la dominancia de uno o más taxones (Tabla 15).

### Figura 11

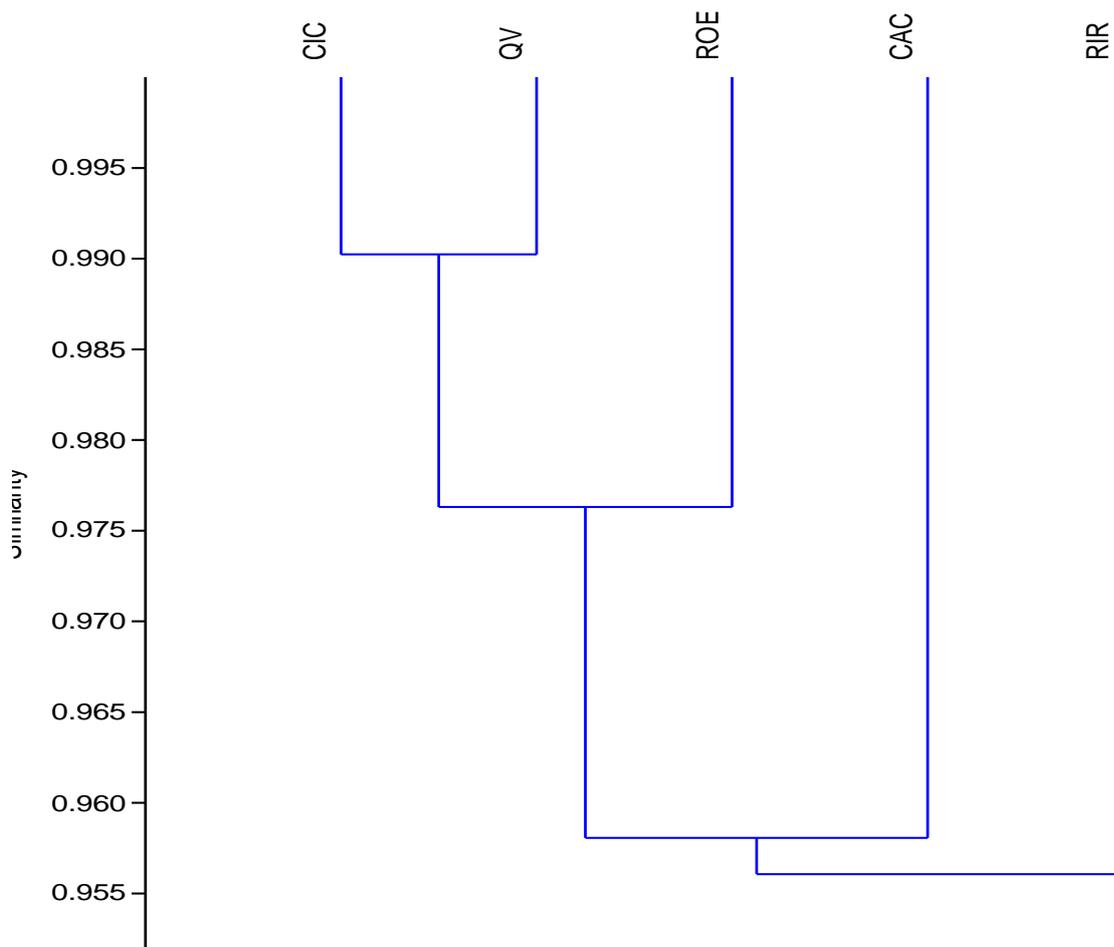
*Dendrograma de Similitud de Jaccard en las cinco estaciones de estudio durante la temporada lluviosa en un tributario de primer orden del río Rímac, San Jerónimo de Surco (Lima-Perú). RIR: Rivera rala, CIC: Caída de catarata, CAC: Cabecera de catarata, QV: Quebrada verde y ROE: Roca de embalse.*



*Nota.* Se observó que las estaciones CIC y RIR fueron las que obtuvieron mayor similitud de especies, en este caso considerando solo los datos de presencia y ausencia, cabe destacar que los niveles de similitud entre todas las estaciones fueron medianamente altos, dado que en todos los casos el nivel se encontró por encima del 55% (Fig. 11).

**Figura 12**

*Dendrograma de Similitud de Morisita-Horn en las cinco estaciones de estudio durante la temporada lluviosa en un tributario de primer orden del río Rímac, San Jerónimo de Surco (Lima-Perú). RIR: Rivera rala, CIC: Caída de catarata, CAC: Cabecera de catarata, QV: Quebrada verde y ROE: Roca de embalse.*



*Nota.* Se observó que las estaciones CIC y QV fueron las que obtuvieron mayor similitud de especies, en este caso considerando los datos de abundancia, cabe destacar que los niveles de similitud entre todas las estaciones fueron altos dado que en todos los casos el nivel se encontró por encima del 95% (Fig. 12).

La prueba PERMANOVA, Comparo la temporada seca y temporada lluviosa. Obteniendo; Permutación N: 9999, Suma total de cuadrados: 0.89, Suma de cuadrados dentro del grupo: 0,38; F: 10,67 y P: 0,0085. Esto quiere decir que existen diferencias significativas entre ambas temporadas (Tabla 16).

**Tabla 16**

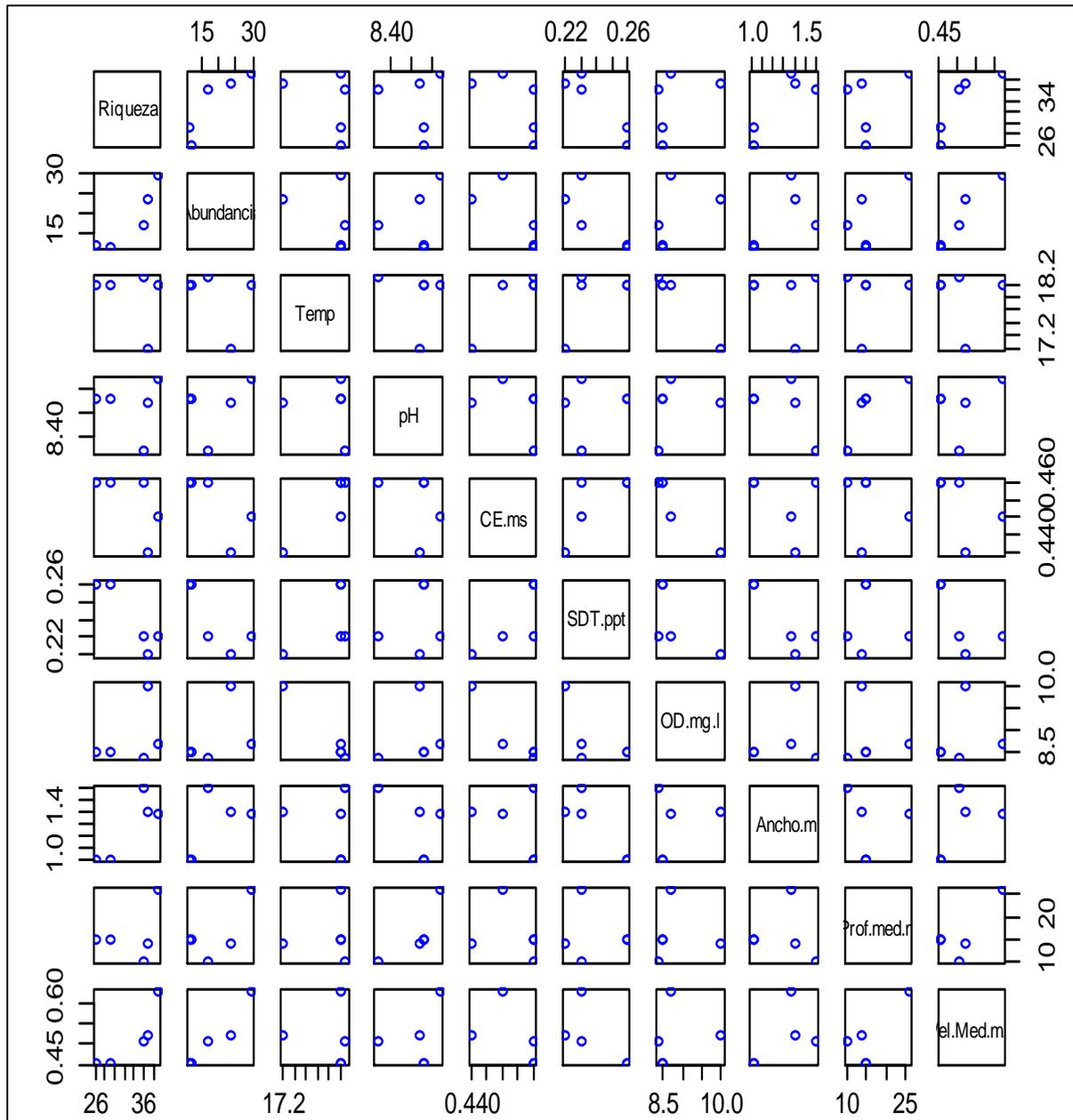
*Géneros dominantes en las dos temporadas de estudio, utilizadas para el análisis simper.*

Taxones	Disimilitud promedio	Contribución%	Acumulativo%	Abundancia media 1	Abundancia media. 2
<i>Microcylloepus</i>	11,23	21,47	21,47	80,2	454
<i>Baetodes</i>	8,93	17,08	38,54	410	79,8
<i>Simulium</i>	8,75	16,74	55,28	581	280
<i>Andesiops</i>	7,67	14,67	69,95	440	194
<i>Austrelmis</i> Brown, 1984	3,14	6,01	75,97	17,8	126
Orthoclaadiinae indet.	2,07	3,96	79,93	89	23,4
<i>Podonomus</i> Philippi, 1865	2,03	3,88	83,82	72,8	1,8
<i>Metrichia</i>	1,34	2,58	86,4	6,4	47,4
<i>Psephenus</i> DeKay, 1844	0,84	1,61	88,02	3,6	29,2
<i>Macrelmis</i> Motschulsky, 1859	0,76	1,45	89,47	2,8	28,2

*Nota.* Dado que se encontró diferencias significativas entre ambas temporadas, se hizo una prueba de comparación SIMPER entre los taxones más abundantes en ambas temporadas. La especie que contribuye con mayor contribución a la diferencia entre ambas estaciones, con sus respectivas contribuciones son: *Microcylloepus* (21,47%), *Baetodes* (17,08), *Simulium* (16,74%), *Andesiops* (14,67%) (Tabla 16).

