

Preferencia de microhábitat y gremios tróficos de macroinvertebrados acuáticos en ríos altoandinos, Ayacucho, Perú

Manuel A. Silva Poma*  y Ana A. Huamantínco Araujo 

Laboratorio de Invertebrados Acuáticos, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

* Corresponding author: msilvap2592@gmail.com

Received: 13/07/20

Accepted: 16/11/20

RESUMEN

Preferencia de microhábitat y gremios tróficos de macroinvertebrados acuáticos en ríos altoandinos, Ayacucho, Perú

Los estudios sobre macroinvertebrados acuáticos en ríos de gran altitud en los Andes son escasos, y se conoce poco sobre el papel trófico que cumplen estos organismos en estos ecosistemas. En el presente trabajo se estudia la preferencia de microhábitat de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos y se describen sus gremios tróficos a través del análisis de contenidos estomacales en dos ríos altoandinos de Perú. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre la abundancia, riqueza, índice de equidad de Pielou y número efectivo de especies entre los microhábitats estudiados en ambos ríos. Los mayores valores de riqueza en ambos ríos fueron encontrados en el microhábitat piedra mediana, siendo los más abundantes y diversos los miembros del orden Diptera. Los menores valores de riqueza se encontraron en el microhábitat roca. Se identificaron cuatro ítems alimenticios: materia orgánica particulada fina (MOPF), microalgas (MA), restos animales (RA) y tejido vegetal (TV), de los cuales la MOPF fue el que predominó en casi todos los organismos analizados, lo cual demuestra que la MOPF es el principal ítem alimenticio consumido en ambos ríos. Espacialmente fueron los detritívoros y herbívoros los que estuvieron en gran proporción en casi todos los microhábitats en ambos ríos altoandinos.

Palabras clave: macroinvertebrados acuáticos, gremios tróficos, ríos altoandinos, microhábitat

ABSTRACT

Microhabitat preference and trophic guilds of aquatic macroinvertebrates in high Andean rivers, Ayacucho, Peru

Studies of aquatic macroinvertebrates in high-altitude rivers in the Andes are scarce, and little is known about the trophic role that these organisms play in these ecosystems. In the present work, the microhabitat preference of the aquatic macroinvertebrate community was studied and its trophic guilds was described through the analysis of stomach contents in two high Andean rivers of Peru. Significant differences ($p < 0.05$) were found between abundance, richness, Pielou equity index and effective number of species between the microhabitats studied in both rivers. The highest values of wealth in both rivers were found in the medium stone microhabitat, being the most abundant and diverse the members of the Diptera order. The lowest values of richness were found in the rock microhabitat. Four food items were identified: fine particulate organic matter (MOPF), microalgae (MA), animal remains (RA) and vegetable tissue (TV), of which MOPF was the predominant one in almost all the organisms analyzed, which shows that MOPF is the main food item consumed in both rivers. Spatially, it was the detritivores and herbivores that were in great proportion in almost all the microhabitats in both high Andean rivers.

Key words: aquatic macroinvertebrates, trophic guilds, high Andean rivers, microhabitats

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas acuáticos altoandinos presentan gran importancia debido a que son fuente de agua dulce que son aprovechados para el desarrollo de las actividades del hombre como son la agricultura, ganadería y para la generación de energía eléctrica (Anderson et al., 2012). Además en estos ecosistemas habitan organismos que están adaptados a condiciones climáticas extremas con bajas temperatura y oxígeno, siendo uno de los grupos más representativos los insectos acuáticos, los cuales predominan en abundancia y biomasa (Balian et al., 2008; Hanson et al., 2010). Dentro de éstos, son los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Coleoptera y Diptera los que predominan en abundancia y diversidad (Jacobsen, & Marin, 2008; Molina et al., 2008; Acosta, 2009; García, 2016). Pese a ello, estos son amenazados por el hombre, afectando así a la diversidad que habita en ellos (Acosta, 2009). Los insectos acuáticos habitan distintos sustratos, lo cual está relacionado con el tamaño de partícula, ya que sustratos de mayor tamaño son más estables, observándose que la abundancia de macroinvertebrados acuáticos aumenta cuando el sustrato es más grande. También existe preferencia según la naturaleza del sustrato, clasificándose en sustrato inorgánico a aquellos formados por grava, canto rodado, rocas, entre otros; y sustrato orgánico a los conformados por algas, musgos, macrófitas, hojas, entre otros (Allan & Castillo, 2007). En general el sustrato hojarasca, es considerado como el que aporta la mayor cantidad de energía en ríos de bajo orden. Este sustrato proviene de la caída de hojas y ramas de los árboles y arbustos, el cual se descompone a través de factores bióticos como los macroinvertebrados descomponedores y factores abióticos como la abrasión física (Graça, 2001).

Por lo general los estudios que se vienen realizando sobre macroinvertebrados acuáticos se centran principalmente en su diversidad y se estudia poco la importancia que cumplen en las redes alimentarias (Rodríguez et al., 2011). Esto se ve reflejado en la falta de información de la ecología trófica de estos organismos, sobretodo en la zona tropical (Chará-Serna et al., 2010).

Estos organismos también tienen gran importancia en la transferencia de energía, ya que

consumen la materia orgánica producida por organismos fotosintéticos y la procedente de la vegetación de ribera, la cual transfieren a sus depredadores (Fernández, 2012). Conocer el papel trófico que cumplen estos organismos en los ecosistemas acuáticos ayudaría a entender en cómo se distribuyen en el ecosistema y a una mayor comprensión de su funcionamiento (Grönroos & Heino, 2012; Laurindo et al., 2009). De acuerdo al alimento ingerido los insectos acuáticos pueden ser clasificados en gremios tróficos (GT), los cuales son: detritívoros, herbívoros y depredadores (Merritt et al., 2008; Guzmán-Soto & Tamarís-Turizo, 2014). Esta clasificación se basa solo en el alimento ingerido y no debe ser confundida con la clasificación propuesta por Merritt et al., 2008, la cual además del tipo de alimento ingerido toma en cuenta también el mecanismo para la alimentación, agrupándolos en grupos funcionales de alimentación (GFA): fragmentadores, recolectores, raspadores y depredadores. Estudios del papel trófico de los insectos acuáticos son escasos y en su mayoría no realizan el análisis del contenido estomacal y toman como base la clasificación desarrollada por Merritt et al., 2008. Las clasificaciones en GFA fueron desarrolladas para zonas templadas, esto conllevaría a posibles errores ya que no necesariamente los hábitos alimentarios de un determinado taxón en zonas templadas serán similares a los de las zonas tropicales (Tomanova et al., 2006), así también es posible que especies de una misma familia presenten hábitos alimenticios distintos. En Sudamérica este escaso conocimiento sobre el rol trófico de los macroinvertebrados es aún mayor. Ramírez & Gutiérrez (2014) resumen los avances realizados en América Latina sobre los hábitos alimenticios de macroinvertebrados acuáticos enfatizando en los GFA, proporcionando información valiosa para investigaciones en este campo, en general algunos autores concuerdan en que es la Materia Orgánica Particulada Fina (MOPF) el principal alimento ingerido por los insectos acuáticos (Tomanova et al., 2006; Sabater & Elozegi, 2009; Guzmán-Soto & Tamarís-Turizo, 2014) debido a la gran oferta que presenta en los ecosistemas acuáticos.

