

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



Comunidad macroinvertebrada y características  
fisicoquímicas de dos ríos del distrito de Cangallo,  
Ayacucho 2016-2017.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
BIÓLOGA EN LA ESPECIALIDAD DE ECOLOGÍA Y  
RECURSOS NATURALES

Presentado por la:  
Bach. AYALA QUISPE, Lida Edith

AYACUCHO – PERÚ  
2018



Con mucho amor y cariño a mi  
esposo e hijos



## AGRADECIMIENTOS

A mi *Alma mater*, la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por brindarme las facilidades para concluir mis estudios superiores y materializar mi formación profesional.

A mí querida Facultad de Ciencias Biológicas, por labrar en mí la profesión de bióloga y sus docentes por sabias enseñanzas.

Al Laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica por brindarme las facilidades materiales para realizar el trabajo de investigación.

A mi asesor, Dr. Carlos Emilio Carrasco Badajoz por su orientación académica y contribución, que han permitido la elaboración y finalización del presente trabajo de tesis.

A los docentes que han contribuido en mi formación, principalmente de la Escuela Profesional de Biología, por ser portadores de sabiduría y sobre todo por su capacidad de transmitirla, que aportaron en mi vida conocimientos científicos de un biólogo en el campo de la Ecología.

A la Blga. Carolina Rayme Chalco, por su apoyo en el procesamiento de las muestras biológicas.

A todas aquellas personas que con su invaluable apoyo contribuyeron en la materialización del presente trabajo.



## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. Marco conceptual	7
2.2.1. Sistemas lóticos	7
2.2.2. Macroinvertebrados acuáticos	7
2.2.3. Composición comunitaria	7
2.2.4. Abundancia	7
2.2.5. Abundancia relativa	8
2.2.6. Características fisicoquímicas del agua	8
2.3. Bases teóricas	8
2.3.1. Los ecosistemas fluviales	8
2.3.2. Los macroinvertebrados acuáticos	9
2.3.3. Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad de agua	10
2.3.4. Principales órdenes que integran la comunidad macroinvertebrada acuática	10
2.3.5. Calidad fisicoquímica del agua	13
2.3.6. Influencia de los factores químicos en la biota	16
2.4. Marco legal	16
2.4.1. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM)	17
III. MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1. Ubicación de la zona de estudio	19
3.1.1. Ubicación Política	19
3.1.2. Ubicación geográfica	19
3.2. Población y muestra	20

3.2.1. Población	20
3.2.2. Muestra	20
3.2.3. Muestreo	20
3.2.4. Unidad de observación	20
3.3. Metodología y recolección de datos	21
3.3.1. Ubicación de las zonas de muestreo	21
3.3.2. Obtención de muestras de macroinvertebrados	21
3.3.3. Colección y análisis de muestras de agua	22
3.3.4. Selección de las muestras	23
3.3.5. Identificación de los macroinvertebrados	23
3.3.6. Determinación de la abundancia	23
3.4. Análisis estadístico	23
IV. RESULTADOS	25
V. DISCUSIÓN	35
VI. CONCLUSIONES	43
VII. RECOMENDACIONES	45
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
ANEXOS	51

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Ubicación geográfica de las zonas de muestreo ubicados en el curso de los ríos Pampas y Macro, Cangallo, Ayacucho 2016-2017.	19
Tabla 2. Métodos de caracterización fisicoquímica del agua. Superintendencia Nacional de Servicio de Saneamiento (SUNASS).	22
Tabla 3. Composición de la comunidad macroinvertebrada acuática en los ríos Pampas y Macro, Cangallo, Ayacucho 2016-2017.	26
Tabla 4. Promedio de las características físico químicas de las aguas del río Pampas y Macro, Cangallo, Ayacucho, 2016-2017.	32
Tabla 5. Coeficiente de correlación de Sperman para relacionar la abundancia de los géneros de la comunidad macroinvertebrada acuática con las principales características fisicoquímicas del agua en los ríos Pampas y Macro, Cangallo, Ayacucho 2016-2017.	33



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Abundancia relativa promedio y desviación típica de los componentes de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos hallados en los ríos Pampas y Macro, Cangallo Ayacucho 2016-2017.	27
Figura 2. Abundancia relativa promedio y desviación típica de los componentes de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos de los ríos Pampas y Macro, Cangallo Ayacucho 2016-2017.	28
Figura 3. Abundancia relativa promedio y desviación típica de los componentes de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos por meses de muestreo colectados en el río Pampas, Cangallo, Ayacucho 2016-2017.	29
Figura 4. Abundancia relativa promedio y desviación típica de los componentes de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos por meses de muestreo colectados en el río Macro, Cangallo, Ayacucho 2016-2017.	30
Figura 5. Abundancia relativa promedio y desviación típica de los componentes de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en las siete zonas de muestreo ubicados en el río Pampas y Macro, Cangallo, Ayacucho 2016-2017.	31



## ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Resultado de la prueba de Kolmogorov Smirnov, aplicado a las abundancias de los componentes de la comunidad macroinvertebrada acuática hallada en los ríos Pampas y Macro	53
Anexo 2. Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis para comparar la abundancia de los macroinvertebrados acuáticos hallados en siete zonas de muestreo ubicados en los ríos Pampas y Macro, Cangallo, Ayacucho 2016-2017.	54
Anexo 3. Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis para comparar la abundancia de los macroinvertebrados acuáticos hallados en siete meses de muestreo hallados en el río Pampas, Cangallo, Ayacucho 2016-2017.	55
Anexo 4. Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis para comparar la abundancia de los macroinvertebrados acuáticos hallados en siete meses de muestreo hallados en el río Macro, Cangallo, Ayacucho 2016-2017.	56
Anexo 5. Valores promedio, mínimo y máximo de las características fisicoquímicas de las aguas del río Pampas y Macro, Cangallo, Ayacucho, 2016-2017.	57
Anexo 6. Resultado de la prueba de Mann-Whitney para comparar los ríos Pampas y Macro según las características fisicoquímicas.	58
Anexo 7. Imágenes del proceso de muestreo en los ríos Pampas y Macro, Cangallo, Ayacucho 2016-2017.	59
Anexo 8. Imágenes del proceso de determinación de las características fisicoquímicas del agua en el Laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica.	61
Anexo 9. Imágenes del proceso de identificación de las muestras de macroinvertebrados del río Pampas y Macros, del distrito de Cangallo, Ayacucho.	62
Anexo 10. Características taxonómicas del orden Ephemeroptera de la familia Baetidae y Leptophebiidae en los ríos Pampas y Macro, Cangallo, Ayacucho 2016-2017.	63
Anexo 11. Características taxonómicas del orden Ephemeroptera de la familia Leptohyphidae y Oligoneuriidae en los ríos Pampas y	64