**Figura 13**

*Diagrama de dispersión de diversidad en relación a los parámetros ambientales durante la temporada seca en un tributario de primer orden del río Rímac, San Jerónimo de Surco (Lima-Perú).*

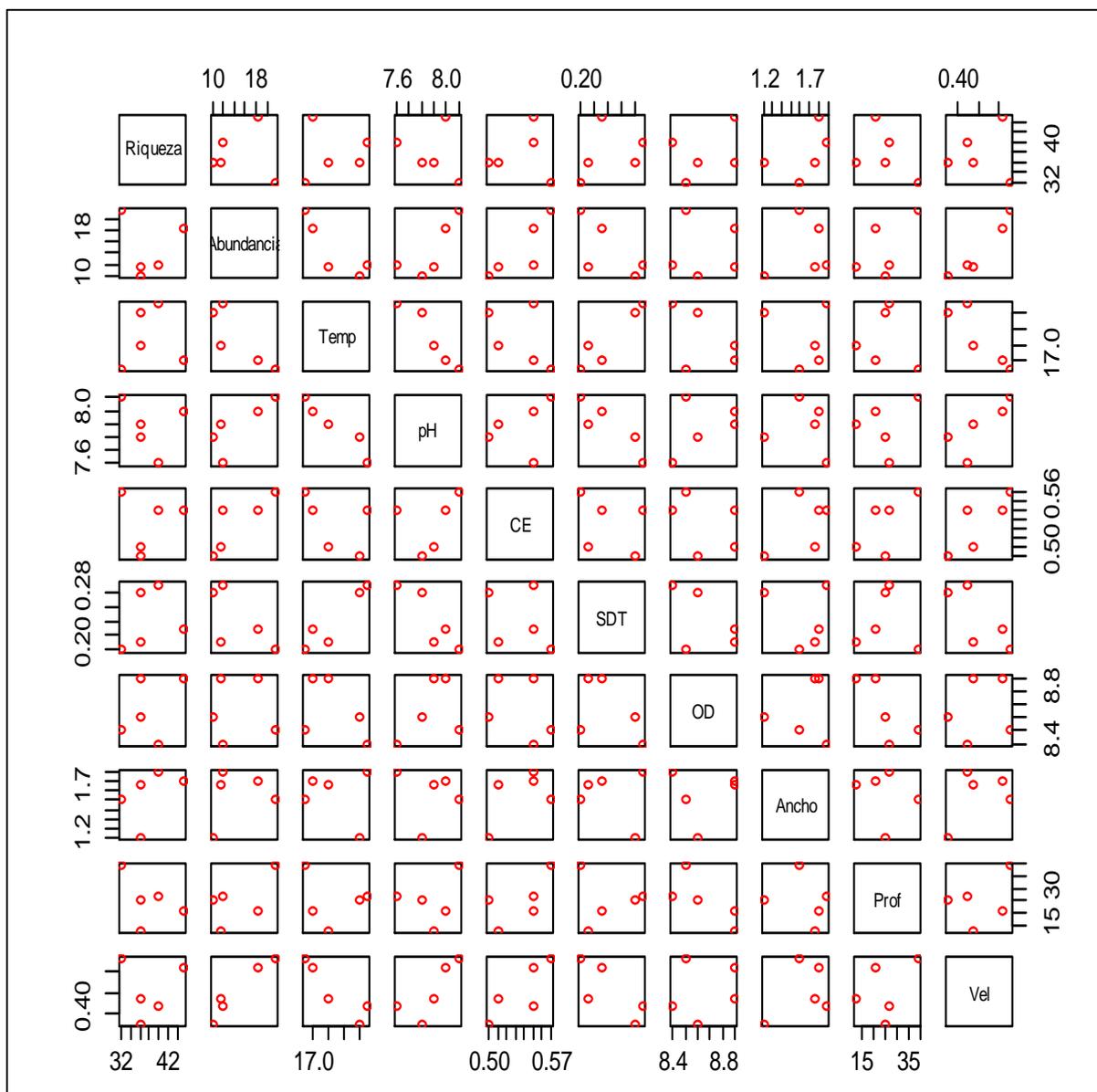


*Nota.* Según el diagrama de dispersión, ni la temperatura ni el pH influyen en la riqueza o en la abundancia de las especies. Pero si se puede observar una concordancia del comportamiento de las variables de profundidad media, ancho y velocidad media en los parámetros de

diversidad. Para comprobar los indicios de esta relación se procedió a someter los datos al análisis de correlación (Fig. 13).

### Figura 14

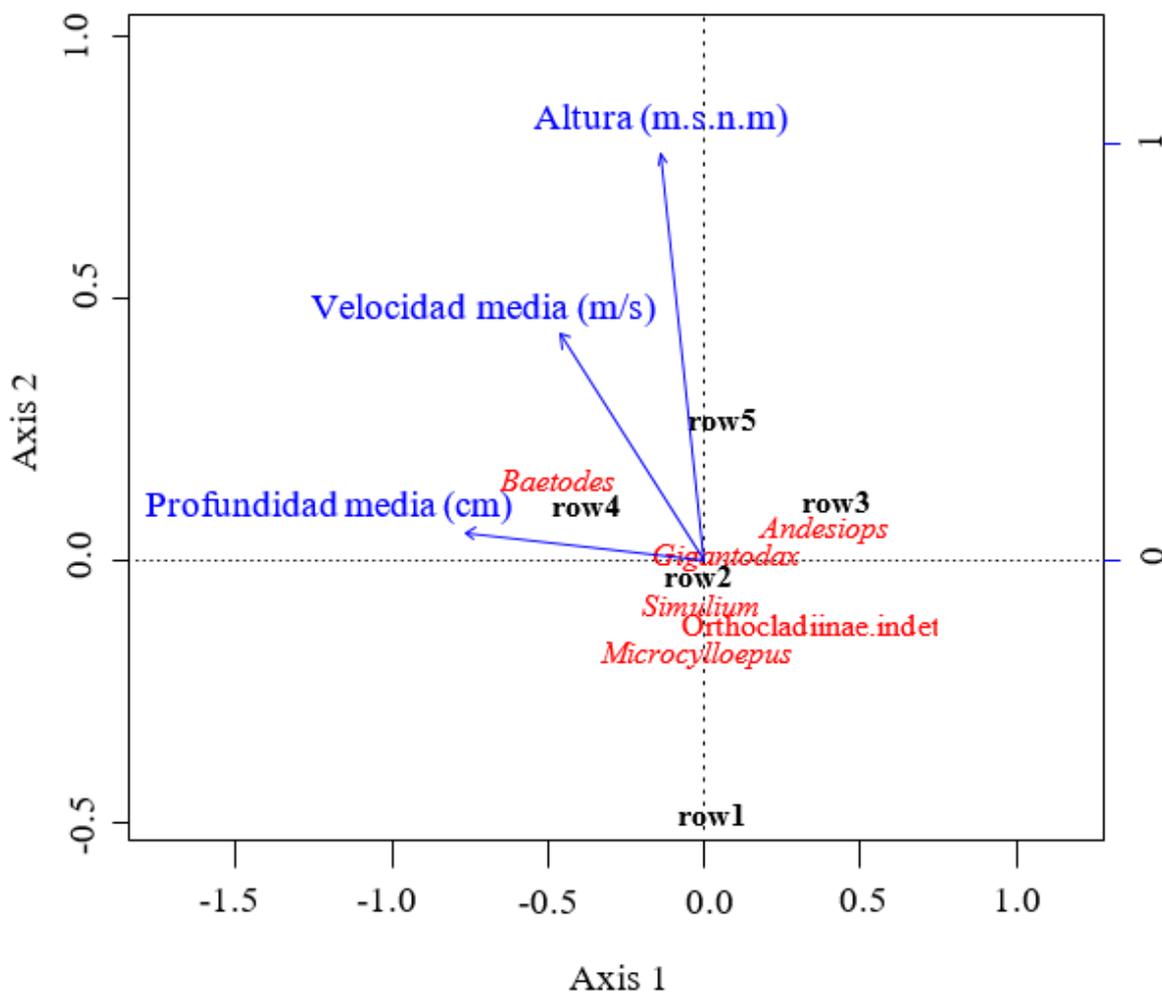
*Diagrama de dispersión de diversidad en relación a los parámetros ambientales durante la temporada lluviosa en un tributario de primer orden del río Rímac, San Jerónimo de Surco (Lima-Perú).*



*Nota.* Según el diagrama de dispersión, la mayoría de las variables fisicoquímicas parecen influenciar en el parámetro Riqueza durante la época húmeda, pero se puede apreciar valores extremos en la tendencia. Sin embargo, el parámetro Abundancia parece mostrar dependencia frente a las variables pH, CE y Velocidad media, este último sin mostrar valores extremos alejados de la tendencia (Fig. 14).