El presente estudio busca contribuir al conocimiento de la preferencia de microhábitats de los macroinvertebrados acuáticos, así mismo se pre-

sentan los primeros avances, en Perú, sobre los gremios tróficos de macroinvertebrados acuáticos basados en el análisis de contenido estomacal de tal manera que contribuyan a un mejor entendimiento de los ecosistemas acuáticos altoandinos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en los ríos Ccollpahuaycco y Chicucha, ubicados en los Andes del sur del Perú, en el departamento de Ayacucho, provincia Huamanga, distrito Acocro. El área de estudio pertenece a la zona de vida Bosque Húmedo Montano Subtropical (bh-MS) según la clasificación ecológica de Holdridge (ONERN, 1976). Previo a la selección de las estaciones de muestreo, se aplicó el protocolo CERA para evaluar si las estaciones podrían ser consideradas como estaciones de referencia (Tabla 1). En base a ello se seleccionaron dos ríos, ambos pertenecen a la cuenca del Mantaro, que a su vez drena al río Ucayali que anteriormente constituye el río Amazonas. El río Ccollpahuaycco (13° 18' 16.3" S - 74° 00' 54.0" O) está ubicado a 3194 msnm, es de segundo or-

den, considerado como un río de referencia, sin impacto antropogénico, presenta como vegetación ribereña al aliso (*Alnus* sp.), no se observó desarrollo de agricultura o crianza de animales a sus alrededores. El río Chicucha está ubicado a 3616 msnm (13° 17' 38.9" S - 74° 03' 04.7" O), es de primer orden y considerado como una estación de referencia, con escaso impacto antropogénico, presenta como vegetación ribereña al eucalipto (*Eucalyptus* sp.). En sus alrededores se desarrolla la agricultura junto a la crianza de animales, sin embargo, esta actividad no se realiza de manera intensiva.

Muestreo

El estudio se realizó en el mes de julio del 2017, el cual corresponde a la época seca. Se realizó un muestreo y se midieron los parámetros fisicoquímicos temperatura, pH, oxígeno disuelto, conductividad y sólidos disueltos totales con ayuda de equipos multiparámetros en campo. De manera complementaria se realizó la evaluación de calidad de la vegetación ribereña mediante el Índice de la calidad de la vegetación de ribera Andina (QBR-And), posterior a ello se realizó un mues-

Tabla 1. Características principales de los ríos Ccollpahuaycco y Chicucha. *Main characteristics of the Ccollpahuaycco and Chicucha rivers.*

| Características | Ccollpahuaycco | Chicucha |
|----------------------------|---|---|
| Vegetación de ribera | Sin especies introducidas | Presencia de <i>Eucalypto</i> sp. |
| Modificaciones en el canal | Sin modificaciones | Sin modificaciones |
| Minería | Sin explotación minera cerca de la zona | Sin explotación minera cerca de la zona |
| Contaminación | Sin contaminación orgánica evidente | Sin contaminación orgánica evidente |
| Sombra del cauce | bajo porcentaje | alto porcentaje |
| Agricultura | Sin desarrollo de agricultura | Bajo desarrollo de agricultura |
| Ganadería | Sin desarrollo de ganadería | Bajo desarrollo de ganadería |

Tabla 2. Parámetros hidrológicos y fisicoquímicos en los ríos Ccollpahuaycco y Chicucha. *Hydrological and physicochemical parameters in the Ccollpahuaycco and Chicucha rivers.*

| Ríos | Ccollpahuaycco (3194 msnm) | Chicucha (3616 msnm) |
|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| Ancho (m) | 5.3 | 1.6 |
| Profundidad (cm) | 38.3 | 15.7 |
| Velocidad de corriente (m/s) | 0.23 | 0.32 |
| Caudal (l/s) | 1.56 | 0.62 |
| Temperatura ambiental (°C) | 23.1 | 23.5 |
| Temperatura del agua (°C) | 10.7 | 10.9 |
| pH | 8.35 | 7.9 |
| Oxígeno disuelto (ppm) | 6.11 | 6.03 |
| Conductividad (µS/cm) | 350 | 400 |
| Sólidos totales disueltos (µS/cm) | 380 | 280 |
| Turbidez (NTU) | 4.5 | 4.12 |

treo multihábitat como indica el protocolo CERA (Acosta et al., 2009). Los microhábitats seleccionados fueron: piedra mediana, grava y roca según la clasificación de Wentworth (1922), junto con poza y restos de vegetación retenidos en la corriente. En el río Ccollpahuaycco el microhábitat roca estuvo cubierto por una capa de musgo y el microhábitat poza estuvo aparentemente con algas. Las muestras de macroinvertebrados fueron tomadas usando una red Surber (30x30 cm, 200 µm), tomando 5 réplicas por cada microhábitat, haciendo un total de 25 muestras por cada quebrada. Las muestras recolectadas fueron fijadas en alcohol al 96 % y trasladadas al Laboratorio de Invertebrados Acuáticos de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Procesamiento de las muestras

Para eliminar el detrito fino y facilitar la separación de los organismos, las muestras fueron lavadas en un tamiz de 500 µm. La identificación se realizó a nivel de género utilizando las claves de Merrit et al., (2008), Domínguez & Fernández (2009) y Prat et al., (2011). El análisis de contenido estomacal se realizó en los organismos de mayor tamaño utilizando la técnica propues-

ta por Tomanova et al., (2006), para lo cual se seleccionaron diez individuos por cada taxón, a los cuales se les extrajo el tracto digestivo; los contenidos estomacales se mezclaron y homogenizaron en láminas portaobjetos, estas fueron observadas al microscopio. De manera aleatoria se seleccionaron 10 campos, en donde se evaluó el porcentaje de cobertura de cada ítem alimenticio. Los gremios tróficos se asignaron con base al porcentaje de cobertura de cada ítem alimenticio en los campos evaluados, debiendo ser el contenido del ítem alimenticio promedio superior al 50 %. Se consideraron detritívoros aquellos organismos que consumen en su mayoría materia orgánica particulada fina (MOPF), herbívoros aquellos organismos en los que se encuentren microalgas (MA) y restos de tejido vegetal (TV), por último, se clasificó como depredadores a aquellos organismos en los cuales el contenido del tracto digestivo este formado principalmente por restos de animales (RA).

Análisis de datos

En ambos ríos se calcularon los valores de abundancia, riqueza específica, índice de equidad de Pielou y el número efectivo de especies utilizando los pro-

gramas Past versión 2.17 (Hammer et al., 2001) y PRIMER v6 (Clarke et al., 2014). Para evidenciar diferencias significativas entre los microhábitats estudiados se realizó la prueba no paramétrica de

Kruskal-Wallis, ya que no se cumplieron los supuestos de normalidad para cada variable. Estos procedimientos fueron realizados con el software SPSS versión 19 (IBM SPSS Statistics, 2010).

Tabla 3. Abundancia de individuos de los géneros presentes en cada microhábitat en el río Ccollpahuaycco. *Abundance of individuals of the genera present in each microhabitat in the Ccollpahuaycco river.*