	Macro, Cangallo, Ayacucho 2016-2017.	
Anexo 12.	Características taxonómicas del orden Plecoptera de la familia Perlidae; orden Megaloptera de la familia Corydalidae, orden Odonata de la familia Aeshnidae y Orden Hemiptera de la familia Vellidae en los ríos Pampas y Macro, Cangallo, Ayacucho 2016-2017.	65
Anexo 13.	Características taxonómicas del orden Tricoptera de la familia Hydropsychidae, familia Hydrobiosidae, familia Leptoceridae, familia Hydroptilidae y familia Glossosomatidae en los ríos Pampas y Macro, Cangallo, Ayacucho 2016-2017.	66
Anexo 14.	Características taxonómicas del orden Diptera de la familia Chironomidae y familia Ceratopogonidae en los ríos Pampas y Macro, Cangallo, Ayacucho 2016-2017.	67
Anexo 15.	Características taxonómicas del orden Diptera de la familia Empididae, familia Tipulidae, familia Muscidae, familia Tabanidae, familia Simuliidae y familia Blepharoceridae en los ríos Pampas y Macro, Cangallo, Ayacucho 2016-2017.	68
Anexo 16.	Características taxonómicas del orden Coleoptera de la familia Elmidae, familia Psephenidae, en los ríos Pampas y Macro, Cangallo, Ayacucho 2016-2017.	69
Anexo 17.	Características taxonómicas del orden Amphipoda de la familia Hyalellidae, orden Tricladida de la familia Planariidae, orden Haplataxida de la familia Tubificidae, orden Lumbriculida de la familia Lumbriculidae, orden Basommatophora de la familia Physidae, en los ríos Pampas y Macro, Cangallo, Ayacucho 2016-2017.	70
Anexo 18.	Mapa de ubicación de las zonas de muestreo en los ríos Pampas y Macro, Cangallo, Ayacucho, 2016-2017.	71
Anexo 19.	Matriz de consistencia	72

## RESUMEN

Los macroinvertebrados acuáticos cumplen un papel importante en el funcionamiento de los sistemas fluviales por lo que es importante caracterizarlos para aproximarnos al conocimiento de los mismos. Aspectos como composición y la abundancia de los componentes de dicha comunidad son muy importantes. El trabajo de investigación se ha desarrollado teniendo los siguientes objetivos específicos: determinar la composición y abundancia de los componentes de la comunidad macroinvertebrada acuática de los ríos Macro y Pampas; caracterizar fisicoquímicamente (alcalinidad total, cloruro, conductividad, dióxido de carbono, dureza cálcica, dureza magnésica, dureza total, pH y sólidos disueltos totales) las aguas de dichos ríos y relacionar la abundancia de los componentes de la comunidad macroinvertebrada con la calidad fisicoquímica del agua de los ríos estudiados. Los muestreos se desarrollaron en el curso de los ríos aledaño a la ciudad de Cangallo, estableciéndose dos y cinco zonas en los dos ríos Macro y Pampas, desde el mes de octubre del 2016 a abril del 2017. En la colección de las muestras de la comunidad de los macroinvertebrados acuáticos, se empleó una red tipo Surber con un área de muestreo de 40 x 30cm, con el cual se realizó cinco colecciones en cada zona, los que constituyeron una muestra que fue transvasado a una bolsa plástica, agregándose alcohol al 99% y trasladados al Laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica de la Facultad de Ciencias Biológicas. En la identificación de los especímenes colectado en cada muestra, se empleó la clave de Domínguez y Fernández. De los resultados, para el río Pampas se halló 38 géneros de los cuales diez fueron exclusivos de dicho río; mientras en el río Macro fue de 31 géneros, siendo tres de ellos exclusivo. En total, para los dos ríos se halló 41 géneros perteneciente a 28 familias, 13 órdenes y 5 clases. Las abundancias de los componentes de la comunidad estudiada fue muy variable tanto temporal (por meses) como espacialmente (por zonas de muestreo), resalta la existencia de pocos taxones (géneros) que son muy abundantes y muchos que son escasos. Los géneros *Andesiops*, *Dicrotendipes*, *Heterelmis* fueron los más abundantes para los dos ríos. Las características fisicoquímicas de las aguas de los ríos son estadísticamente diferentes ( $p < 0,05$ ), donde el río Pampas presenta los mayores valores de alcalinidad total, cloruro, conductividad, dióxido de carbono, dureza cálcica, dureza magnésica, dureza total y sólidos disueltos totales. Los géneros *Andesiops*, *Huleechius* y *Hyalella*, correlacionaron significativamente con ocho de las nueve características fisicoquímicas determinadas; mientras que la dureza magnésica y sólidos disueltos totales fueron las características fisicoquímicas que correlacionaron significativamente con un número mayor de los componentes de la comunidad estudiada.

**Palabras clave:** Macroinvertebrados acuáticos, composición, abundancia.



## I. INTRODUCCIÓN

La comunidad macroinvertebrada acuática agrupa todos a aquellos organismos que tienen como hábitat al sustrato de los ecosistemas acuáticos continentales que tienen un tamaño igual o mayor de 0,5 m.m.<sup>1,2</sup> La mayoría de los mismos (más o menos el 80%) corresponden a grupos de los artrópodos y dentro de estos los insectos, principalmente sus formas larvarias. Dentro de los principales taxones considerados dentro de esta comunidad tenemos a los Turbelarios “planarias”, Oligoquetos “lombrices”, Hirudineos “sanguijuelas”, Arácnidos, Insectos, Crustáceos, Gasterópodos “caracoles” y Bivalvos<sup>3,4</sup>.

Los macroinvertebrados acuáticos es una comunidad que cumple un papel muy importante en el funcionamiento de los sistemas acuáticos en donde se hallan, al ser abundantes, contribuyen sobremanera al flujo de energía, desde la materia orgánica elaborada por los productores primarios (hervívoros), productores secundarios (depredadores) y desde la materia orgánica (detritívoros), conduciéndolo hacia niveles tróficos superiores en la que se hallan, peces, aves, anfibios e incluso mamíferos. Por otro lado, la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, por las diferentes características que reúne sus componentes, como ser relativamente sedentaria, presentar exigencias ambientales, ser relativamente grandes, es empleada frecuentemente como bioindicador de la calidad de los ambientes acuáticos. Lo mencionado hace que su estudio y caracterización sea importantes en el estudio de los ambientes acuáticos continentales.