**Figura 15**

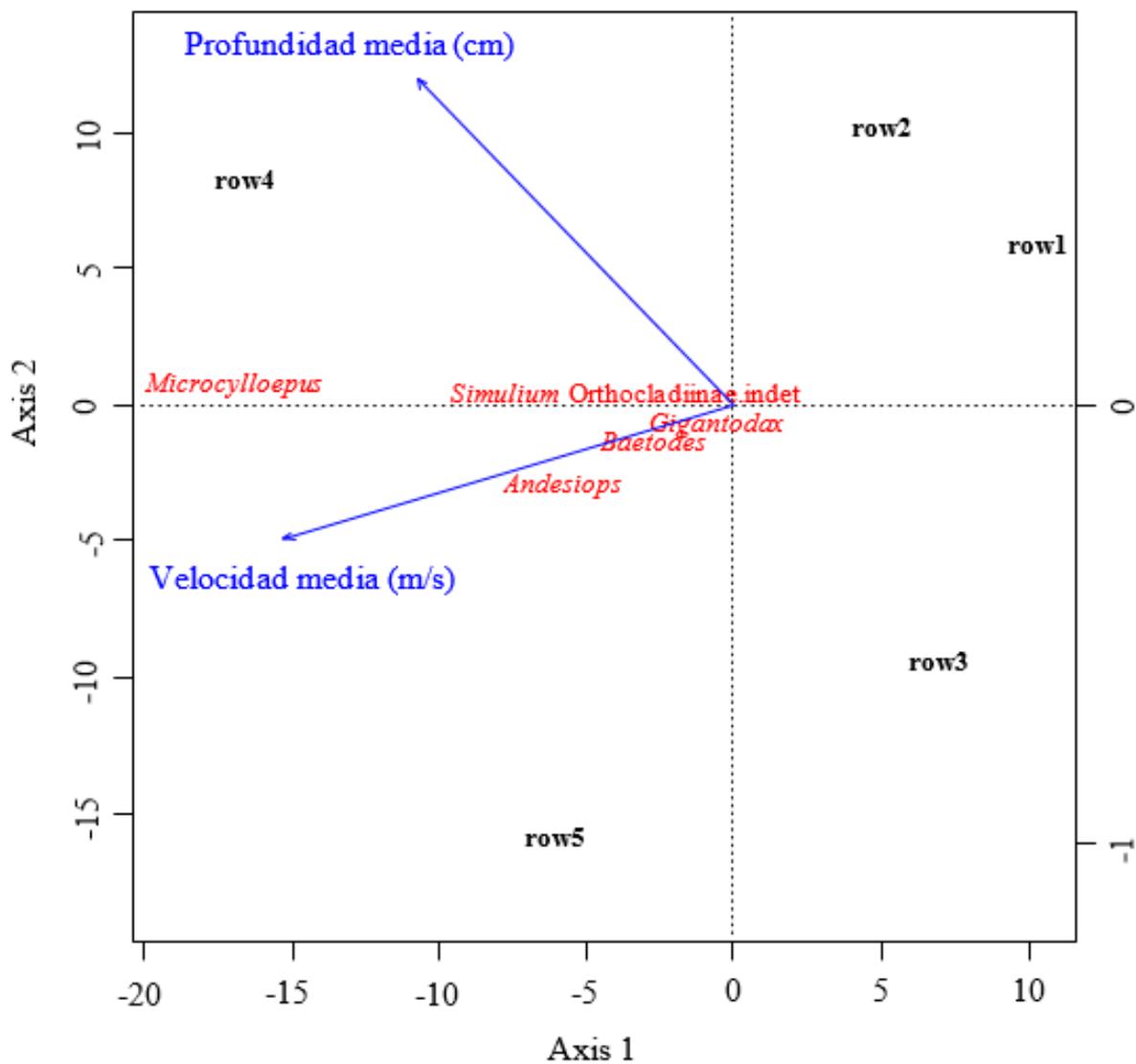
*Análisis de correspondencia canónica a nivel genérico durante la temporada seca en un tributario de primer orden del río Rímac, distrito de San Jerónimo de Surco (Lima – Perú).*



*Nota.* Se observó que, dentro de los taxones más abundantes, *Baetodes* es la más relacionada a la profundidad y velocidad medias, al igual que *Gigantodax* Edwards, 1931. Aparentemente las demás especies no se encuentran muy relacionadas a estas variables ambientales (Fig. 15).

**Figura 16**

*Análisis de correspondencia canónica a nivel genérico para la temporada lluviosa en un tributario de primer orden del río Rímac, San Jerónimo de Surco (Lima-Perú).*



*Nota.* Se observó que dentro de los taxones más abundantes los géneros *Andesiops*, *Baetodes* y *Gigantodax* fueron los más influenciados por la velocidad media (Fig. 16).

**Tabla 17**

*Valores para los índices biológicos de calidad de agua obtenidos en la temporada seca en un tributario de primer orden del río Rímac, San Jerónimo de Surco (Lima-Perú). RIR: Riverarala, CIC: Caída de catarata, CAC: Cabecera de catarata, QV: Quebrada verde y ROE: Roca de embalse.*

Índices	RIR	CIC	CAC	QV	RE	Promedio
<b>Valor nPeBMWP</b>	75	71	123	129	130	105,6
Calidad	Aceptable	Aceptable	Buena	Buena	Buena	Buena
Interpretación	Aguas con signo de estrés	Aguas con signo de estrés	Aguas muy limpias	Aguas muy limpias	Aguas muy limpias	Aguas muy limpias
Color	Verde	Verde	Azul	Azul	Azul	Azul
<b>Valor IBF</b>	5,22	5,19	4,95	5,05	4,85	5,05
Calidad	Regular	Regular	Buena	Regular	Buena	Regular
Clase	IV	IV	III	IV	III	IV
<b>Valor ABI</b>	63	71	117	124	128	100,6
Calidad	Bueno	Bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno
<b>Riqueza EPT</b>	4	5	7	7	8	7
Calidad	Moderadamente impactado	Moderadamente impactado	Levemente impactado	Levemente impactado	Levemente impactado	Levemente impactado
Total EPT	438	503	872	1387	1204	975
Total de individuos	1220	1169	1724	2968	2348	2065
<b>%EPT</b>	35,94	43,43	50,58	47,03	51,27	46,2
Clase	3	3	2	3	2	2
Calidad	Regular	Regular	Buena	Regular	Buena	Regular

**Tabla 18**

*Valores para los índices biológicos de calidad de agua obtenidos en la temporada lluviosa en un tributario de primer orden del río Rímac, San Jerónimo de Surco (Lima-Perú). RIR: Rivera rala, CIC: Caída de catarata, CAC: Cabecera de catarata, QV: Quebrada verde y ROE: Roca de embalse.*

Índices	RIR	CIC	CAC	QV	ROE	Promedio
<b>Valor nPeBMWP</b>	117	127	118	117	143	124,4
Calidad	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena
Interpretación	Aguas muy limpias	Aguas muy limpias	Aguas muy limpias	Aguas muy limpias	Aguas muy limpias	Aguas muy limpias
Color	Azul	Azul	Azul	Azul	Azul	Azul
<b>Valor IBF</b>	5,19	4,58	4,61	4,76	4,60	4,74
Calidad	Regular	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena
Clase	IV	III	III	III	III	III
<b>Valor ABI</b>	114	118	102	105	128	113,4
Calidad	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno
<b>Riqueza EPT</b>	7	8	7	8	8	9
Calidad	Moderadamente impactado	Levemente impactado				
Total EPT	275	265	309	465	464	355
Total de individuos	999	1177	1145	2151	1827	1459
<b>%EPT</b>	27,74	22,86	27,36	21,73	25,69	25,07
Clase	3	4	3	4	3	3
Calidad	Regular	Mala	Regular	Mala	Regular	Regular

*Nota.* Las Tablas 17 y 18 muestran los valores obtenidos por cinco índices biológicos para estimar la calidad de agua, dos de ellos adaptados para la realidad peruana. Durante la estación seca se observó de forma general que las estaciones tienen una relativa buena calidad de agua,

en especial las estaciones CAC, QV y RE, Que son las que se encuentran a mayor elevación, esto se puede deber a que la estación CIC y RIR presentaba signos de perturbación física de origen antropogénico, El cual no es detectable con el análisis fisicoquímico, dado que este consistió en desmontes de tierra y desechos plásticos, Cabe resaltar que la catarata Huanano se encuentra a pocos metros de esta estación CIC y esta sirve como atractivo turístico para la provincia de San Jerónimo de Surco, y por ende en muchos casos de mucha confluencia de personas, Mientras que en la estación lluviosa no se apreció mucha diferencia en relación a la gradiente altitudinal obtenido de forma general una calidad de agua más homogénea.

Las morfoespecies representativas de macroinvertebrados bentónicos son indicadas en las Figuras 17 al 67 de igual manera la lista de taxas colectadas en la temporada seca y lluviosa es mostrado en la Tabla 19.

## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Comparando los valores de riqueza y abundancia, los índices de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ), de equidad de Pielou ( $J'$ ), Simpson ( $\lambda$ ) y la prueba PERAMOVA se observan diferencias significativas a nivel temporal determinadas por la hidrología de la quebrada. Se encontró una mayor riqueza y abundancia de individuos en la temporada lluviosa y seca respectivamente, Si bien estos resultados contrastan en parte, con los obtenidos por Villamarín (2008) y Acosta (2009) en donde la mayor riqueza de especies se vio en la temporada seca, Es importante considerar la variable de dominancia en este caso utilizando, el índice de Simpson ( $\lambda$ ) dado que este índice está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes Magurran (1988) y Peet (1974), Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como  $1 - \lambda$  Lande (1996), de esta manera se observó mayor dominancia en la temporada lluviosa, a pesar de que fue la que obtuvo mayor valor respecto a la diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) esto se puede deber a que fue en la que se registró mayor riqueza específica con 53 taxones.