| Orden/Familia | Género | Grava | Piedra mediana | Roca con musgo | Poza con alga | Restos de vegetación |
|----------------------|--------------------------|-------|----------------|----------------|---------------|----------------------|
| EPHEMEROPTERA | | | | | | |
| Baetidae | <i>Andesiops</i> sp. | 1 | 29 | 39 | 3 | 8 |
| Leptophlebiidae | <i>Meridialis</i> sp. | 0 | 21 | 1 | 0 | 1 |
| Leptohiphyidae | <i>Leptohiphyes</i> | 0 | 1 | 0 | 5 | 0 |
| PLECOPTERA | | | | | | |
| Gripopterygidae | <i>Claudioperla</i> sp. | 8 | 12 | 4 | 13 | 5 |
| TRICHOPTERA | | | | | | |
| Hydroptilidae | <i>Metrichia</i> sp. | 10 | 18 | 7 | 86 | 0 |
| hydrobiosidae | <i>Cailloma</i> sp. | 0 | 4 | 3 | 0 | 5 |
| Leptoceridae | <i>Nectopsyche</i> sp. | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Polycentropodidae | <i>Polycentropus</i> sp. | 0 | 3 | 4 | 0 | 0 |
| COLEOPTERA | | | | | | |
| Elmidae | <i>Austrelmis</i> sp. | 45 | 14 | 0 | 105 | 2 |
| DIPTERA | | | | | | |
| Empididae | <i>Neoplasta</i> sp. | 1 | 1 | 0 | 27 | 6 |
| Ceratopogonidae | <i>Bezzia</i> sp. | 8 | 0 | 0 | 4 | 0 |
| Simulidae | <i>Gigantodax</i> sp. | 2 | 9 | 2 | 0 | 4 |
| Simulidae | <i>Simulium</i> sp. | 0 | 0 | 20 | 15 | 15 |
| Tipulidae | <i>Tipula</i> sp. | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Tipulidae | <i>Hexatoma</i> sp. | 51 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| Tabanidae | <i>Tabanus</i> sp. | 1 | 0 | 5 | 0 | 2 |
| Chironomidae | <i>Alotanypus</i> sp. | 29 | 23 | 2 | 966 | 0 |
| Chironomidae | <i>Pentaneura</i> sp. | 21 | 41 | 1 | 149 | 46 |
| Chironomidae | <i>Corynoneura</i> sp. | 0 | 12 | 203 | 6 | 138 |
| Chironomidae | <i>Cricotopus</i> sp. | 52 | 165 | 713 | 253 | 219 |
| Chironomidae | <i>Tanytarsus</i> sp. | 109 | 61 | 0 | 1025 | 2 |
| Chironomidae | <i>Podonomus</i> sp. | 0 | 3 | 22 | 0 | 11 |
| Chironomidae | <i>Podonomopsis</i> sp. | 0 | 4 | 0 | 0 | 1 |
| Chironomidae | <i>Parochlus</i> sp. | 0 | 0 | 0 | 0 | 33 |
| Chironomidae | <i>Paraheptagyia</i> sp. | 4 | 26 | 230 | 38 | 5 |
| Muscidae | Nd | 1 | 2 | 0 | 7 | 0 |
| Psychodidae | <i>Pericoma</i> sp. | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| NO INSECTA | | | | | | |
| Poduromorpha | Poduromorpha | 0 | 0 | 2 | 0 | 10 |
| Acari | Acari | 40 | 74 | 7 | 3 | 1 |
| Naididae | Naididae | 0 | 5 | 3 | 231 | 16 |
| Oligochaeta | Oligochaeta | 8 | 7 | 0 | 0 | 1 |
| Turbellaria | Nd | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Abundancia total | | 393 | 540 | 1269 | 2937 | 533 |
| Riqueza | | 18 | 26 | 19 | 18 | 23 |

Para evidenciar las tendencias de preferencias que existen entre los organismos y sus ítems alimenticios se realizó el Análisis de Componentes Principales (ACP), previo a ello se realizó la estandarización de los datos. Para observar la

proporción de los gremios tróficos por microhábitats se realizaron gráficas de barras, estos procedimientos fueron realizados en el software R (R Development Core Team, 2014) utilizando las funciones del paquete ggplot2.

Tabla 4. Abundancia de individuos de los géneros presentes en cada microhábitat en el río Chicucha. *Abundance of individuals of the genera present in each microhabitat in the Chicucha river.*

| Orden/Familia | Género | Grava | Piedra mediana | Roca | Poza | Restos de vegetación |
|----------------------|--------------------------|-------|----------------|------|------|----------------------|
| EPHEMEROPTERA | | | | | | |
| Baetidae | <i>Andesiops</i> sp. | 8 | 94 | 7 | 2 | 3 |
| Leptophlebiidae | <i>Meridialaris</i> sp. | 22 | 15 | 3 | 0 | 3 |
| PLECOPTERA | | | | | | |
| Gripopterygidae | <i>Claudioperla</i> sp. | 3 | 19 | 3 | 0 | 1 |
| TRICHOPTERA | | | | | | |
| hydrobiosidae | <i>Cailloma</i> sp. | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| Leptoceridae | <i>Nectopsyche</i> sp. | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| Polycentropodidae | <i>Polycentropus</i> sp. | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 |
| COLEOPTERA | | | | | | |
| Elmidae | <i>Austrelmis</i> sp. | 38 | 10 | 1 | 5 | 5 |
| Scirtidae | <i>Prionocyphon</i> sp. | 1 | 1 | 0 | 4 | 4 |
| DIPTERA | | | | | | |
| Empididae | <i>Neoplasta</i> sp. | 9 | 17 | 0 | 2 | 40 |
| Ceratopogonidae | <i>Bezzia</i> sp. | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| Simulidae | <i>Gigantodax</i> sp. | 0 | 3 | 0 | 0 | 6 |
| Simulidae | <i>Simulium</i> sp. | 0 | 41 | 16 | 2 | 4 |
| Tipulidae | <i>Tipula</i> sp. | 3 | 1 | 0 | 3 | 15 |
| Tabanidae | <i>Tabanus</i> sp. | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| Chironomidae | <i>Alotanypus</i> sp. | 35 | 0 | 6 | 63 | 0 |
| Chironomidae | <i>Pentaneura</i> sp. | 41 | 11 | 4 | 55 | 2 |
| Chironomidae | <i>Corynoneura</i> sp. | 69 | 233 | 98 | 111 | 179 |
| Chironomidae | <i>Cricotopus</i> sp. | 95 | 187 | 10 | 19 | 363 |
| Chironomidae | <i>Tanytarsus</i> sp. | 34 | 0 | 0 | 104 | 0 |
| Chironomidae | <i>Podonomus</i> sp. | 0 | 47 | 37 | 0 | 0 |
| Chironomidae | <i>Podonomopsis</i> sp. | 3 | 149 | 22 | 0 | 0 |
| Chironomidae | <i>Parochlus</i> sp. | 1 | 5 | 0 | 0 | 48 |
| Chironomidae | <i>Paraheptagyia</i> sp. | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Muscidae | Nd | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NO INSECTA | | | | | | |
| Poduromorpha | Poduromorpha | 1 | 0 | 1 | 1 | 3 |
| Acari | Acari | 33 | 4 | 4 | 9 | 3 |
| Naididae | Naididae | 25 | 86 | 1 | 5 | 2 |
| Oligochaeta | Oligochaeta | 10 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| Abundancia total | | 434 | 932 | 213 | 389 | 685 |
| Riqueza | | 21 | 21 | 14 | 15 | 18 |

RESULTADOS

Los parámetros hidrológicos ancho, profundidad y caudal fueron mayores en el río de 2° orden (Ccollpahuaycco), mientras que en el río de 1° orden (Chicucha) solo la velocidad de corriente fue mayor (Tabla 2). Respecto a los parámetros fisicoquímicos del agua, a manera general, en ambos ríos se observó que la temperatura del agua estuvo cercana a los 11 °C, el pH presentó valores cercanos a 8, el oxígeno disuelto presentó valores cercanos a 6 (ppm), la conductividad eléctrica presentó valores entre 350 a 400 (µs/cm), los sólidos disueltos totales fueron menores en el río de 1° orden (280 ppm), mientras que los mayores valores se observaron en el río de 2° orden (380 ppm) y la turbidez presentó valores cercanos a las 4 NTU en ambos ríos (Tabla 2).

Respecto al índice QBR-And, los puntajes indican vegetación ligeramente perturbada y con buena calidad en ambos ríos. Este mostró puntajes de 90 en el río Ccollpahuaycco y se caracterizó principalmente por el bajo porcentaje de sombra (grandes claros), mientras que Chicucha obtuvo puntaje de 85 y se caracterizó por que el cauce estuvo sombreado con ventanas.