Los conocimientos de los macroinvertebrados acuáticos es muy heterogénea a nivel mundial, como ejemplo se puede mencionar que en Norte América y Europa, es amplia y detallada, la misma que se sustenta en las publicaciones de muchos investigadores como de Trop y Covich <sup>5</sup> para Norteamérica y de Oscoz et Al., <sup>6</sup> para España. Para el Neotrópico (dentro del cual se halla América del Sur), los estudios son muy escasos y la información derivada de ella se halla

dispersa en numerosas publicaciones de poca circulación y de difícil acceso; sin embargo esto último años han aparecido publicaciones importantes como la de Roldan<sup>7</sup>, y sobre todo el de Domínguez y Fernández<sup>4</sup>, en cuyo libro titulado “Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología” se aborda los principales grupos de organismos que constituyen esta comunidad, por lo que es tomada como referencia de importancia para Sudamérica de habla española. A nivel de nuestro país el conocimiento de esta comunidad, es un más pobre, la misma que se circunscribe a mención de taxones hallados, tomando como referencia el libro de Domínguez y Fernández, más no así un documento que cumpla la función de clave taxonómica. Si nos referimos a nuestra región, se puede afirmar de la existencia de algunas contribuciones aislada, principalmente de macroinvertebrados acuáticos de sistemas lóticos.

El panorama general descrito que sustenta de existencia de vacíos de información de esta comunidad en los ríos altoandinos, determinan que se realice investigaciones dentro de éste ámbito, por lo mismo el trabajo de investigación se ha planteado persiguiendo los siguientes objetivos:

#### **Objetivo general**

Evaluar las características de la comunidad macroinvertebrada acuática de los ríos Macro y Pampas y su relación con las características fisicoquímicas del agua, durante los meses de octubre del 2016 a abril del 2017 en el distrito de Cangallo en la región Ayacucho.

#### **Objetivos específicos**

- a. Determinar la composición de la comunidad macroinvertebrada acuática de los ríos Macro y Pampas.
- b. Cuantificar la abundancia de los componentes de la comunidad macroinvertebrada acuática de los ríos Macro y Pampas.
- c. Determinar las características fisicoquímicas del agua (alcalinidad total, cloruros, conductividad eléctrica, dureza cálcica, dureza magnésica, dureza total, pH, sólidos disueltos totales y salinidad) de las aguas de los ríos Macro y Pampas.
- d. Relacionar la abundancia de los componentes de la comunidad macroinvertebrada acuática de los ríos Macro y Pampas con las características fisicoquímicas del agua de su hábitat.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

Un estudio caracterizó las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en seis estaciones establecidas en áreas dulceacuícolas y estuarinas de la cuenca baja del río Dagua dentro de Colombia, para el cual empleo una red Surber (0,25 m<sup>2</sup>) con el cual se colectaron cuatro muestras integradas del microhábitats (lecho rocoso, hojarasca y sedimentos arenosos). Además, se realizó una inspección manual, con el fin aumentar el esfuerzo de colecta. Se calcularon las abundancias relativas de los géneros y las familias registrados, la riqueza específica (número de taxones por estación) y los índices de estructuras de comunidades, diversidad de Shannon-Wiener (H'), Equidad (J) y Dominancia (D). Las estaciones muestreadas fueron comparadas mediante un análisis de similitud utilizando la matriz de presencia-ausencia por estación (coeficiente de Jaccard). Las relaciones entre los índices ecológicos y las variables fisicoquímicas se evaluaron mediante un análisis de correlación de Spearman. Se colectó un total de 15,498 individuos de macroinvertebrados acuáticos representados en cuatro fila, siete clases, 17 órdenes, 63 familias y 61 géneros, de los cuales los más abundantes y distribuidos en todas las estaciones fueron: *Macrobrachium heterochirus* (Crustacea: Paleomonidae) (52,23 %), *Orthocladius* sp.1 (Insecta: Chironomidae) (9,2%) y *Lyrodes* (Gastropoda: Hydrobidae) (6,9%). Todas las estaciones exhibieron diferencias significativas con respecto a la diversidad ( $p < 0,05$ ). La composición, riqueza y diversidad de taxones en las localidades de estuario se diferencian en las zonas dulceacuícolas, debido a la presencia de especies de gasterópodos y crustáceos disímiles. El análisis de similitud determinó una comunidad de agua dulce diferente a la estuarina y entre las variables estudiadas, sólo el pH tuvo una correlación significativa con la diversidad ( $r^2=0,6736$ ,  $r=0,8207$ ,  $p= 0,0453$ ).<sup>8</sup>

Considerando el valor de los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de calidad del agua, el objetivo de un estudio fue comparar la riqueza, composición de dichos organismos y la calidad de agua en dos quebradas abastecedoras en el municipio de Manizales en la república de Colombia. Con tal propósito se realizaron tres muestreos en tres estaciones (zona de referencia-no intervenida, zona antes y después de la represa) en las quebradas Olivares y Romerales, en tres períodos (seco, intermedio y lluvioso). Para la colecta de los macroinvertebrados se utilizó la una Red Surber con tres repeticiones por sustrato (hojarasca, roca y sedimento fino). En cada punto de muestreo se registraron variables físico-químicas in situ y en laboratorio. En total se capturaron 12443 macroinvertebrados, distribuidos en 17 órdenes, 62 familias y 156 géneros. No se encontraron diferencias significativas entre la riqueza de macroinvertebrados en las quebradas estudiadas, sin embargo, la abundancia fue significativamente mayor para la quebrada Romerales. Con respecto a la composición, se encontraron 72 géneros compartidos por las dos quebradas, 49 géneros exclusivos para Olivares y 59 para Romerales. Las variables fisicoquímicas evaluadas y los resultados obtenidos con el índice biótico BMWP (Biological Monitoring Working Party) indican que, en general, las dos quebradas evaluadas presentan una buena calidad de agua.<sup>9</sup>