Según el análisis SIMPER, a nivel temporal, el mayor porcentaje fue para *Microcylloepus* (21,47%) seguido de los géneros *Baetodes* (17,08%), *Simulium* (16,74%) y *Andesiops* (14,67%), este dato es interesante dado que si bien es conocida la dominancia de la familia elmidae en ecosistemas loticos de alta montaña, normalmente a nivel genérico suele ser *Austrelmis* Brown, 1984 el de mayor distribución y abundancia como lo reporta Acosta (2012) en un estudio realizado en la cuenca alta del río Cañete, el cual utilizando el mismo análisis reporto una contribución de 10,31 % para este género, Pero siendo superado en contribución por los géneros *Hyalella* Smith, 1874 y *Andesiops*, de igual manera en el trabajo realizado por Huanachin y Huamantínco (2018) en el cual se evaluó la composición y estructura de la comunidad de coleópteros acuáticos en Cusco, donde también fue reportado a *Austrelmis* como

el género dominante representando el 62,95% del total de organismos colectados. En el presente trabajo la dominancia por la familia Elmidae se vio en la temporada lluviosa, en el periodo de aguas altas en donde los patrones de lluvia se manifiestan de manera intensa y prolongada, cambiando abruptamente la estructura física del cauce, los microhábitats y la biota (Arias *et al.*, 2007; Vásquez *et al.*, 2010; Terneus *et al.*, 2012; Aguirre *et al.*, 2012; Serna *et al.*, 2015). Esto se podría explicar dado que al tratarse de una quebrada de primer orden, esta se puede ver notablemente afectada por la remoción de sustratos, generados por las precipitaciones y así afectando a los organismos que se encuentran en sustratos fijos cerca de la superficie como es el caso de los simúlidos (Coscaron, 2009), los cuales fueron dominantes en la temporada seca, pero observándose su abundancia reducida en la temporada lluviosa y por otra parte favoreciendo a organismos que pueden adaptarse a distintos ambientes dado que presentan otros mecanismos de respiración, como es el caso del plastrón para los elmidos (Dominquez y Fernández, 2009), de esta manera la dominancia de *Microcylloepus* en comparación a otros elmidos se puede explicar dado que este género posee una alta resistencia a los periodos de aguas altas y cambio de microhábitats como reporta Aguilera y Vásquez (2019) en un estudio realizado en Rio Ocola en Colombia, donde solo dos del total de nueve géneros de elmidos registrados fueron capaces de tolerar estas circunstancias, dentro de los cuales se encuentra precisamente *Microcylloepus*.

El género *Microcylloepus* ha sido poco reportado en nuestro país, Según una revisión realizada por Shepard (2015) en Perú se han reportado tres especies para este género *M. angustus* Hinton, 1940, *M. latus* Bug, 1973 y *M. steffani* Bug, 1973, siendo las dos últimas endémicas de Perú. Desde el punto de vista estacional Sajami (2015) menciona la presencia de *Microcylloepus* en una quebrada de primer orden del rio Junín, durante la temporada lluviosa, en nuestro estudio si bien se reportó tanto en la temporada seca como lluviosa su mayor abundancia se vio en esta última, siendo el taxón más abundante.

Alomia *et al.* (2017) realizaron un estudio en macroinvertebrados bentónicos para evaluar la calidad de agua en la cuenca alta del río Huallaga entre los 3655 msnm hasta los 1866 msnm, los resultados revelaron la dominancia de las familias chironomidae y baetidae en las temporadas seca y lluviosa respectivamente, Si bien en el presente trabajo la familia baetidae fue una de las más abundantes especialmente en la temporada seca, no sucedió lo mismo con la familia chironomidae dado que presentó una abundancia baja siendo superada ampliamente por otras familias como simuliidae y elmidae en la temporada seca y lluviosa respectivamente, de igual manera se usaron índices biológicos para estimar la calidad de agua. en el presente trabajo para el caso del índice BMWP se decidió usar la adaptación nacional realizada para los ríos del norte (Medina *et al.*, 2008), dado que utilizando la adaptación hecha para Colombia por Roldan (2003) se hubieran obviado algunas familias como son Grypopterigidae y Ephydriidae las cuales fueron reportadas en los dos estudios mencionados, en ambos trabajos se observó mayor abundancia en la temporada seca esto se podría deber a que el aumento del caudal generalmente condiciona una baja abundancia de organismos en las comunidades de macroinvertebrados, y los niveles bajos del caudal permiten la recuperación del número de individuos (Molina *et al.*, 2008) de esa manera se propicia la futura recuperación y estabilidad de las comunidades.

La familia baetidae fue una de las de mayor abundancia en el estudio, esta incluyó tres géneros: *Andesiops*, *Baetodes* y *Camelobaetidius* Demoulin, 1966. Domínguez y Fernández (2009) señalan que estos géneros solo son encontrados en lugares de mucha corriente con sustrato pedregoso, el cual es precisamente el tipo de sustrato dominante en las cinco estaciones de estudio del presente trabajo.

En el estudio de Medina *et al.* (2008) en Lambayeque - Perú el cual evaluó 18 estaciones en los ríos del Alto Chicama, se encontraron 7 Clases, 13 órdenes y 46 familias de

macroinvertebrados, a diferencia del nuestro que se encontró una cantidad ligeramente menor, esto se podría deber a que nuestra área de estudio fue menos extensa, pero se ve contrarrestado dado que la intensidad del muestreo y la cantidad de réplicas tomadas por estación de muestreo fue mayor, Si bien la cantidad de estaciones de muestreo fue superior en el trabajo realizado en Lambayeque, Se pudo aplicar satisfactoriamente el índice para el presente estudio, dado que a diferencia de otros índices internacionales, Se pudo utilizar al 100% todas las taxones evaluadas obteniendo de manera promedio una buena calidad de agua, mientras que en Lambayeque la calidad promedio fue aceptable.

Villamarin (2008) describió la composición de macroinvertebrados bentónicos en ríos alto andinos del Perú y Ecuador, encontrando ha *Andesiops* y *Hyaella* como los más abundantes en las 48 estaciones evaluadas tanto en temporada seca como lluviosa, En el presente trabajo si bien *Andesiops* fue uno de los géneros más abundantes en ambas temporadas, esto no se observó con *Hyaella* dado que si bien fue registrada su presencia, este género tuvo una abundancia muy baja siendo menor al 1%, esto se puede deber a que *Hyaella* se encuentra asociada principalmente a sustratos orgánicos como son hojarascas, macrofitas y musgos (Acosta, 2009), los cuales no fueron abundantes en las presentes estaciones de estudio, por el contrario estas estuvieron dominadas por sustratos inorgánicos como cantos rodados y rocas de distintos tamaños.

Iannacone *et al.* (2013) evaluaron la comunidad de macroinvertebrados en el río Lurín en Lima, obteniendo nueve taxones, Siendo la familia chironomidae la dominante, Asimismo los niveles de Oxígeno disuelto en tres de las cinco estaciones evaluadas fueron muy bajas, menores a 0,45 mg/l , En el presente trabajo si bien se encontró la presencia de chironomidos, estos no superaron el 10% de abundancia, En su lugar otros dípteros como simulidos fueron más abundantes, esto se puede deber a la gradiente altitudinal y a los mayores valores de

Oxígeno disuelto registrados en el presente estudio. Dado que según Coscaron (2009) el oxígeno disuelto en el agua constituye un factor determinante ya que los simúlidos, necesitan alto contenido de este en forma de micro burbujas, Mientras que los chironomidos resisten bajas concentraciones de oxígeno, situación que muy pocos organismos toleran (Coffman y Ferrington, 1979).

Ortiz (2012) evaluó la distribución espacio temporal de trichopteros en pequeñas quebradas de Matucana, En su estudio encontró cinco géneros *Atopsyche* Banks, 1905; *Cailloma* Ross y King (1952); *Metrichia*; *Smicridea* McLachlan, 1871 y *Anomalocosmoecus* Scdmid, 1957. En el presente estudio se reportaron seis géneros de trichopteros con la diferencia que se reportaron a *Nectopsyche* Mueller, 1879 y *Polycentropus* Curtis, 1835 en lugar de *Anomalocosmoecus*. Esto se puede deber a que este último tiene preferencia por ambientes de gran altitud, encontrándose generalmente en rangos de altitud entre 3000 y 4000 msnm según Jacobsen (2000), siendo este rango altitudinal mayor al evaluado en el presente trabajo.

La variación en los parámetros fisicoquímicos en un sistema lotico en muchos casos es de difícil detección, dada la naturaleza continua del cuerpo de agua, por ende, el conocimiento de la comunidad de los macroinvertebrados bentónicos se asoma como una alternativa rápida y económica, con la ventaja que esta es más estable a lo largo tiempo (Vivas, 2002). Existen propuestas emergentes para el uso de los macroinvertebrados bentónicos como herramientas de vigilancia ambiental las cuales incluyen también a la comunidad de pobladores como participes de los monitoreos ambientales previa capacitación con profesionales especializados, en los cuales se observan posibilidades de eficiencia muy altas (Flores y Huamantincó, 2017)

Custodio *et al.* (2018) evaluaron la calidad de agua y la diversidad de macroinvertebrados bentónicos en humedales altoandinos en el departamento de Junín,

obteniendo como resultado una alta relación entre los parámetros fisicoquímicos y la diversidad de macroinvertebrados bentónicos así como una fuerte influencia de las actividades antropogénicas en la calidad del ambiente acuático y la diversidad de organismos, coincidiendo en cierta manera ya que si bien se observó una fuerte relación entre los parámetros fisicoquímicos con la diversidad de macroinvertebrados acuáticos, no fue notable una diferencia significativa entre la diversidad de estos organismos en las estaciones con menor y mayor influencia antropogénica en este último caso siendo CIC y RIR, dado que se encuentran próximas a la catarata Huanano, la cual es usada como atractivo turístico, Esto podría confirmar que actividades no extractivas y poco invasivas son sostenibles con la conservación de ecosistemas acuáticos, En dicho estudio se obtuvo al igual que en el presente trabajo al phylum artrópoda como el más abundante, aunque de manera más específica se observaron diferencias ya que en el trabajo realizado en Junín se observó una amplia dominancia del orden díptera, con la familia chironomidae como la más abundante mientras que en el presente trabajo hubieron otros ordenes que también presentaron gran abundancia como fueron ephemeroptera y coleoptera, siendo este último el más abundante en la temporada lluviosa, esto se puede deber a que el orden coleóptera estuvo representado principalmente por la familia elmidae, dado que estos organismos habitan comúnmente ambientes loticos, con elevada velocidad de corriente y buena disponibilidad de oxígeno, donde son importantes constituyentes de la comunidad bentónica, también pueden ser encontrados en ambientes lenticos donde solo serían transeúntes (Hinton, 1940) características hidrológicas que fueron las que se observaron en el presente trabajo.