En total se recolectaron 8325 macroinvertebrados, siendo predominante el grupo de los insectos, los cuales estuvieron agrupados en 22 familias y 26 géneros distribuidos entre los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Coleoptera y Diptera. Los resultados muestran la mayor riqueza genérica en el orden Diptera, con 18 géneros agrupados en 8 familias, seguido por el orden Trichoptera con 4 géneros agrupados en 4 familias, el orden Ephemeroptera presentó

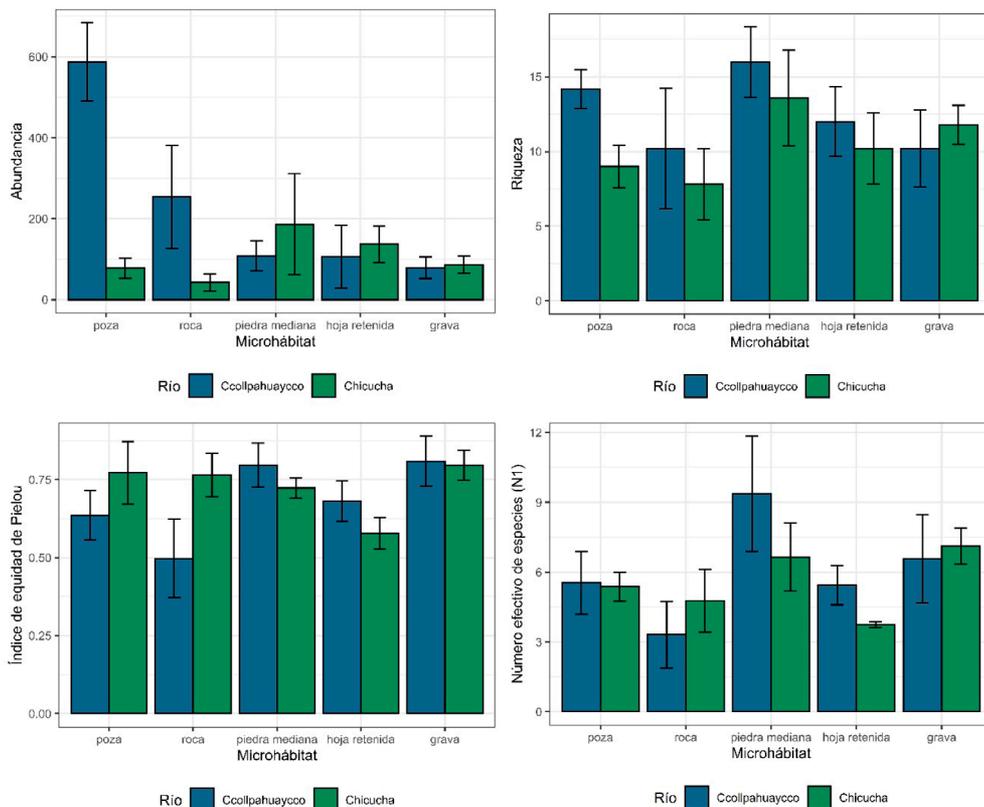


Figura 1. Promedio de la abundancia, riqueza, Índice de Equidad de Pielou, número efectivo de especies (N1). Las líneas negras indican la desviación estandar. *Average abundance, richness, Pielou Equity Index, effective number of species (N1). The black lines indicate the standard deviation.*

3 géneros agrupados en 3 familias, los órdenes Coleoptera y Plecoptera presentaron la menor riqueza específica con tan solo 2 y 1 géneros respectivamente (Tablas 3 y 4). En general, en ambos ríos la familia Chironomidae representó más del 80 % de la abundancia total. En el río de 1° orden la mayor abundancia de individuos la presentó el microhábitat piedra mediana (932), seguido de restos de vegetación (685); mientras que en el río de 2° orden la mayor abundancia la presentó el microhábitat poza con alga (2937),

seguido de roca con musgo (1269). Respecto a la riqueza específica por microhábitat, en el río de 1° orden se observó su mayor valor en el microhábitat piedra mediana (14 géneros), mientras que en el río de 2° orden se observó la mayor riqueza específica en los microhábitats piedra mediana y restos de vegetación, ambos con 15 géneros (Tablas 3 y 4).

La prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis detectó diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los valores de abundancia, riqueza espe-

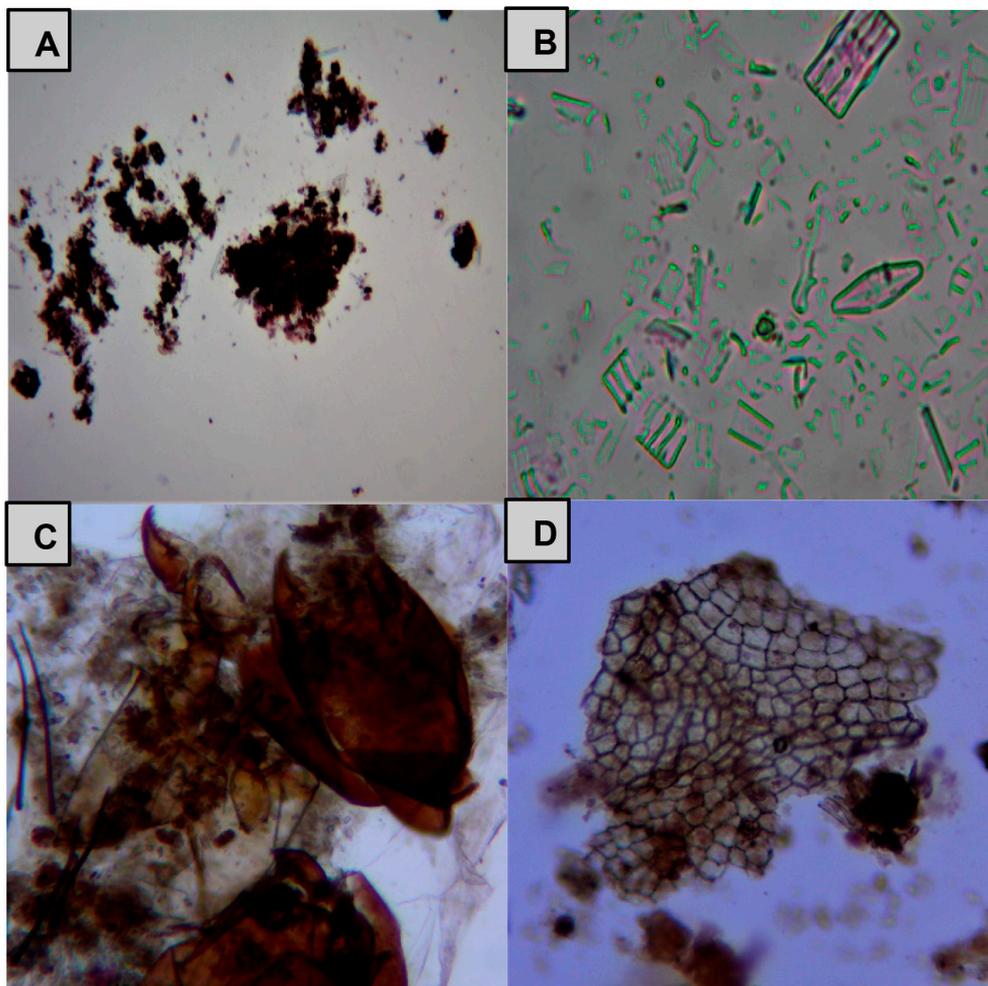


Figura 2. (A) Materia Orgánica Particulada Fina (MOPF) encontrada en el tracto digestivo de *Cricotopus* (40x). (B) Microalgas encontradas en el tracto digestivo de *Simulium* (10x). (C) Restos animales encontrados en el tracto digestivo de *Pentaneura* (10x). (D) Tejido vegetal encontrado en el contenido estomacal de *Tipula* (40x). (A) *Fine Particulate Organic Matter (MOPF)* found in the digestive tract of *Cricotopus* (40x). (B) *Microalgae* found in *Simulium*'s digestive tract (10x). (C) *Animal remains* found in the digestive tract of *Pentaneura* (10x). (D) *Vegetable tissue* found in *Tipula*'s digestive tract (40x).