En un trabajo de investigación se evaluó la influencia antrópica sobre la diversidad de macroinvertebrados en tributarios del río Madre de Dios en el departamento del mismo nombre en el Perú, con diferentes grados de conservación. Para el cual se analizó la composición y diversidad de seis quebradas en sustratos de bancos vegetados. Dos estaciones se ubican en zonas protegidas (Reserva Nacional Tambopata y el fundo Inkaterra) y las cuatro restantes en zona de amortiguamiento de la Reserva Nacional de Tambopata, a excepción de la estación LP. Se registró un total de 136 taxa, siendo predominante la clase Insecta. Las pruebas estadísticas (Anosim, Kruskal Wallis, escalamiento multidimensional no métrico), mostraron diferencias significativas entre las estaciones evaluadas. Esto fue asociado con la condición ecológica de las estaciones respecto a actividades mineras, identificadas principalmente mediante análisis de mercurio, medidas de integridad (RCE-Riparian, Chanel and Environmental Inventory) y otros parámetros como oxígeno disuelto, conductividad, sólidos totales disueltos y transparencia. Los parámetros de riqueza, abundancia, diversidad y equidad se correlacionaron positivamente

con el oxígeno, pero negativamente con los sólidos totales disueltos. Las métricas de bioindicación como diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) y EPT permitieron discriminar diferentes grados de impacto, donde una de las estaciones de estudio LP, mostró pésimas condiciones, mientras que la estación en fundo Inkaterra (FC) fue la más conservada. El estudio evidenció que los macroinvertebrados muestran gran sensibilidad a las condiciones ambientales, de tal forma que el estudio de su comunidad evidencia el grado de conservación de las quebradas en la zona. <sup>10</sup>

Con la finalidad de determinar la calidad del agua en puntos afluentes del río Cesar como el río Calenturitas, Maracas y Tucuy en Colombia, se utilizó macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores y aplicando el índice BMWP/Col adaptado para Colombia por Roldan (Biological Monitoring Working Party score). Para el cual se establecieron cinco estaciones y dos jornadas de muestreo (periodo seco y de lluvias). Se colectaron muestras de agua para análisis fisicoquímicos e identificación de macro invertebrados que fueron contados e identificados mediante el uso de un estéreo microscopio y claves taxonómicas. En total se identificaron 1025 organismos, 589 en periodo seco y 436 en periodo de lluvias, pertenecientes a 2 phylum, 3 clases, 9 órdenes, 24 familias y 37 géneros. El valor promedio del índice BMWP/Col define la calidad del agua de la estación 1 (E1) como agua ligeramente contaminada, de calidad aceptable, E2-E3-E4 y E5 como agua moderadamente contaminada, de calidad dudosa. Agua de la estación E5 presenta el puntaje más bajo de todas las estaciones y las variables fisicoquímicas y microbiológicas más altas. <sup>11</sup>

En un estudio realizado en los andes de Colombia, con la finalidad de determinar la composición y estructura de macroinvertebrados teniendo en cuenta diferentes sustratos en un gradiente altitudinal en corrientes andinas. Se registraron 74 taxones distribuidos en 42 familias y 13 órdenes. Las familias más abundantes fueron Chironomidae (Diptera), Leptohiphidae, Leptophlebiidae, Baetidae (Ephemeroptera), Hydropsychidae y Glossosomatidae (Trichoptera). La densidad media de macroinvertebrados acuáticos no mostró diferencias significativas entre estaciones y entre sustratos ( $P > 0,05$ , U de Mann Whitney). Se evidenciaron diferencias en el ensamblaje de macroinvertebrados de acuerdo con el tipo de sustrato, pero no a nivel de tramos; posteriormente, se revelaron diferencias significativas entre arena - grava/guijarro, y arena - roca (ANOSIM,  $R = 0,3894$ ;  $P < 0,01$ ), pero no entre las corrientes evaluadas (ANOSIM,  $R = 0,95$ ;  $P > 0,05$ ).

La diversidad de Shannon Wiener (H) fue significativamente más baja en el sustrato arena con respecto a los de roca y grava/guijarro (U de Mann-Whitney: Zobs = -2,8 y Zobs = -3,2, respectivamente;  $P < 0,05$ ), mientras que entre estaciones no se registraron diferencias significativas (U de Mann-Whitney:  $P > 0,05$ ). A nivel altitudinal los taxones Chironominae, Orthocladinae, Tanypodinae, Baetodes, Camelobaetidius, Leptohyphes, Thraulodes y Smicridea se registraron en todas las estaciones.<sup>12</sup>

En una investigación en la que se caracterizó la entomofauna acuática de cuatro quebradas de la cuenca del río San Juan en el departamento del Chocó (Colombia), llevado a cabo entre febrero y julio de 2007 se recolectaron 2,377 especímenes distribuidos en nueve órdenes, 35 familias y 52 géneros. El orden Ephemeroptera fue el más representativo en términos de abundancia (61,09 %) y de riqueza (11 géneros), seguido de Coleoptera (13,38 %), con 12 géneros. El índice de diversidad de Shannon-Weaver, de 2,95 bits/ind, así como la riqueza total de géneros (52) encontrada en las quebradas, demuestran su gran diversidad, con diferencias significativas entre ellas, pero no en cuanto a los meses de muestreo. De acuerdo con el índice de Jaccard, basado en la presencia de diferentes géneros identificados, se observó que las quebradas Profundo y Colorado presentaron mucha similitud (0,65), mientras que el mayor valor de disimilitud lo presentó la quebrada San Francisco (0,48). Los parámetros físicos y químicos estaban dentro de los rangos normales y presentaron poca variación, lo que indica que las quebradas tienen buenas condiciones ecológicas para el establecimiento de una comunidad acuática diversa.<sup>13</sup>

En la investigación realizada para determinar las características de la comunidad macroinvertebrada acuática de la zona litoral de la laguna Condorccocho, ubicada en el distrito de Los Morochucos, provincia de Cangallo, región de Ayacucho, a una altitud de 3600 msnm, durante los meses de junio a octubre del año 2017, en los que se realizó muestreos mensuales en cuatro lugares de la zona litoral de la laguna, para el cual se empleó una red tipo D Net con una luz de malla de 0,5 mm el cual fue modificada, para permitir su arrastre desde la zona litoral hasta el suelo emergente, se registró un total de 14 géneros, pertenecientes a 12 familias, siete órdenes y cuatro clases (Insecta, Amphipoda, Bivalvia y Gastropoda); donde la clase con el mayor número de géneros, fue Insecta (diez géneros). Los géneros persistentes durante los cinco meses de muestreo fueron Hyalella (Aphypoda), Limnaea (Gastropoda), Notonecta, Aeshna, Pseudochironomus, Erythemis y Telebasis (Insecta). El género más

abundante fue Hyalella, constituyendo el 41,6% del total, seguido de Notonecta con el 12,9% y Lymnaea con 10,7%<sup>14</sup>.