Los macroinvertebrados se encuentran distribuidos en parches, estos están asociados principalmente al tipo de microhabitat, sustrato y a la disponibilidad de alimento que encuentran en su entorno, es por ello importante evaluar los principales microhabitats y sustratos, estos últimos se dividen de manera general en sustratos orgánicos e inorgánicos. Silva

y Huamantínco (2022) evaluaron esta distribución en dos ríos altoandinos de Ayacucho encontrando diferencia significativa entre la distribución de los organismos en relación al tipo de microhabitat, obteniendo como resultado una alta dominancia de ephemeropteras en microhabitats con sustratos inorgánicos (rocas de tamaño mediano) y chironomidos en microhabitats de poza con presencia de materia orgánica (algas), En el presente trabajo si bien se encontró una presencia considerable de ambos taxones, la mayor abundancia se vio en la primera, en especial en la temporada seca, esto está relacionado al tipo de morfología del cuerpo de agua estudiado, el cual estuvo dominado por sustratos rocosos, poca profundidad, escasa presencia de macrofitas y de algas filamentosas, lo cual favorece a organismos con apéndices especializados para sujeción y/o morfología hidrodinámica, Teniendo estas consideraciones hace imprescindible que se identifiquen estos microhabitats para así poder realizar un muestreo adecuado tanto en los estudios de biodiversidad como en los de impacto ambiental en donde los macroinvertebrados se convierten en una herramienta para la toma de decisiones, esto se vuelve crucial considerando que la mayoría de estudios de impacto ambiental en el Perú se realizan en ecosistemas loticos en donde se aplica principalmente el muestreo por medio de la red surber, el cual corresponde a un método cuantitativo, esto entra en contraste considerando que los principales índices de calidad de agua que se solicitan son cualitativos MINAM (2018), es por ello importante recurrir a la identificación adecuada de microhabitats y al uso de réplicas para suplir estas carencias.

## VI. CONCLUSIONES

- Existe una diversidad media-alta de macroinvertebrados bentónicos, representado principalmente por los Ordenes: Diptera, Ephemeroptera y Coleoptera, Así como una marcada dominancia por los géneros *Simulium* y *Microcylloepus* en la temporada seca y lluviosa respectivamente, mientras que baetidos como *Andesiops* y *Baetodes* mantuvieron cantidades abundantes y relativamente constantes en ambas temporadas.
- Se observó diferencia significativa tanto en la riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos durante la temporada seca y lluviosa, reportándose mayor riqueza y abundancia, en la temporada lluviosa y seca respectivamente.
- La relación entre parámetros ambientales a nivel de diversidad general, fue variable en ambas temporadas, mientras que la relación a nivel genérico, utilizando los taxones más abundantes estuvo relacionada principalmente a la velocidad media.
- Utilizando los índices biológicos se obtuvo de forma general una buena calidad de agua siendo esta por lo menos aceptable en todas las estaciones de muestreo, Se observó relación directa con los parámetros fisicoquímicos dado que todos se encontraron por encima de los valores calidad de agua mínimos aceptados según los “estándares de calidad ambiental (ECA) para agua: 2017” (Categoría 4: conservación del ambiente acuático, E2: Ríos de Costa y Sierra).

## VII. RECOMENDACIONES

- Si bien en la mayoría de estudios se emplea el nivel de familia, dado que es suficiente para poder utilizar a los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua, sería ideal llegar a una mayor resolución taxonómica como podría ser el nivel de género, dado que existen dentro de determinadas familias géneros que exhiben características que los facultan para tener una mayor o menor tolerancia a la tradicionalmente aceptada para dicha familia, tal tarea es ambiciosa dado que requeriría una mayor investigación a nivel de susceptibilidad a cambios ambientales, taxonómico, formación de especialistas y sobre todo generar data de distribución regional la cual debería realizarse principalmente en cabeceras de cuenca y de esta manera tener un inventario de los ambientes más prístinos hasta llegar a los que tienen una mayor influencia antropogénica y así sea factible calibrar futuros índices biológicos nacionales.

## VIII. REFERENCIAS

- Acosta, R. (2009). Estudio de la cuenca alto andina del río cañete (Perú): distribución altitudinal de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y caracterización hidroquímica de sus cabeceras cársticas. [Tesis de doctorado]. Universidad de Barcelona. [http://www.ub.edu/riosandes/docs/TESIS\\_RAUL\\_ACOSTA.pdf](http://www.ub.edu/riosandes/docs/TESIS_RAUL_ACOSTA.pdf)
- Acosta, R., Rios, B., Rieradevall, M. y Prat, N. (2009). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, 28, pp. 35-64. <https://doi.org/10.23818/limn.28.04>
- Aguirre, J., Rodríguez, R. y Ospina, R. (2012). Deriva de macroinvertebrados acuáticos en dos sitios con diferente grado de perturbación, Gaira, Santa Marta. *Intropica*, 7, pp. 9-19. <http://revistas.unimagdalena.edu.co/index.php/intropica/article/view/159>.
- Alba, J. y Sanchez, A. (1988). Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basada en el de Hellawell (1978). *Limnetica*, 4, pp. 51-56. <https://www.limnetica.com/documentos/limnetica/limnetica-4-1-p-51.pdf>
- Alba, J., Jaimez, P., Alvarez, M., Aviles, J., Bonada, N., Casas, J., Mellado A., Ortega, I., Pardo, M., Pardo, N., Rieradewall, S. Robles, C., Sanchez, A., Suarez, M., Toro, M., Vidal, M., Vivas, S. y Zamora, C. (2002). Caracterización del estado ecológico de ríos mediterráneos ibéricos mediante el índice IBMWP (antes BMWP). *Limnetica*, 21(3-4), pp. 175-182. <https://www.limnetica.com/documentos/limnetica/limnetica-21-2-p-175.pdf>
- Alomia, J., Iannacone, J. y Alvariño, L. (2017). Macroinvertebrados bentónicos para evaluar la calidad de las aguas de la cuenca alta del río Huallaga, Perú. *The Biologist (Lima)*, 15 (1), pp. 65-84. <https://revistas.unfv.edu.pe/rtb/article/view/144/136>

- Arana, J. y Cabrera, C. (2015). Macroinvertebrados acuáticos y caracterización ecológica de los ambientes dulceacuícolas del área de influencia del gasoducto PERÚ LNG en los departamentos de Ica y Huancavelica. *Revista del Instituto de Investigación FIGMMG-UNMSM*, 20, pp. 86-93. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v20i40.14394>
- Arana, J., Álvarez, D., Miranda, R., Tobes, I., Araujo, J., Carrasco, C. y Rayme, C. (2021). Distribución altitudinal de macroinvertebrados acuáticos y su relación con las variables ambientales en un sistema fluvial amazónico (Perú). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 45, pp. 1097-1112. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1436>
- Arias, D., Reinoso, G., Guevara, G. y Villa, F. (2007). Distribución espacial y temporal de los coleópteros acuáticos en la cuenca del río Coello (Tolima, Colombia). *Caldasia*, 29, pp. 177-194. <http://www.scielo.org.co/pdf/cal/v29n1/v29n1a14.pdf>
- Boon, J. y Howell, L. (Eds). (1997). *Freshwater quality: Defining the indefinable?* The Natural Heritage of Scotland Series. (pp. 552).
- Begon, M., Harper, J. y Townsed, C. (1988). *Ecología: individuos, poblaciones y comunidades*. Cap. 6. (pp. 205-248). Ed. Omega.
- Blocksom, K., kurtenbach, J., Klemm, D., Fulk, F. y Cormier, S. (2002). Development and evaluation of the Lake Macroinvertebrate Integrity Index (LMII) for New Jersey lakes and reservoirs. *Environmental Monitoring and Assessment*, 77, pp. 311-333. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1016096925401>
- Brack, A. (1986). Las ecorregiones del Perú. *Boletín de Lima*, 8 (44), pp. 57-70.
- Buendia, H., Rojas, T. y Perez, N. (2001). Propuesta de Ordenamiento Territorial del sector San Jerónimo de Surco-Huarochirí-Dpto. de Lima. *Revista del instituto de Investigación de*

la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas. 4 (7), pp. 33-45.

<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/3064>

Carrera, C. y Fierro, K. (2001). *Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*. En: Manual de Monitoreo. Editorial EcoCiencia. (pp. 52-56).

<https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=56374>

Chutter, F. (1972). An empirical biotic index of the quality of water in South African streams and rivers. *Water Research*, 6, pp. 19-30.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0043135472901704>

Chapman, D. (1996). *Water Quality Assessments. A guide to use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. Chapman y Hall.

Coffman, W.P. y Ferrington, Jr. (1979). *Chironomidae*. In: Merritt, R.W. y Cummins, K.W. (eds.). *An introduction to aquatic insects of North América*. 3ª Ed. (pp. 551-643).

Department of Entomology. Michigan State University.

Coscarón, C. (2009). *Díptera Simuliidae*. Capítulo 12. En: Domínguez, E. y H. Fernández (Eds): *Macroinvertebrados bentónicos Sudamericanos*. Publicación Especial 10, Fundación Miguel Lillo.

Custodio, M., Chaname, F., Pizarro, S. y Cruz, D. (2018). Quality of the aquatic environment and diversity of benthic macroinvertebrates of high Andean wetlands of the Junín region, Peru. *Egyptian journal of Aquatic Research*, 44, pp. 195-202.