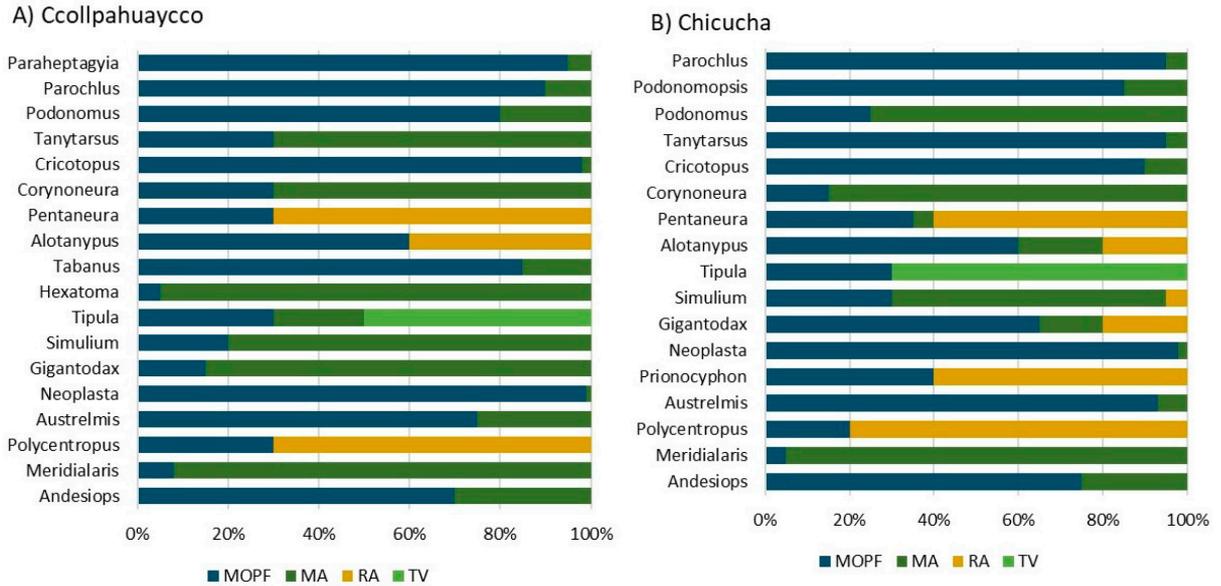


Figura 3. Porcentaje promedio de cada ítem alimenticio encontrados en los macroinvertebrados acuáticos del río Ccollpahuaycco (A) y Chicucha (B). MA: Microalgas, MOPF: Materia orgánica particulada fina, RA: Restos animales, TV: Tejido vegetal. *Average percentage of each food item found in the aquatic macroinvertebrates of the Ccollpahuaycco (A) and Chicucha (B) river. MA: Microalgae, MOPF: Fine particulate organic matter, RA: Animal remains, TV: Vegetable tissue.*

cífica, índice de equidad de Pielou, número efectivo de especies entre microhábitats en ambos ríos (Fig. 1).

Gremios tróficos

La Figura 2 muestra los ítems alimenticios identificados: materia orgánica particulada fina (MOPF), microalgas (MA), restos animales (RA) y tejido vegetal (TV). En ambos ríos los resultados muestran que en su mayoría los insectos acuáticos se alimentan principalmente de MOPF, seguido de las microalgas (Fig. 3).

El análisis de componentes principales muestra que en el río de 2° orden el primer componente explica el 68.07 % de la varianza y el segundo componente el 26.09 % (Fig. 4A). En el río de 1° orden, el primer componente explicó el 55.24 % de la varianza mientras que el segundo componente explicó el 32.5 % (Fig. 4B). La representación gráfica de los géneros e ítems alimenticios a través del ACP muestran la preferencia de algunos géneros por un ítem alimenticio en particular, como es el caso de *Meridialaris*,

en el cual se pudo observar que más del 90 % del contenido del tracto digestivo estuvo conformado por microalgas, mientras que en otros casos se observa que algunos géneros pueden ingerir diferentes ítems alimenticios, como en la mayoría de quironómidos (Tablas 5 y 6). En todos los microhábitats estudiados de ambos ríos, los resultados muestran la predominancia de los detritívoros sobre los demás gremios tróficos (Fig. 5). En el río de 2° orden, los detritívoros presentaron la mayor proporción en el microhábitat roca (81 %). Los herbívoros fueron menos dominantes, presentando menor proporción en el microhábitat grava (51 %), mientras que los depredadores fueron los menos dominantes de todos y presentaron su mayor proporción en el microhábitat piedra mediana (11 %). En el río de 1° orden, el gremio trófico detritívoro fue predominante, con mayor proporción en el microhábitat restos de vegetación (69 %), seguido por los herbívoros que presentó la mayor proporción en el microhábitat roca (75 %), y los depredadores con su mayor proporción en el microhábitat poza (17 %).

Tabla 5. Porcentajes de los ítems alimenticios presentes en los macroinvertebrados acuáticos en el río Ccollpahuaycco. *Percentages of food items present in aquatic macroinvertebrates in the Ccollpahuaycco river.*

| Género | MOPF | MA | RA | TV | GT |
|--------------------------|------|----|----|----|-------------|
| <i>Andesiops</i> sp. | 70 | 30 | 0 | 0 | Detritívoro |
| <i>Meridialaris</i> sp. | 8 | 92 | 0 | 0 | Herbívoro |
| <i>Polycentropus</i> sp. | 30 | 0 | 70 | 0 | Depredador |
| <i>Austrelmis</i> sp. | 75 | 25 | 0 | 0 | Detritívoro |
| <i>Neoplasta</i> sp. | 99 | 1 | 0 | 0 | Detritívoro |
| <i>Gigantodax</i> sp. | 15 | 85 | 0 | 0 | Herbívoro |
| <i>Simulium</i> sp. | 20 | 80 | 0 | 0 | Herbívoro |
| <i>Tipula</i> sp. | 30 | 20 | 0 | 50 | Herbívoro |
| <i>Hexatoma</i> sp. | 5 | 95 | 0 | 0 | Herbívoro |
| <i>Tabanus</i> sp. | 85 | 15 | 0 | 0 | Detritívoro |
| <i>Alotanypus</i> sp. | 60 | 0 | 40 | 0 | Detritívoro |
| <i>Pentaneura</i> sp. | 30 | 0 | 70 | 0 | Depredador |
| <i>Corynoneura</i> sp. | 30 | 70 | 0 | 0 | Herbívoro |
| <i>Cricotopus</i> sp. | 98 | 2 | 0 | 0 | Detritívoro |
| <i>Tanytarsus</i> sp. | 30 | 70 | 0 | 0 | Herbívoro |
| <i>Podonomus</i> sp. | 80 | 20 | 0 | 0 | Detritívoro |
| <i>Parochlus</i> sp. | 90 | 10 | 0 | 0 | Detritívoro |
| <i>Paraheptagyia</i> sp. | 95 | 5 | 0 | 0 | Detritívoro |

Tabla 6. Porcentajes de los ítems alimenticios presentes en los macroinvertebrados acuáticos en el río Chicucha. *Percentages of food items present in aquatic macroinvertebrates in the Chicucha river.*

| Género | MOPF | MA | RA | TV | GT |
|--------------------------|------|----|----|----|-------------|
| <i>Andesiops</i> sp. | 75 | 25 | 0 | 0 | Detritívoro |
| <i>Meridialaris</i> sp. | 5 | 95 | 0 | 0 | Herbívoro |
| <i>Polycentropus</i> sp. | 20 | 0 | 80 | 0 | Depredador |
| <i>Austrelmis</i> sp. | 93 | 7 | 0 | 0 | Detritívoro |
| <i>Prionocyphon</i> sp. | 40 | 0 | 60 | 0 | Depredador |
| <i>Neoplasta</i> sp. | 98 | 2 | 0 | 0 | Detritívoro |
| <i>Gigantodax</i> sp. | 65 | 15 | 20 | 0 | Detritívoro |
| <i>Simulium</i> sp. | 30 | 65 | 5 | 0 | Herbívoro |
| <i>Tipula</i> sp. | 30 | 0 | 0 | 70 | Herbívoro |
| <i>Alotanypus</i> sp. | 60 | 20 | 20 | 0 | Detritívoro |
| <i>Pentaneura</i> sp. | 35 | 5 | 60 | 0 | Depredador |
| <i>Corynoneura</i> sp. | 15 | 85 | 0 | 0 | Herbívoro |
| <i>Cricotopus</i> sp. | 90 | 10 | 0 | 0 | Detritívoro |
| <i>Tanytarsus</i> sp. | 95 | 5 | 0 | 0 | Detritívoro |
| <i>Podonomus</i> sp. | 25 | 75 | 0 | 0 | Herbívoro |
| <i>Podonomopsis</i> sp. | 85 | 15 | 0 | 0 | Detritívoro |
| <i>Parochlus</i> sp. | 95 | 5 | 0 | 0 | Detritívoro |