En la tesis titulada "Índices bióticos de la comunidad macroinvertebrada en la calidad ambiental del agua del río Huatatas. Ayacucho, 2012-2013", se determinó la calidad ambiental de las aguas superficiales del río Huatatas, a través de la estructura de la comunidad macroinvertebrada bentónica, entre los meses de setiembre del 2012 a enero del 2013, se aplicó los índices bióticos, (IBF) el índice Biótico de familia, el índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) y el índice Ephemeroptera Plecoptera y Trichoptera (EPT). Para el cual se colectaron las muestras mediante una red tipo Surber con un área de muestreo de 1200 cm<sup>2</sup>, mientras que las muestras de agua fueron colectadas en frascos de polietileno. Se registraron organismos pertenecientes a la clase Insecta; dentro del cual las órdenes Trichoptera, Diptera, Ephemeroptera, Coleoptera, Megaloptera y Plecoptera; 13 familias y 19 géneros; la clase Gastropoda; un orden; dos familias y dos géneros; mientras que la clase Oligochaeta; un orden y una familia para las seis zonas de muestreo. De acuerdo a los índices bióticos el río Huatatas es catalogado de excelente (IBF), aceptable (BMWP) y regular (EPT) calidad <sup>15</sup>.

## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1. Sistemas lóticos**

Ecosistema que se caracterizan por presentar un flujo de agua unidireccional, por lo que se consideran como sistemas constituidos por una corriente de agua muy dinámica.

### **2.2.2. Macroinvertebrados acuáticos**

Comunidad de organismos que habitan ecosistemas acuáticos que pertenecen a diferentes categorías taxonómicas, principalmente a la clase Insecta y cuyos tamaños son de más de 0,5 mm.

### **2.2.3. Composición comunitaria**

Característica de una comunidad biológica que describe que taxas componen una comunidad biológica hasta llegar al nivel de especie, también puede expresarse complementariamente como número de géneros, familias, etc, presente en un lugar y tiempo determinado.

### **2.2.4. Abundancia**

Número de individuos que presenta los componentes de una comunidad por unidad de superficie o de volumen (densidad de la población). En muchos casos se expresa en función de una unidad de esfuerzo.

### **2.2.5. Abundancia relativa**

Característica de una comunidad biológica que se expresa como porcentaje que representa los individuos de un componente (población) con respecto al número total del de individuos de todos los componentes registrados.

### **2.2.6. Características fisicoquímicas del agua**

Son características del agua resultado de los componentes que se hallan en suspensión o en solución en el agua, la que varían en función del tipo y la cantidad de las mismas.

## **2.3. Bases teóricas**

### **2.3.1. Los ecosistemas fluviales**

Estos ecosistemas se caracterizan por que sus aguas fluyen unidireccionalmente sobre la superficie terrestre, limitado por dos orillas paralelas formando el canal. Dichas aguas son producto del exceso de las precipitaciones pluviales en áreas terrestres aledañas al río, sobre el agua que se evapora, evapotranspira e infiltra en el suelo. Se ha estimado que el promedio mundial de evaporación en los continentes es del 70% de la precipitación que recibe, siendo el 30% restante la que fluye sobre la superficie de la Tierra formando los ríos.<sup>16</sup>

Los sistemas fluviales o sistemas lóticos de caracterizan por<sup>17</sup>:

- El régimen temporal de sus aguas es irregular, existe periodos de: abundancia o avenidas máximas y periodos de estiaje.
- Son poco profundos en comparación con los cuerpos lénticos. Sus características varían ostensiblemente desde su nacimiento hasta su desembocadura, es así que se puede distinguir varios tipos de tramos

Los ríos son ecosistemas extremadamente complejos. Tienen características particulares las que van variando principalmente en una perspectiva horizontal (a medida que van circulando). Las características geológicas y el clima son los factores clave que explican las diferencias entre ríos de distintas latitudes y biomas. Densidad y tipo de vegetación, meteorización y desarrollo de los suelos, pendiente de la cuenca y caudal circulante son parámetros descriptivos de la cuenca que dependen de la geología y del clima. En cuanto al sistema fluvial en su sentido más estricto, el régimen de caudales, las diferencias en la química de las aguas y en las comunidades biológicas, así como el funcionamiento general del ecosistema, no pueden explicarse si no es a partir de las características litológicas y del clima.<sup>18</sup>

Todo ello hace del río un sistema dinámico y complejo. Su complejidad es evidente si observamos su estructura hidrográfica, organizada jerárquicamente

de forma que los afluentes confluyen sucesivamente para formar cauces más y más anchos. La estructura del ecosistema fluvial (el cauce, la zona de ribera, la llanura de inundación, la zona hiporreica) cambia en tamaño y complejidad como respuesta a la hidrología, que determina el trabajo cinético del agua y la distribución de los sustratos y materiales transportados. El dinamismo fluvial se expresa tanto en el espacio como en el tiempo. Espacialmente, esta heterogeneidad marca la gran diferencia entre tramos de cabecera, y tramos medios y bajos, con una pendiente decreciente, mayor anchura, profundidad y caudal. La gran heterogeneidad espacial de los ríos se corresponde con su elevado dinamismo temporal. Las variaciones de caudal determinan que las comunidades de organismos que habitan en época de aguas altas no sean las mismas que se encuentran en situaciones de aguas bajas. La llegada de materiales disueltos y particulados varía con el tiempo y con las variaciones hidrológicas y los cambios en el medio terrestre circundante, al igual como lo hace la disponibilidad de luz. La composición de la biota responde a la disponibilidad de materiales (materia orgánica y nutrientes disueltos) y de energía (luz, velocidad del agua), con lo cual varía tanto espacial como temporalmente. La dinámica fluvial se expresa también en el transporte de las sustancias disueltas y particuladas. La carga disuelta proviene en su mayor parte del agua de lluvia y de los iones que ésta disuelve del suelo o por meteorización química de la roca madre. La carga particulada corresponde a la erosión y transporte de sedimentos de la cuenca, y comprende materiales que varían en tamaño desde arcillas coloidales hasta rocas, y desde hojas hasta troncos. Las concentraciones de los solutos en los ríos cambian con el caudal y con el origen de las aguas que llegan al río. A medida que aumenta el caudal, las concentraciones disminuyen, puesto que una proporción cada vez mayor del agua proviene de la lluvia, que suele ser pobre en nutrientes <sup>17</sup>. Se mencionan que como consecuencia de la heterogeneidad espacial de los ecosistemas fluviales determina que estos presenten tres tipos de tramos (alto, medio y bajo o de llanura) los que presentan entre si importantes diferencias <sup>17</sup>.