<https://doi.org/10.1016/j.ejar.2018.08.004>

Darrigan, G., Vilches, A., Legarralde, T. y Damborenea, C. (2007). *Guía para el estudio de macroinvertebrados*. Buenos Aires – Argentina, Serie Técnica Didáctica, 10, pp. 17-19.

- Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. *Aprueban los estándares nacionales de calidad ambiental para agua*. (7 de junio de 2017). Ministerio de Ambiente. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
- Dewalt, R., Webb, D. y Harris, M. (1999). Summer Ephemeroptera, Plecoptera, and Trichoptera (EPT) species richness and community structure in the lower Illinois River basin of Illinois. *Great Lakes Entomologist*, 32, pp. 115-132. <https://core.ac.uk/download/pdf/216806878.pdf>
- DOCE. (2000). *Water Framework Directive*. 2000/60/EC. OJL 327/1 December 22, 2000.
- Domínguez, E. y Fernández, H. (2009). *Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos*. Fundación Miguel Lillo.
- Eaton, L. (2001). Development and validation of biocriteria using benthic macroinvertebrates for North Carolina estuarine waters. *Marine Pollution Bulletin*, 42, pp. 23-30. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(00\)00086-2](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(00)00086-2)
- García, R., Moi, D. y Pelaez, O. (2020). Effects of an altitudinal gradient on benthic macroinvertebrate assemblages in two hydrological periods in a Neotropical Andean river. *Ecologia Austral*, 30, pp. 33-44. <https://doi.org/10.25260/EA.20.30.1.0.995>
- Gonzales, L. (2017). *Potencial turístico del Distrito de San Jerónimo de Surco* [Tesis de pregrado]. Universidad Cesar Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/17255?show=full>
- Hamada, N., Thorp, J. y Rogers, D. (Eds.). 2018. *Thorp and Covich's freshwater invertebrates: Volume 3: Keys to Neotropical Hexapoda*. 4<sup>ta</sup> Ed. Elsevier.
- Hauer, F. y Lamberty, G. (1996). *Methods in stream ecology*. Academic Press.

- Hellawell, J. (1986). *Biological indicators of freshwater pollution and environmental management*. Elsevier.
- Hinton, H. (1940). The Percy Sladen Trust expedition to Lake Titicaca in 1937 under the leadership of Mr. H. Cary Gilson. VII. The Peruvian and Bolivian species of *Macrelmis* Motsch. (Coleoptera, Elmidae). *Transactions of the Royal Entomological Society*, 1, pp. 117-147.
- Huamantínco, A. y Ortiz, W. (2010). Clave de géneros de Larvas de Trichoptera (Insecta) de la Vertiente Occidental de los Andes, Lima, Perú. *Revista Peruana de biología*, 17, pp. 75-80. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1727-99332010000100009](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332010000100009)
- Huanachin, A. y Humantínco, A. (2018). Composición y estructura de la comunidad de coleópteros acuáticos (Insecta: Coleoptera) a lo largo de una gradiente altitudinal, Cusco, Perú. *Revista peruana de biología* 25(2), pp. 131–140. <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v25i1.13818>
- Huamantínco, A. y Flores, D. (2017). Desarrollo de una herramienta de vigilancia ambiental ciudadana basada en macroinvertebrados bentónicos en la cuenca del Jequetepeque (Cajamarca, Perú). *Ecología Aplicada*, 16, pp. 106-114. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v16i2.1014>
- Iannacone, J., Mansilla, J. y Ventura, K. (2003). Macroinvertebrados bentónicos en las lagunas de Puerto Viejo, Lima - Perú. *Ecología Aplicada*, 2, 116-124. <https://www.redalyc.org/pdf/341/34120118.pdf>

- Jacobsen, D. (2000). Gill size of trichopteran larvae and oxygen supply in streams along a 4000 m gradient of altitude. *Journal of the North American Benthological Society*, 19, 329-343. <https://doi.org/10.2307/1468075>
- Klemm, D., Blocksom, K., Thoeny, W., Fulk, F., Herlihy, A., Kaufman, P. y Cormier, S. (2002) Methods development and use of macroinvertebrates as indicators of ecological conditions for streams in the mid-Atlantic highlands region. *Environmental Monitoring and Assessment*, 78, pp. 169-212. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1016363718037>
- Lande, R. (1996). Statistics and partitioning of species diversity, and similarity among multiple communities. *Oikos*, 76, pp. 5-13. <https://doi.org/10.2307/3545743>
- Magurran, A. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press.
- Magurran, A. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing.
- Magurran, A. y McGill, B. (2011). Biological diversity: *Frontiers in measurement and assessment* 17, pp. 98-109. [file:///C:/Users/labhidro1/Downloads/Bulletin\\_EDGG\\_19-20\\_51-52\\_Dengler\\_2013.pdf](file:///C:/Users/labhidro1/Downloads/Bulletin_EDGG_19-20_51-52_Dengler_2013.pdf)
- Manzo, V. (2013). Los Elmidos de la región Neotropical (Coleoptera: Byrrhoidea: Elmidae) diversidad y distribución. *Revista de la Sociedad Entomológica de Argentina*, 72, pp. 199-212. <https://www.redalyc.org/pdf/3220/322030024008.pdf>
- Maxted, J., Barbour, M., Gerritsen, J., Primrose, N., Silva, A., Penrose, D. y Renfrow, R. (2000). Assessment framework for mid-Atlantic coastal plain streams using benthic macroinvertebrates. *Journal of the North American Benthological Society*, 19, pp. 128-144. <https://www.journals.uchicago.edu/doi/pdf/10.2307/1468286>
- Medina, C., Hora, M., Asencio, I., Pereda, W. y Gabriele, R. (2008). El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), modificado y adaptado a tres microcuencas del

- Alto Chicama. La Libertad. Perú. *SCIENDO Revista de Investigaciones Aplicadas*, 13, pp. 1-2. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/SCIENDO/article/view/280/284>
- Merritt, R.W., Cummins, K.W. y Berg, M.B. (2008). *An introduction to the aquatic insects of North America*. 4<sup>th</sup> ed. Dubuque.
- Molina, C.I., Gibon, F., Pinto, J. y 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, pp. 105-116. <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v7n1-2/a13v7n1-2.pdf>
- Mora, G., Medina, C., Polo, J. y Hora, M. (2020). Calidad de agua según los macroinvertebrados bentónicos y parámetros fisicoquímicos en la cuenca del río Huacamarcanga, La Libertad. Perú. *Revista de Investigación Científica REBIOL*, 40, pp. 85-98. <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.01.10>
- Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T–Manuales y Tesis SEA, (1 ed., vol. 1). <http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>
- Narcis, M. (2011). *Guía para el reconocimiento de larvas de Chironomidae (Diptera) de los ríos alto andino de Ecuador y Perú. Clave para determinación de géneros*. Universidad de Barcelona.
- Ortiz, W. (2012). *Distribución Espacio-Temporal de la comunidad de Trichoptera (Insecta) en tributarios de pequeño orden del río Rímac, Huarochirí, Lima*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/1428>
- ONERN (Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales). 1976. *Mapa ecológico del Perú y guía explicativa*. República del Perú. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, Lima. <https://hdl.handle.net/20.500.12543/1052>

- Parra, O. (1992). *Escenario del sistema cuenca del río Biobío y aporte del proyecto EULA a su desarrollo sustentable*. (Vol. 2) (pp. 91-103). En: Faranda, F. y Parra, O. (Eds.) *Del suelo y manejo de los recursos hídricos en la cuenca del río Biobío*. Monografías EULA Chile: Serie Actas de Seminarios Científicos.
- Paredes, C., Iannacone, J. y Alvarino, L. (2005). Uso de Macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua en el río Rímac. Lima-Callao, Perú. *Revista Colombiana de Entomología*, 31, pp. 219-225. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-04882005000200019](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882005000200019)
- Peet, K. (1974). *The measurement of species diversity*. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5, pp. 285-307. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.05.110174.001441>
- Peralta, J. y Huamantínco, A. 2014. Diversidad de la Entomofauna acuática y su uso como indicadores biológicos en humedales de Villa, Lima, Perú. *Revista Peruana de Entomología*, 49, pp. 109-120. <https://www.revperuentomol.com.pe/index.php/rev-peru-entomol/article/view/242/217>
- Prat, N., Munne, A., Rieradevall, M., Sola, C. y Bonada, N. (2000). *ECOSTRIMED: Protocol per a determinar l'Estat Ecològic dels rius mediterranis*. *Estudis de la qualitat ecològica dels rius*, Diputació de Barcelona.
- Prat, N., Rios, B., Acosta, R. y Rieradevall, M. (2009). *Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua*. (pp. 1-26). En: Domínguez, E. y Fernández, H.R. (Eds). *Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos*. Publicaciones Especiales. Fundación Miguel Lillo.
- Pringle, C.M., Scatena, F.N., Paaby-Hansen, P. y Núñez-Ferrera, M. (2000). *River conservation in Latin America and the Caribbean*. (pp: 41-77). En: Boon, P.J., Davies, B.R. y Petts,

G.E. (Eds.). *Global Perspectives on River Conservation. Science, Policy and Practice*. John Wiley and Sons Ltd. Durham.

Silva, M., Nessimian, J. y Ferreira, J. (2007). Chaves para identificação dos gêneros de Elmidae (Coleoptera) ocurrentes no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*. 5, pp. 42-53.

<https://www.scielo.br/j/rbent/a/bxRgtDwDhVgqPxGfmYhfRHg/?lang=pt&format=pdf>

Raz, A. (2000). *Crustáceos y poliquetos*. (pp. 265-307). En: De la Lanza, E.G., Hernández, P.S. y Carbajal, P.J.L. (eds). *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (Bioindicadores)*. Plaza y Valdés.