DISCUSIÓN

En el río de 1° orden el microhábitat piedra mediana, el cual suele estar asociado a zonas de alta corriente, fue el que presentó la mayor abundancia y riqueza específica. Esta preferencia por el microhábitat piedra mediana ha sido descrita en estudios anteriores en otras zonas altoandinas de Perú (Ortiz, 2012), lo cual es posible debido a que este sustrato es abundante y está presente en varios tamaños lo cual promueve que sea ocupado por una alta diversidad de macroinvertebrados, además presenta mayor superficie para el crecimiento de biopelículas, de las cuales se alimentan algunos macroinvertebrados (Morelli & Verdi, 2014). Sin embargo, en el río de 2° orden la mayor abundancia se observó en los microhábitats poza y roca, mientras que la mayor riqueza a nivel de género se observó en el microhábitat piedra mediana. Los microhábitats poza y roca del río Ccollpahuaycco contenían alga y musgo respectivamente, dado el menor porcentaje de sombra, que permite el paso de los rayos solares para que se desarrollen dichos productores primarios. Además, dichos microhábitats debido a su conformación, volumen y estructura retienen el detrito arrastrado por la corriente, por lo que proveen de diferentes recursos para los macroinvertebrados (Brusven et al., 1990). La familia Chironomidae, la más abundante y diversa en el presente estudio, ha sido descrita por algunos autores en los Andes peruanos, encontrándose alrededor de 38 géneros (Acosta & Prat, 2010). Estos organismos por lo general son los más abundantes y diversos en la mayoría de ecosistemas acuáticos, lo cual es posible debido a su alta tasa reproductiva y a que se adaptan a condiciones cambiantes, y toleran condiciones extremas naturales y antropogénicas (Ruse, 1995; Ferrington, 2008; Cranston, 2004; Ferrú & Fierro, 2015).

En ambos ríos, la MOPF fue el ítem alimenticio predominante en el tracto digestivo de los organismos analizados, llegando a formar casi el 100 % de la dieta de algunos organismos. Esta tendencia concuerda con la reportada en otros estudios realizados en zonas tropicales (Tomanova et al., 2006; Guzmán-Soto & Tamaris-Turizo, 2014; Padrón, 2019), la presencia de la MOPF en casi todos los organismos analizados estaría explica-

da por su alta disponibilidad, siendo una de las principales fuentes de energía para los macroinvertebrados en los ecosistemas acuáticos (Giller & Malmqvist, 1998; Allan & Castillo, 2007). Townsend-Small et al. (2005), encontraron que la MOPF presente en ríos y quebradas procede en gran medida del arrastre por escorrentía del suelo de zonas altoandinas, lo cual se refleja en la alta proporción de detritívoros en casi todos los microhábitats estudiados.

Los herbívoros estuvieron en menor proporción y su principal ítem alimenticio fueron las microalgas, esto revela la importancia de los productores primarios, aunque procesos de eutrofización alterarían la densidad y biomasa de herbívoros en los ecosistemas acuáticos y cambios en la estructura trófica (Alonso & Camargo, 2005). Los depredadores fueron los menos abundantes, tendencia que se asemeja a la encontrada en estudios similares en zonas andinas de Colombia y Ecuador (Villada-Bedoya et al., 2017; Galeano-Rendón & Mancera-Rodríguez, 2018; Padrón, 2019).

Los dípteros fueron los que dominaron en abundancia y diversidad en este estudio, así mismo presentaron mayor variabilidad respecto a su dieta alimenticia. Al respecto Mihuc (1997) menciona que las estrategias de alimentación generalistas son predominantes en ecosistemas lóticos ya que tendrían mayor ventaja sobre las estrategias especialistas, dado que al abarcar mayor diversidad de recursos alimenticios se reduciría la competencia interespecífica, permitiendo el desarrollo de mayor número de taxones. En el presente estudio *Neoplasta* (Empididae) y *Tabanus* (Tabanidae) muestran preferencia por la MOPF, sin embargo, nuestros resultados contrastan con los de Merrit et al. (2008), quienes reportan a estos géneros como depredadores, lo cual podría deberse a que la oferta de MOPF es alta, provocando así la modificación de los hábitos alimenticios de estos organismos. *Tipula* (Tipulidae) mostró preferencia por tejido vegetal seguido de MOPF, siendo clasificado como herbívoro, lo cual concuerda con lo reportado por Merrit et al., 2008. Sin embargo, Tomanova et al. (2006) a nivel general, menciona a la familia Tipulidae como depredador, colector-recolector y raspador. *Gigantodax* y *Simulium* pertenecientes a la familia Simuliidae presentaron dietas diferentes en el río

de 1° orden, donde *Gigantodax* mostró preferencia por la MOPF y *Simulium* por las microalgas, sin embargo, en el río de 2° orden ambos géneros mostraron dietas similares con preferencia por las microalgas. Padrón (2019) menciona a *Giganto-*

dax como un organismo generalista, es decir, sin preferencia por un ítem alimenticio en particular; por lo que el cambio de dieta de este género entre los ríos estudiados estaría explicado posiblemente debido a la disponibilidad de recursos.

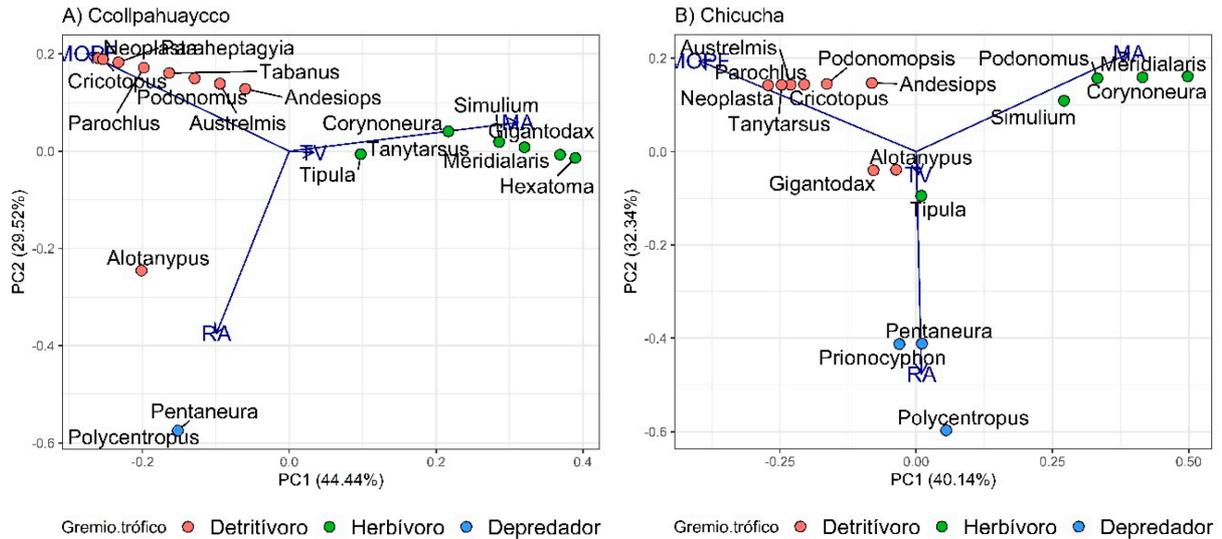


Figura 4. Análisis de componentes principales de los géneros presentes en el río Ccollpahuaycco (A) y Chicucha (B) en base a los ítems alimenticios encontrados en el tracto digestivo. Códigos de los ítems alimenticios igual que en figura 3. *Principal component analysis of the genera present in the Ccollpahuaycco (A) and Chicucha (B) rivers based on the food items found in the digestive tract. Food item codes as in figure 3.*