### **2.3.2. Los macroinvertebrados acuáticos**

Se consideran como macroinvertebrados a aquellos organismos que viven en el seno de los cuerpos de agua y que pueden observarse a simple vista, habitando el fondo de los lagos y ríos adheridos a sustratos tales como rocas, piedras, plantas acuáticas o enterradas en el sustrato; es decir aquellos que tienen un

tamaño mayor a 0,5 mm, dentro de esta categoría tenemos representantes de varias taxas: poríferos, hidrozoo, turbelarios, oligoquetos, hirudíneas, insectos, crustáceos, gasterópodos y bivalvos. Debido a que estos organismos ocupan hábitat con las características ambientales a las que están adaptadas, las comunidades que conforman, tienen una composición y estructura característica, pero si varía esas condiciones, se refleja en el cambio de la composición y estructura. Por lo que muchos de sus integrantes se comportan como indicadores ecológicos.<sup>6</sup>

### **2.3.3. Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad de agua**

Dentro de la comunidad de los macroinvertebrados existen taxas que son sensibles a los cambios de las características de su hábitat, ya que responden reduciendo su abundancia y en condiciones extremas desapareciendo, esta propiedad hace que sean considerados como adecuados para ser empleados como indicadores de la calidad de dicho hábitat<sup>19</sup>. En cualquier cuerpo de agua que haya sufrido procesos de contaminación, se observa una simplificación en las estructuras de las comunidades, las cuales cambian de complejas y diversas a comunidades bastante simples y poco diversas<sup>20</sup>. Sin embargo es necesario conocer detalladamente la ecología de los diversos taxones de organismos acuáticos para poder determinar cuáles son los más afectados por los cambios o cuáles son los más tolerantes<sup>21</sup>. La variación de las condiciones naturales del medio ambiente en sus aspectos físicos, químicos, causan variaciones en la estructura cuantitativa y cualitativa de las comunidades que habitan dichos lugares, siendo erradicadas las especies sensibles, manteniéndose las especies resistentes a los cambios ambientales, los que son denominados como indicadores, los que ocupan los nichos inalterados o los nichos creados por la contaminación. Pero sin embargo se puede afirmar que la presencia de los efemerópteros, plecópteros y tricópteros en los cuerpos de agua, en forma general pueden ser considerados como indicadores de aguas limpias, aunque existen especies que son tolerantes y que los anélidos y ciertos dípteros son indicadores de aguas contaminadas<sup>2</sup>.

### **2.3.4. Principales órdenes que integran la comunidad macroinvertebrada acuática**

Dentro de los principales órdenes que son componentes de dicha comunidad tenemos:

## **Plecoptera**

Representado por aproximadamente 2 000 especies a nivel mundial, cuyas náyades (estados inmaduros) son netamente bentónicas (asociadas a piedras y fondo del recurso hídrico) encontrándose en cuerpos considerados de calidad ambiental alta, donde sus aguas altamente oxigenadas. Dichos estadios inmaduros se caracterizan por ser alargados, presentar las patas terminadas en dos uñas, con branquias en cualquier parte del cuerpo (en la coxas de las patas o en el último segmento abdominal, por ejemplo)<sup>4</sup>. Se menciona que en su mayoría son carnívoras o detritívoras, pero algunas especies se alimentan principalmente de perifitón. Generalmente las Plecopteras son sedentarias y no tienen la capacidad de nadar activamente, pasando la mayor parte de su tiempo escondido bajo las piedras o detritos, adaptadas para desplazarse y mantenerse en zonas rápidas del río debido a que presentan adaptaciones morfológicas, como la cuerpo aplastado dorsolventralmente y la presencia de dos uñas en las patas que le permite sujetarse muy bien de las superficies en el cual se halla <sup>5</sup>. En estado inmaduro se hallan restringidas a cuerpos de agua altamente oxigenadas con ninguna o poca alteración debido a la contaminación y ocasionalmente es posible encontrarlas en lagos de aguas frías con considerable acción de las olas, es por ello casi todos las especies son considerados como del tipo esteno,; debido a esto, los náyades de las Plecópteras son consideradas como indicadores de aguas limpias <sup>19</sup>.

## **Ephemeroptera**

A nivel mundial, a la fecha, se han descrito alrededor de 300 géneros y 4 000 especies, mientras que para América del Sur se tiene registrado un poco más de 375 especies, registrados en 91 géneros y 13 familias, siendo las familias más representativas y diversas a la Baetidae y Leptophlebiidae <sup>4</sup>. Las náyades de esta orden se caracterizan por presentar forma alargada, generalmente con 2 cercos y un filamento caudal medio, branquias en los segmentos abdominales y solo una uña en las patas<sup>22</sup>. Los estadios inmaduros de esta orden son acuáticas, hallándose principalmente en cuerpos de agua corriente, sin embargo existen representantes que se pueden hallar en cuerpos lénticos, en cambio los adultos son terrestres y éstos generalmente son de vida corta, viven solo el tiempo que les permita reproducirse (1 a 3 días) <sup>23</sup>. Casi todas las especies son detritívoras y/o herbívoras, siendo por lo general muy abundantes constituyéndose como un grupo importante que es fuente de alimento para

muchos organismos carnívoros de agua dulce, como peces, anfibios principalmente. Las náyades, se hallan principalmente en aguas corrientes, pozas y áreas reducidas de lagos donde los niveles de oxígeno disuelto en el agua son moderados a elevados, por lo que muchas especies pueden ser consideradas como altamente susceptibles a la contaminación del agua; por esta razón las efímeras han demostrado ser ideales para ser empleados como bioindicadores de aguas de regular a buena calidad <sup>4,7</sup>