Resolución Ministerial N.º 455-2018-MINAM. Guía para la elaboración de la línea Base en el marco del sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental-SEIA. (31 de diciembre de 2018). Ministerio de Ambiente. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2018/10/Guia-Linea-Base.pdf>

Rios, B. (2008). *Comunidades de macroinvertebrados en un río alto andino: importancia del microhabitat, dinámica de la deriva, papel de la materia orgánica y relevancia de la ovoposición*. [Tesis de doctorado] Universidad de Barcelona. [http://www.ub.edu/riosandes/docs/TESIS\\_BLANCA\\_RIOS.pdf](http://www.ub.edu/riosandes/docs/TESIS_BLANCA_RIOS.pdf)

Rios, B. y Acosta, R. (2014). *The Andean Biotic Index (ABI): revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation*. University of Barcelona.

Roldán, G. (1988). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Ed. Presentia Ltda. <https://ianas.org/wp-content/uploads/2020/07/wbp13.pdf>

- Roldán, G. (2003). *Bioindicación de la Calidad del Agua en Colombia, propuesta para el uso del método BMWP-COL*. Editorial Universidad de Antioquia.
- Rosenberg, D. y Resh, V. (1993). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman y Hall.
- Sajami, J. (2015). *Distribución espacio-temporal de Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera y Coleoptera (insecta) en una quebrada de primer orden, bosque montano, Junín, Perú*. [Tesis de pregrado] Universidad Nacional Mayor de San Marcos. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/4060>
- Sánchez, M. (2005). El índice biológico BMWP (Biological Monitoring Working Party Score), modificado y adaptado al cauce principal del río Pamplonita norte de Santander. Universidad de Pamplona. Venezuela. *Bistua*, 3, pp. 54-67. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90330207>
- Serna, D., Tamaris, C. y Gutiérrez, L. (2015). Distribución espacial y temporal de larvas de Trichoptera (Insecta) en el río Manzanares, Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia). *Revista de Biología Tropical*, 63, pp. 465-477. [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442015000200011](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442015000200011)
- Shepard, W. (2015). Beetles (Coleoptera) of Peru: A survey of the families. Elmidae. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 88, pp. 167–168. <http://dx.doi.org/10.2317/kent-88-02-167-168.1>
- Silva, M. y Huamantínco, A. (2022). Preferencia de microhábitat y gremios tróficos de macroinvertebrados acuáticos en ríos altoandinos, Ayacucho, Perú. *Limnetica*, 41, pp. 1-16. <https://www.limnetica.com/documentos/limnetica/limnetica-41-1-01.pdf>

- Stewart, J., Wang, L., Lyons, J., Horwath, J. y Bannerman, R. (2001). Influences of watershed, riparian-corridor, and reach-scale characteristics on aquatic biota in agricultural watersheds. *Journal of the American Water Resources Association*, 37, pp. 1475-1487.  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1752-1688.2001.tb03654.x>
- Strahler, A. (1964). *Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks*. (pp. 439-476). En: Chow, V.T. (ed.). *Handbook of applied hydrology*. McGraw-Hill.
- SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 10500. C. 1, 2, 23rd Ed. (2017). *Benthic Macroinvertebrates. Sample Processing and Analysis*. SMEWW-APHA-AWWA-WEF.
- Terneus, E., Hernández, K y Racines, M. (2012). Evaluación ecológica del río Lliquino a través de macroinvertebrados acuáticos, Pastaza - Ecuador. *Revista de Ciencias*, 16, pp. 31-45.  
<http://hdl.handle.net/10893/4416>
- USEPA. (1997). *Volunteer stream monitoring: a methods manual*. EPA 841-B-97-003.
- Vásquez, J., Ramírez, F. y Reinoso, G. (2010). Distribución espacial y temporal de los tricópteros inmaduros en la Ccenca el río Totare (Tolima-Colombia). *Caldasia*, 32, pp. 129-148.  
<https://www.redalyc.org/journal/425/42546735015/html/>
- Villamarin, C. (2008). *Estructura y composición de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en ríos alto andinos del Ecuador y Perú. Diseño de un sistema de medida de la calidad del agua con índices multimétricos*. [Tesis de pregrado]. Universidad de Barcelona.
- Vivas, S., Casas, J., Pardo, I., Robles, S., Bonada, N., Mellado, A., Prat, N., Alba, M., Alvarez, M., Bayo, M., Jaimez, P., Suarez, M., Toro, M., Vidal, M., Zamora, C. y Moya, G. (2002). Aproximación multivariante en la exploración de la tolerancia ambiental de las familias de macroinvertebrados de los ríos mediterráneos del proyecto GUADALMED

*Limnetica*, 21, pp. 149-173.

<https://www.limnetica.com/documentos/limnetica/limnetica-21-2-p-149.pdf>

Wente, S. (2000). Proximity-based measure of land use impacts to aquatic ecosystem integrity.

*Environmental Toxicology and Chemistry*, 19, pp. 1148-1152.

<https://doi.org/10.1002/etc.5620190447>

Whiles, M., Brock, B., Franzen, A. y Dinsmore, C. (2000). Stream invertebrate communities, water quality, and land-use patterns in an agricultural drainage basin of northeastern

Nebraska, USA. *Environmental Management*, 26, pp. 563-576.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10982733/>

Zúñiga de Cardoso, M. (2001). *Los insectos como bioindicadores de calidad de agua*. (pp. 176-182) Universidad del valle.

## IX. ANEXOS

## Anexo A Lista de taxones colectados.

Tabla 19

Lista de taxones colectadas en la temporada seca y lluviosa. RIR: Rivera rala, CIC: Caída de catarata, CAC: Cabecera de catarata, QV: Quebrada verde y ROE: Roca de embalse.

Orden	Taxas		Temporada Seca					Temporada Lluviosa					Total	
	Familia	Genero	RIR	CIC	CAC	QV	ROE	RIR	CIC	CAC	QV	ROE	T.TS	T.TL
Tri	Dugesiiidae	<i>Girardia</i>	0	0	0	0	0	5	4	3	0	0	0	12
Bas	Physidae	<i>Physa</i>	0	0	0	0	0	22	12	6	0	0	0	40
Rhy	Glossiphoniidae	<i>Helobdella</i>	3	1	0	4	0	4	4	0	0	0	8	8
Hap	Naididae	Naididae Indet.	0	2	6	0	0	8	4	6	0	0	8	18
Lum	Lumbriculidae	Lumbriculidae Indet.	0	0	0	0	0	4	0	2	11	6	0	23
Amp	Hyalellidae	<i>Hyalella</i>	3	3	2	6	12	8	10	7	0	0	26	25
Tro	Tro	Trombidiformes Indet.	2	0	0	4	0	3	5	4	0	4	6	16
Eph	Baetidae	<i>Andesiops</i>	242	250	670	389	650	121	134	176	265	276	2201	972
Eph	Baetidae	<i>Baetodes</i>	177	230	180	967	498	45	67	77	112	98	2052	399
Eph	Baetidae	<i>Camelobaetidius</i>	0	4	4	0	0	3	2	2	0	5	8	12
Eph	Leptohyphidae	<i>Tricorythodes</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	0	6
Eph	Leptophlebiidae	<i>Meridialaris</i>	0	4	4	6	6	2	2	5	3	5	20	17
Odo	Aeschnidae	<i>Rhionaeschna</i>	0	0	10	4	2	3	4	4	0	2	16	13
Odo	Libellulidae	Libellulidae Indet.	0	0	0	0	0	1	0	2	2	0	0	5
Odo	Gomphidae	<i>Progomphus</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	21	15	0	38
Ple	Grypopterigidae	<i>Claudioperla</i>	0	0	2	3	8	0	0	0	4	10	13	14
Ple	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	0	0	0	0	12	0	0	0	6	8	12	14
Meg	Corydalidae	<i>Corydalus</i>	0	0	2	16	8	0	4	2	1	3	26	10
Trh	Hydrobiosidae	<i>Cailloma</i>	0	0	0	2	2	0	4	0	0	1	4	5
Trh	Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>	6	4	5	7	12	8	2	2	10	8	34	30
Trh	Hydroptilidae	<i>Metrichia</i>	2	6	3	13	8	87	36	28	52	34	32	237
Trh	Hydropsychidae	<i>Smicridea</i>	11	5	3	8	6	4	14	12	11	14	33	55
Trh	Leptoceridae	<i>Nectopsyche</i>	0	0	1	1	2	2	4	6	0	2	4	14
Trh	Polycentropodidae	<i>Polycentropus</i>	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	5
Col	Elmidae	<i>Austrelmis</i>	35	24	8	8	14	54	98	82	187	211	89	632
Col	Elmidae	<i>Neoelmis</i>	1	0	0	2	2	0	6	0	0	4	5	10
Col	Elmidae	<i>Microcylloepus</i>	91	35	54	153	68	269	365	289	767	578	401	2268
Col	Elmidae	<i>Heterelmis</i>	0	0	0	3	8	5	6	5	8	12	11	47
Col	Elmidae	<i>Macrelmis</i>	0	0	0	6	8	22	12	10	43	54	14	141
Col	Elmidae	<i>Cylloepus</i>	0	2	4	0	2	0	0	2	0	3	8	5