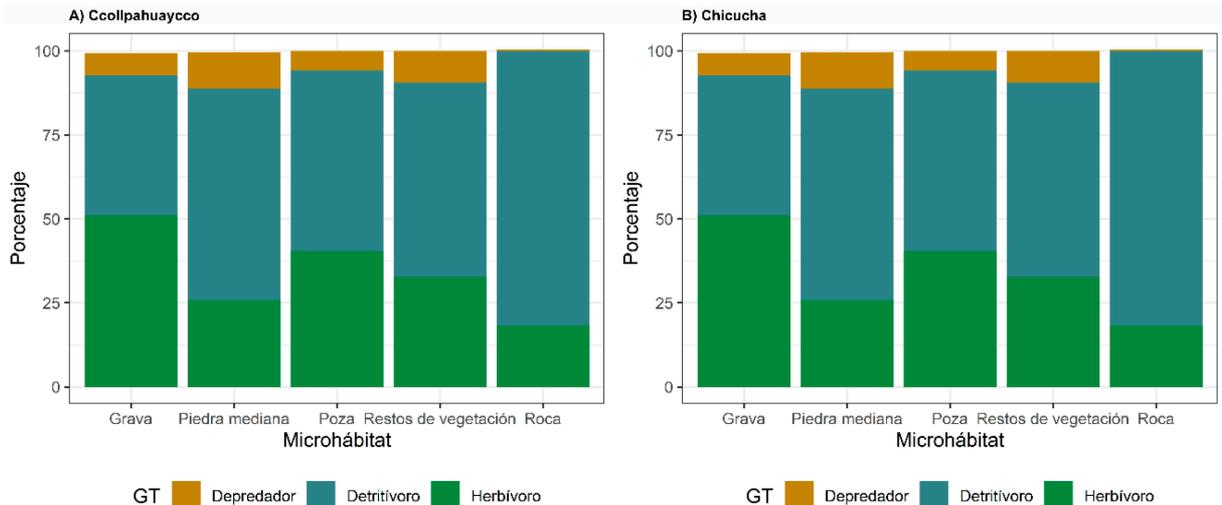


Figura 5. Proporción de abundancia de los gremios tróficos de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos presentes en el río Ccollpahuaycco (A) y Chicucha (B) para los diferentes microhábitats. *Proportion of the abundance of the trophic guilds of the community of aquatic macroinvertebrates present in the Ccollpahuaycco (A) and Chicucha (B) rivers and microhabitat.*

Los hábitos alimenticios de Chironomidae en la región tropical han sido descritos a nivel general por Tomanova et al. (2006). Recientemente se realizaron estudios en lagos altoandinos de Colombia y se muestra a la MOPF como el ítem alimenticio principal en los miembros de la familia Chironomidae (Caleño et al., 2018). En nuestro estudio, *Alotanypus*, *Pentaneura*, *Corynoneura*, *Cricotopus*, *Tanytarsus*, *Podonomus*, *Parochlus*, *Paraheptagyia* y *Podonomopsis* mostraron gran variabilidad en cuanto a su dieta alimenticia, ya que, a pesar de pertenecer a una misma familia, se encontraron diferencias entre los contenidos estomacales entre géneros, mostrando en algunos casos gremios tróficos distintos en cada río, sin embargo de manera general la MOPF fue el ítem alimenticio principal, seguido por las microalgas.

Andesiops y *Meridialaris* fueron los Ephemeroptera más abundantes, *Andesiops* se alimentó principalmente de MOPF, mientras que *Meridialaris* se alimentó exclusivamente de microalgas. Esto contrasta con los estudios realizados por Bello & Cabrera (2001) quienes en zonas de baja altitud (100 msnm) estudiaron a otros miembros de la misma familia a la cual pertenece *Meridialaris* mostrando al detrito como su principal alimento, evidenciando cambios a nivel altitudinal en los hábitos alimenticios en géneros de una misma familia.

Polycentropus fue el único Trichoptera analizado, nuestros resultados muestran a este género como depredador, ya que presentó gran proporción de restos animales en su tracto digestivo, lo cual concuerda con otros estudios realizados en zonas tropicales (Reynaga, 2009; Rodríguez-Barríos et al., 2011). Sin embargo, también se encontró, en menor proporción, MOPF. Al respecto algunos autores mencionan que especies de este género podrían ser generalistas y poseer el hábito alimenticio de colector-filtrador (Gil et al., 2006). En nuestro estudio la MOPF podría ser incidental o provenir de los organismos ingeridos, ya que en algunos casos se encontraron quironómidos enteros en los tractos digestivos analizados.

Las larvas de *Austrelmis* (Elmidae) y *Prionocyphon* (Scirtidae), ambos pertenecientes al orden Coleoptera, presentaron dietas distintas. *Austrelmis* fue catalogado como detritívoro, sin embargo, *Prionocyphon* presentó gran proporción

de restos animales junto con MOPF en el tracto digestivo. Esto contrasta con estudios realizados en miembros de la familia Scirtidae en donde se encontró a la materia orgánica particulada gruesa como su principal fuente de alimentación (Rivera et al., 2013).

De manera general nuestros resultados representan un aporte al conocimiento sobre los gremios tróficos, ya que en Perú estos estudios son escasos, por lo que se recomienda seguir realizando investigaciones en esta área para una mejor comprensión del funcionamiento de los ecosistemas acuáticos altoandinos.

AGRADECIMIENTOS

Al Vicerrectorado de Investigación y Posgrado de la UNMSM por el financiamiento otorgado a través del Programa de Promoción de Tesis de Pregrado, código: B17100724a.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, R. (2009). *Estudio de la cuenca altoandina del río Cañete (Perú): Distribución altitudinal de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y caracterización hidroquímica de sus cabeceras cársticas*. Memoria de título de Doctor por la Universidad de Barcelona. Descargada de: http://www.ub.edu/riosandes/docs/TESIS_RAUL_ACOSTA.pdf
- Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M., & 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(1), 35–64. DOI: 10.23818/limn.28.04
- Allan, D., & Castillo, M. (2007). *Stream Ecology: Structure and function of running waters*. 2^o ed. 436 pp
- Alonso, A., & Camargo, J. A. (2005). Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles. *Ecosistemas: Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*, 14(3), 10. DOI: 10.7818/ECOS.432
- Anderson, E. P., Encalada, A. C., Maldonado-Ocampo, J. A., McClain, M. E., Ortega,