### **Díptera**

Es una orden sumamente diversa existiendo especies que son netamente terrestres y aproximadamente la mitad de ellas tienen relación con el agua, como las familias Blephariceridae, Culicidae y Chironomidae. Las larvas de esta orden ocupan una gran variedad de hábitats, como por ejemplo en aguas corrientes, aguas estancadas, materia orgánica en descomposición, etc, superior a cualquier otra orden de insectos, razón que hace que sean importantes en los ecosistemas en los que se desarrollan. Destaca también que la fuente de alimento que emplean es bastante variada, la que incluye desde detritus fino y microorganismos, a partes de plantas, madera en descomposición y otros insectos y vertebrados, además las preferencias y hábitos de algunas larvas cambian con la edad y la estación del año. Los podemos hallar en una diversidad grande de hábitat, existen taxones que requieren buena calidad de agua como muchos de los componentes de la familia Simuliidae, otros habitan en aguas que presentan gran cantidad de materia orgánica en descomposición (aguas residuales) como algunas especies de la familia Chironomidae <sup>4,23</sup>.

### **Trichoptera**

Se considera que para América del Sur se tiene más de 1 100 especies descritas, por lo que es una de las órdenes más diversificadas en agua dulce, tienen como nombre común “frigáneas” o “polillas de agua”. Solo la fase larval es componente del bentos y una de las características morfológicas más sobresalientes es que presentan glándulas labiales secretoras de seda, con la que construyen redes fijas o habitáculos transportables construido con material que halla en su medio, como granos de arena, pedazo de material vegetal, etc. Se encuentran en variados hábitats, algunos están asociados con vegetación acuática, adheridas a piedras, a algas filamentosas, bajo la arena, etc. Las especies de este orden son catalogadas de tolerantes a muy intolerantes a la contaminación por materia orgánica, pudiendo formar con ella una gradiente de

respuesta frente a este tipo de transformación <sup>4,24</sup>. En cambio todas las especies de Trichoptera en general, no toleran los niveles bajos de pH (entre 1 y 6) en las aguas donde viven, siendo las primeras en desaparecer en los sistemas que empiezan a acidificarse. Por otro lado, tienden a preferir aguas con corrientes, lo cual indica que sus requerimientos de oxígeno son relativamente elevados <sup>5</sup>.

### **Coleoptera**

Es la orden con el mayor número de especies con aproximadamente 5 000 especies acuáticas, es categorizado como uno de los principales grupos de artrópodos de agua dulce. Es un grupo que ocupa un amplio espectro de hábitats acuáticos, incluyendo sistemas de aguas frías, de corrientes rápidas, aguas salobres, aguas estancadas de estuarios y ciénagas, y costas rocosas. Son importantes en las cadenas tróficas acuáticas ya que un gran número son consumidos por peces y aves acuáticas. La mayoría de las especies de hábitos alimenticios enteramente predadores de este grupo son indudablemente importantes en ecosistemas de agua dulce, especialmente en estanques.<sup>22,25</sup>

#### **2.3.5. Calidad fisicoquímica del agua**

Se mencionan que la física y química de las aguas es un factor esencial en los ecosistemas fluviales<sup>17</sup>. La composición del agua, en sus componentes mayoritarios y en componentes traza, refleja su origen y vías de transporte, además de determinar la composición y abundancia de las comunidades y el funcionamiento del ecosistema fluvial <sup>26</sup>. Desde una perspectiva más aplicada, las características químicas limitan los usos a que se puede destinar el agua, y la contaminación de ríos y acuíferos es una de las principales preocupaciones ambientales de muchos gobiernos, además de una fuente de graves problemas de índole sanitario y social. Así mismo, es importante mencionar que dichas características están influenciadas temporal y espacialmente, por ello a medida que el río circula, sus características sufren variaciones; este mismo efecto es observado a lo largo de los meses del año, relacionado con la precipitación pluvial que actúa como diluyente. Dentro de las principales características que son tomados en cuenta como indicadores de los aspectos fisicoquímicos del agua de los ecosistemas fluviales tenemos <sup>18</sup>:

##### **a. Alcalinidad**

La alcalinidad de una muestra de agua, es la capacidad para reaccionar o neutralizar iones hidrogeniones ( $H^+$ ), hasta un valor de pH igual a 4,5. La alcalinidad es causada principalmente por los bicarbonatos, carbonatos e

hidróxidos presentes en la solución y en menor grado por los boratos, fosfatos y silicatos, que puedan estar presentes en la muestra. Pese a lo señalado, en la mayoría de los cuerpos de aguas naturales la alcalinidad se halla asociada al sistema carbonato, esto es, a los carbonatos y bicarbonatos presentes. Por esta razón la alcalinidad suele tomarse como un indicativo de la concentración de estas sustancias, sin que quiera ello decir que para todos los casos, la alcalinidad se deba exclusivamente los bicarbonatos y los carbonatos. La alcalinidad en el agua se expresa como la concentración equivalente de iones hidroxilo, en mg/l o como la cantidad equivalente de  $\text{CaCO}_3$ , en mg/L <sup>2,19</sup>.

#### **b. Conductividad eléctrica**

Es la expresión numérica de la capacidad del agua de transportar corriente eléctrica, esta capacidad depende de la presencia de iones en el agua, de su concentración total, de su movilidad, de su carga o valencia y de las concentraciones relativas, así como de la temperatura de medición <sup>27</sup>. Dentro de los factores que afecta el comportamiento de los iones en la solución, las atracciones y repulsiones eléctricas entre iones y la agitación térmica, son quizá los más importantes. Estos efectos se expresan a través de un parámetro conocido como Fuerza Iónica de la solución ( $\mu$ ). Las soluciones de la mayoría de los ácidos, bases y sales inorgánicas, son relativamente buenos conductores de la corriente eléctrica. Inversamente, las soluciones acuosas de solutos orgánicos, que no se disocian o se disocian muy poco en el agua, presentan conductividades eléctricas muy bajas o similares a las del agua pura. En la mayoría de las soluciones acuosas, cuanto mayor es la concentración de las sales disueltas, mayor es su conductividad eléctrica <sup>28</sup>. La temperatura también influye en los valores de conductividad, puede variar de un ión a otro, en general se acepta que ésta aumenta en promedio 3%, por cada grado centígrado que aumente la temperatura <sup>29</sup>.