Col	Staphylinidae	<i>Thinobius</i>	2	0	0	2	2	0	3	6	1	3	6	13
Col	Dytiscidae	<i>Lancetes</i>	5	3	8	4	4	0	2	0	0	5	24	7
Col	Psephenidae	<i>Psephenus</i>	0	0	4	8	6	52	15	23	31	25	18	146
Col	Gyrinidae	<i>Andogyrus</i>	0	0	0	4	6	0	0	0	4	4	10	8
Col	Hydraenidae	<i>Hydraena</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Dip	Ceratopogonidae	<i>Alluaudomyia</i>	4	2	0	12	16	1	4	2	5	4	34	16
Dip	Ceratopogonidae	<i>Atrichopogon</i>	0	2	1	0	0	5	7	0	12	8	3	32
Dip	Chrironomidae	Chironominae Indet.	3	6	14	4	6	12	18	13	13	6	33	62
Dip	Chrironomidae	<i>Alotanypus</i>	2	4	8	6	8	0	0	0	0	6	28	6
Dip	Chrironomidae	<i>Larsia</i>	8	4	10	3	6	0	0	0	35	32	31	67
Dip	Chrironomidae	<i>Onconeura</i>	3	5	12	4	4	0	5	7	4	6	28	22
Dip	Chrironomidae	<i>Thienemanniella</i>	0	2	6	15	8	2	3	0	0	4	31	7
Dip	Chrironomidae	<i>Corynoneura</i>	1	2	12	6	10	8	0	5	0	2	31	15
Dip	Chrironomidae	Orthoclaadiinae indet.	88	72	84	112	89	12	14	13	43	35	445	117
Dip	Chrironomidae	<i>Podonomus</i>	54	35	52	145	78	5	4	0	0	0	364	9
Dip	Simuliidae	<i>Simulium</i>	414	400	480	912	699	179	249	285	431	256	2905	1400
Dip	Simuliidae	<i>Gigantodax</i>	22	34	43	56	55	21	34	43	45	43	210	186
Dip	Psychodidae	<i>Maruina</i>	10	8	12	43	8	12	7	5	15	12	81	51
Dip	Ephydriidae	Ephydriidae indet.	0	0	2	0	0	0	0	0	0	4	2	4
Dip	Tipulidae	<i>Tipula</i>	0	0	2	3	0	0	0	0	0	2	5	2
Dip	Dolichopodidae	<i>Aphrosylus</i>	0	0	2	3	0	1	0	0	0	2	5	3
Dip	Empididae	<i>Neoplasta</i>	16	12	6	13	8	3	4	5	1	6	55	17
Dip	Muscidae	<i>Limnophora</i>	9	8	6	11	6	3	3	2	5	4	40	17
Dip	Muscidae	<i>Lispe</i>	0	0	0	0	0	0	2	3	1	2	0	8

*Nota.* Indet. = Indeterminado, T.TS: Total temporada seca, T.TL: Total temporada Lluviosa, Tri: Neophora, Bas: Basommathophora, Rhy: Rhynchobdellida, Hap: Haplotaxida, Lum: Lumbriculida, Amp: Amphipoda, Tro: Trombidiformes, Eph: Ephemeroptera, Odo: Odonata, Ple: Plecoptera, Meg: Megaloptera, Trh: Trichoptera, Col: Coleoptera, Dip: Diptera.

**Anexo B** Álbum fotográfico de los organismos colectados.

**Figura 17**

*Girardia* (adulto).



**Figura 18**

*Helobdella* (adulto).



**Figura 19**

*Physa* (adulto).



**Figura 20**

Trombidiformes Indet. (adulto).



**Figura 21**

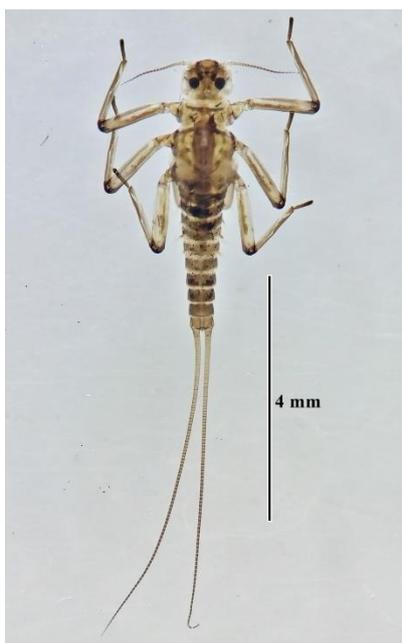
*Hyaella* (adulto).

**Figura 22**

*Andesiops* (ninfa).

**Figura 23**

*Baetodes* (ninfa).

**Figura 24**

*Camelobaetidius* (ninfa).



**Figura 25***Meridialaris* (ninfa).**Figura 26***Tricorythodes* (ninfa).**Figura 27***Rhionaeschna* (larva).**Figura 28***Progomphus* (larva).

**Figura 29***Alluaudomyia* (larva).**Figura 30***Atrichopogon* (larva).**Figura 31**

Chironominae Indet. (larva).

**Figura 32***Alotanypus* (larva).

**Figura 33***Larsia* (larva).**Figura 34***Corynoneura* (larva)**Figura 35***Thienemanniella* (larva).**Figura 36***Onconeura* (larva).

**Figura 37**

*Orthocladiinae* Indet. (larva).

**Figura 38**

*Podonomus* (larva).

**Figura 39**

*Neoplasta* (larva).

**Figura 40**

*Simulium* (larva).



**Figura 41***Gigantodax* (larva).**Figura 42***Limnophora* (larva).**Figura 43***Maruina* (larva).**Figura 44***Microcylloepus* (larva)

**Figura 45**

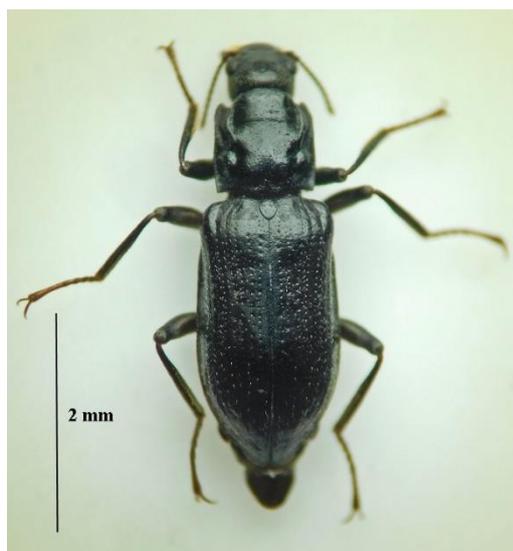
*Microcylloepus* (adulto).

**Figura 46**

*Austrelmis* (larva).

**Figura 47**

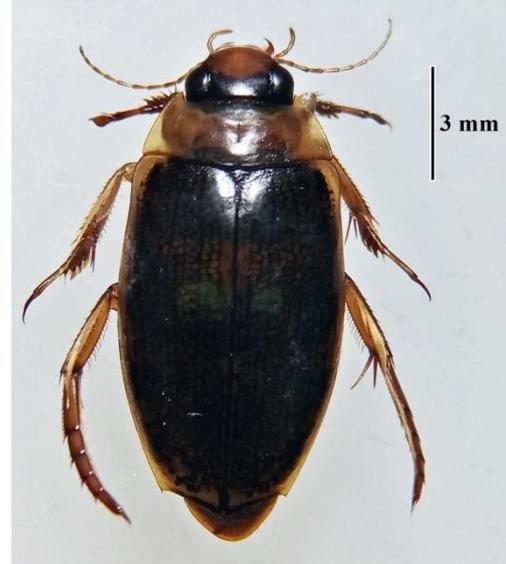
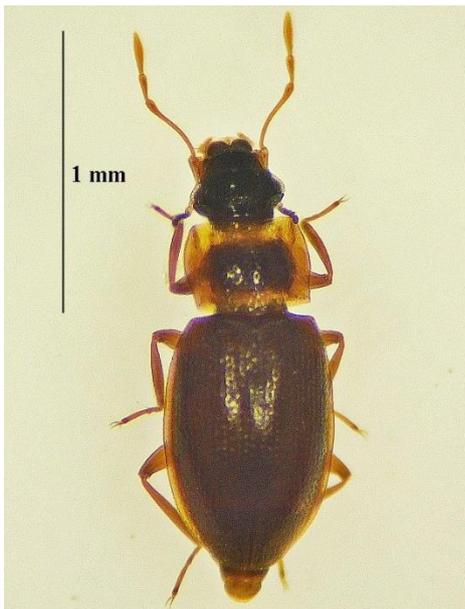
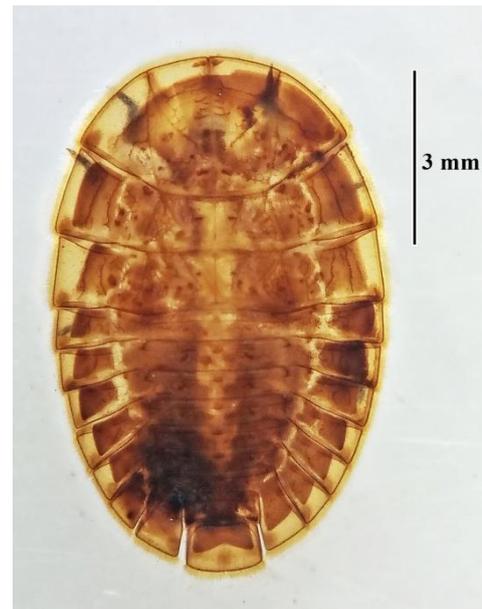
*Austrelmis* (adulto).

**Figura 48**

*Cylloepus* (adulto).



**Figura 49***Macrelmis* (larva).**Figura 50***Macrelmis* (adulto).**Figura 51***Heterelmis* (larva).**Figura 52***Neoelmis* (Adulto).

**Figura 53***Lancetes* (larva).**Figura 54***Lancetes* (adulto).**Figura 55***Hydraena* (adulto).**Figura 56***Psephenus* (larva).

**Figura 57**

*Andogyrus* (larva).

**Figura 58**

*Thinobius* (Adulto).

**Figura 59**

*Atopsyche* (larva).

**Figura 60**

*Cailloma* (larva).



**Figura 61**

*Polycentropus* (larva).

**Figura 62**

*Metrichia* (larva).

**Figura 63**

*Smicridea* (larva).

**Figura 64**

*Nectopsyche* (larva).



**Figura 65***Claudioperla* (ninfa).**Figura 66***Anacroneuria* (ninfa).**Figura 67***Corydalus* (larva).