- H., & Wilcox, B. P. (2011). Caudales Ambientales: un Concepto para el Manejo de los Efectos de las Alteraciones Fluviales y el Cambio Climático en los Andes. In: *Cambio Climático y Biodiversidad en los Andes Tropicales*. (pp. 387- 401). Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global & Comité Científico sobre Problemas del Medio Ambiente, Paris, France.
- Balian, E. V., Segers, H., Martens, K., & Lévêque, C. (2007). The Freshwater Animal Diversity Assessment: An overview of the results. *Hydrobiologia*, 595(1): 627–637. DOI: 10.1007/s10750-007-9246-3
- Bello, C. L., & Cabrera, M. I. (2001). Alimentación ninfal de leptophlebiidae (Insecta: Ephemeroptera) en el caño Paso del Diablo, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 49(3), 999–1003.
- Brusven, M. A., Meehan, W. R., & Biggam, R. C. (1990). The role of aquatic moss on community composition and drift of fish-food organisms. *Hydrobiologia*, 196(1), 39-50. DOI: 10.1007/BF00008891
- Caleño Ruiz, Y., Rivera-Rondon, C. A., & Ovalle, H. (2018). Hábitos alimentarios de quironómidos (Diptera: chironomidae) en Lagos del Páramo de Chingaza, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 66(1), 136–148. DOI: 10.15517/rbt.v66i1.28951
- Chará-Serna, A. M., Chará, J. D., Zúñiga, M. D. C., Pedraza, G. X., & Giraldo, L. P. (2010). Clasificación trófica de insectos acuáticos en ocho quebradas protegidas de la ecorregión cafetera colombiana. *Universitas Scientiarum*, 15(1), 27-36.
- Clarke, K. R., Gorley, R. N., Somerfield, P. J., & Warwick, R. M. (2014). *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. 3rd edition. PRIMER-E: Plymouth.
- Cranston, P. S. (2004). Insecta : Diptera, Chironomidae. In: *Freshwater invertebrates of the Malaysian region*. Yule, C. M. & Y. H. Sen. (pp. 711- 735). University of California, California, U.S.A.
- Domínguez, E., & Fernández, H. R. (2009). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología*. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina, 656
- Fernández, R. L. (2012). Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos. *Páginas de Información Ambiental*, 39, 24–29.
- Ferrington, L. C. (2008). Global diversity of non-biting midges (Chironomidae; Insecta-Diptera) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595(1), 447–455. DOI: 10.1007/s10750-007-9130-1
- Ferru, M., & Fierro, P. (2015). Estructura de macroinvertebrados acuáticos y grupos funcionales tróficos en la cuenca del río Lluta, desierto de Atacama, Arica y Parinacota, Chile. *Idesia*, 33(4), 47–54. DOI: 10.4067/S0718-34292015000400007
- Galeano-Rendón, E., & Mancera-Rodríguez, N. J. (2018). Efectos de la deforestación sobre la diversidad y la estructura del ensamblaje de macroinvertebrados en cuatro quebradas Andinas en Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 66(4), 1721-1740. DOI: 10.15517/rbt.v66i4.31397
- García, R. 2016. *Diversidad de macroinvertebrados bentónicos en la cuenca alta del río Chillón (Lima, Perú) y su uso como indicadores biológicos* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú. Descargada de: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/5188>
- Gil, M. A., Garelis, P. A., & Vallania, E. A. (2006). Hábitos alimenticios de larvas de *Polycentropus joergenseni* Ulmer, 1909 (Trichoptera: Polycentropodidae) en el Río Grande (San Luis, Argentina). *Gayana*, 70(2), 206–209. DOI: 10.4067/s0717-65382006000200007
- Giller, P. S., & Malmqvist, B. (1998). *The biology of streams and rivers*. Oxford University Press.
- Graça, M. A (2001). The role of invertebrates on leaf litter decomposition in streams—a review. *International Review of Hydrobiology*, 86(4-5), 383-393. DOI: 10.1002/1522-2632(200107)86:4/5<383::AID-IROH383>3.0.CO;2-D
- Grönroos, M., & Heino, J. (2012). Species richness at the guild level: Effects of species pool and local environmental conditions on stream macroinvertebrate communities. *Jour-*

- nal of Animal Ecology*, 81(3), 679–691. DOI: 10.1111/j.1365-2656.2011.01938.x
- Guzmán-Soto, C. J., & Tamarís-Turizo, C. E. (2014). Hábitos alimentarios de individuos inmaduros de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera en la parte media de un río tropical de montaña. *Revista de Biología Tropical*, 62(April), 169–178.
- Hanson, P., Springer, M., & Ramirez, A. (2010). Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. Métodos de recolección. Biomonitorio acuático. Ephemeroptera. Odonata. Plecoptera. Trichoptera. *Revista Biología Tropical*, 58(4), 53–59.
- Hammer, Ø., Harper, D. A., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaentologia electronica*, 4(1), 9.
- Jacobsen, D., & Marín, R. (2008). Bolivian Altiplano streams with low richness of macroinvertebrates and large diel fluctuations in temperature and dissolved oxygen. *Aquatic Ecology*, 42(4), 643–656. DOI: 10.1007/s10452-007-9127-x
- Da Silva, F. L., Pauleto, G. M., Talamoni, J. L. B., & Ruiz, S. S. (2009). Categorização funcional trófica das comunidades de macroinvertebrados de dois reservatórios na região centro-oeste do Estado de São Paulo, Brasil. *Acta Scientiarum - Biological Sciences*, 31(1), 73–78. DOI: 10.4025/actasciobiolsci.v31i1.331
- Merritt, R. W., Cummins, K. W., & Berg, M. (2008). *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. 4^o ed. 1158 pp.
- Mihuc, T. B. (1997). The functional trophic role of lotic primary consumers: generalist versus specialist strategies. *Freshwater Biology*, 37(2), 455–462. DOI: 10.1046/j.1365-2427.1997.00175.x
- Molina, C. I., Gibon, F. M., Pinto, J., & Rosales, C. (2008). Estructura de Macroinvertebrados Acuáticos en un río altoandino de la Cordillera Real de Bolivia: variación anual y longitudinal en relación a factores ambientales. *Ecología aplicada*, 7(1-2), 105–116.
- Morelli, E., & Verdi, A. (2014). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en cursos de agua dulce con vegetación ribereña nativa de Uruguay. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(4), 1160–1170. DOI: 10.7550/rmb.45419
- ONERN (1976). *Mapa ecológico del Perú: guía explicativa*. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales.
- Ortiz, W. L. (2012). *Distribución Espacio-Temporal de la comunidad de Trichoptera (Insecta) en tributarios de pequeño orden del río Rímac, Huarochiri, Lima* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú. Descargada de: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/1428>
- Padrón Pesantez, C. R. (2019). *Determinación de gremios tróficos de macroinvertebrados en riachuelos del páramo del Macizo del Cajas, Azuay-Ecuador* (Bachelor's thesis, Universidad del Azuay). Descargada de: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/8938>
- Prat, N., Rieradevall, M., Acosta, R., & Villamarín, C. (2011). *Guía para el reconocimiento de las larvas de Chironomidae (Diptera) de los ríos altoandinos de Ecuador y Perú*. Clave para la determinación de los géneros.
- R Development Core Team. (2014). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing Vienna. Available online at: <http://www.R-project.org>
- Ramírez, A., & Gutiérrez-Fonseca, P. E. (2014). Functional feeding groups of aquatic insect families in Latin America: a critical analysis and review of existing literature. *Revista de Biología Tropical*, 62(April), 155–167. DOI: 10.15517/rbt.v62i0.15785
- Reynaga, M. C. (2009). Hábitos alimentarios de larvas de Trichoptera (Insecta) de una cuenca subtropical. *Ecología Austral*, 19(3), 207–214.
- Rivera, J. J., Agudelo, G. P., & Camacho, D. L. (2013). Macroinvertebrate trophic groups in an Andean wetland of Colombia. *Acta Biologica Colombiana*, 18(2), 43–56.
- Rodríguez-Barrios, J., Ospina-Tórres, R., & Turizo-Correa, R. (2011). Grupos funcionales alimentarios de macroinvertebrados acuáticos en el río Gaira, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 59(4), 1537–1552.
- Ruse, L. (1995). Chironomid community structure deduced from larvae and pupal exuviae of a chalk stream. *Hydrobiologia*, 315(2), 135–142. DOI: 10.1007/BF00033625

- Sabater, S., & Elosegí, A. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial: importancia de los ríos*. 1° ed. España (pp. 15–21).
- SPSS Inc. (2007). SPSS para Windows, versión 16.0. Chicago, SPSS Inc.
- Tomanova, S., Goitia, E., & Helešić, J. (2006). Trophic levels and functional feeding groups of macroinvertebrates in neotropical streams. *Hydrobiologia*, 556(1), 251–264. DOI: 10.1007/s10750-005-1255-5
- Townsend-Small, A., McClain, M. E., & Brandes, J. A. (2005). Contributions of carbon and nitrogen from the Andes Mountains to the Amazon River: Evidence from an elevational gradient of soils, plants, and river material. *Limnology and Oceanography*, 50(2), 672–685. DOI: 10.4319/lo.2005.50.2.0672
- Villada-Bedoya, S., Triana-Moreno, L. A., & Dias, L. G. (2017). Grupos funcionales alimentarios de insectos acuáticos en quebradas andinas afectadas por agricultura y minería. *Caldasia*, 39(2), 370–387. DOI: 10.15446/caldasia.v39n2.62800
- Wentworth, C. K. (1922). A scale of grade and class terms for clastic sediments. *The journal of geology*, 30(5), 377-392.