#### **c. Dureza**

La dureza es una propiedad que refleja la presencia de metales alcalinotérreos en el agua, donde el calcio y el magnesio constituyen los principales alcalinotérreos en aguas continentales. La dureza en el agua es el resultado de la disolución y lavado de los minerales que componen el suelo y las rocas. Así por ejemplo, el calcio que representa el 3,5 % de la corteza terrestre, se encuentra en la naturaleza bajo la forma de mármol ( $\text{CaCO}_3$ ), yeso ( $\text{CaSO}_4$ ), dolomita ( $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$ ) y apatita ( $\text{CaF}_2$ ). A su vez, el magnesio que representa

el 2,2 % de la corteza terrestre, se encuentra en la naturaleza bajo la forma de magnesita ( $MgCO_3$ ), asbesto ( $CaMg_3(SiO_3)_4$ ) y dolomita. Aunque la dureza en el agua es una de las principales características de las aguas subterráneas, (mayor grado de mineralización) y/o de la afectación de aguas continentales por aguas marinas, también puede estar asociada a los vertimientos de aguas residuales, como por ejemplo, a las aguas residuales agrícolas. Con respecto a la salud, la dureza en el agua no suele ser un problema ni para el consumo humano ni para el de muchas otras especies, pero puede causar problemas en el aseo por ejemplo, ya que forman sales insolubles con los ácidos carboxílicos que componen los jabones, inutilizándolos y reduciendo de esta forma su acción limpiadora.<sup>2</sup>

#### **d. Sólidos disueltos totales (TDS)**

Se considera como la suma de los minerales, sales, metales, cationes o aniones disueltos en el agua. Es decir, estará representando por cualquier elemento presente en el agua que no sea ( $H_2O$ ) molécula de agua pura y sólidos en suspensión. En general, la concentración de sólidos disueltos totales es la suma de los cationes (carga positiva) y aniones (cargado negativamente) iones en el agua. Los componentes químicos más comunes son el calcio, fosfatos, nitratos, sodio, potasio y cloruro, que se encuentran en el escurrimiento de nutrientes, la esorrentía de aguas pluviales en general. Los sólidos disueltos al incrementar la capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica, puede medirse con mayor facilidad y rapidez que la determinación directa de los TDS por gravimetría, mediante la determinación de la conductividad eléctrica del agua, como una medida indirecta de su contenido en sólidos disueltos. Se debe tener presente, sin embargo, que esta hipótesis es aproximadamente válida para aguas naturales, ya que en aguas residuales los TDS pueden estar también asociados a materia orgánica en solución. Los cuerpos de agua continentales contienen un promedio de 120 ppm de TDS. Como dato adicional se puede mencionar que el agua de mar contiene un valor de aproximadamente 35,000 ppm.<sup>19,30</sup>

#### **e. pH**

El agua pura se disocia débilmente en los iones  $H^+$  y  $OH^-$ , sin embargo la constante de disociación es muy pequeña ( $10^{-14}$ ) y las cantidades de  $H^+$  y  $OH^-$  son de  $10^{-7}$  iones-g/L. Las aguas naturales no son puras por lo que las sales, bases y ácidos que en ella se encuentran, influyen en forma diversa sobre la concentración de  $H^+$  y  $OH^-$ <sup>31</sup>. El pH es una expresión del carácter ácido o básico

de un sistema acuoso, en un sentido estricto, es una medida de la concentración molar del ion hidrogenión en un medio acuoso. Los conceptos de pH, alcalinidad y acidez se relacionan mutuamente debido a que el pH de la muestra, se utiliza como criterio para determinar si la capacidad amortiguadora de la muestra se ha de medir en función de su acidez o en función de su alcalinidad; en este sentido los conceptos de pH, acidez y alcalinidad, se asemejan mucho a los de temperatura y calor <sup>2</sup>. El pH de las aguas naturales es regido en gran medida por la interacción de los iones H<sup>+</sup> proveniente de la disociación de H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> y los iones OH<sup>-</sup> proveniente de la hidrólisis de los bicarbonatos. El pH de las aguas naturales oscila entre 2 y 12, prácticamente las aguas con valores inferiores a 4 están en regiones volcánicas que reciben ácidos minerales fuertes, así como debido a la oxidación de la piritita y arcillas. Las aguas naturales ricas en materia orgánica disuelta, presentan valores bajos de pH, especialmente en aquellas zonas donde predominan las turberas.<sup>17</sup>

### **2.3.6. Influencia de los factores químicos en la biota**

Las consecuencias biológicas de la variación en el contenido iónico de las aguas dulces no parecen ser muy importantes cuando las condiciones son razonablemente cerca de la media. Sin embargo, cuando estas variaciones ocurren en extremo, debido a causas naturales o debido a la influencia humana, la variación química puede afectar significativamente la distribución de los organismos y la productividad biológica. Con frecuencia aguas de ecosistemas fluviales de concentración iónica muy baja tienen flora y fauna pobre en abundancia y riqueza de especies<sup>18</sup>. Entre los invertebrados, parece que moluscos, crustáceos, y arundíneos son más sensibles a las variaciones de las concentraciones iónicas que los insectos acuáticos. El anfípodo Gammarus al parecer es común en los ríos que tienen al menos 3 mg/L de calcio, y rara vez en las corrientes de concentraciones más bajas. En estudios sobre moluscos se ha hallado que las especies que ocupan aguas blandas, reportaron una correlación positiva entre la dureza y la riqueza de especies<sup>28</sup>. La alcalinidad es ampliamente utilizada como un indicador de la productividad de los ecosistemas fluviales y se cree que influyen en la productividad de las poblaciones que se hallan en cuerpos de agua con elevada alcalinidad.<sup>30</sup>

### **2.4. Marco legal**

Los ríos y quebradas tienen que estar clasificados según la Resolución Jefatural-056-2018-ANA <sup>32</sup>, el cual tiene por objetivo, contribuir a la conservación y

protección de la calidad de los cuerpos de agua superficiales continentales considerando los usos presentes y potenciales, en concordancia con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. Por otro lado, en la referida Resolución Jefatural, se menciona que los recursos hídricos que no se hallan clasificados, adquirirán la categoría del río al cual tributan, es por ello que los ríos Macro y Pampas, se les estaría signado la Categoría 3 (riego de vegetales y bebida de animales), es por ello que es necesario describir las diferentes categorías que pueden asumir los recursos hídricos según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM <sup>33</sup>.

#### **2.4.1. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM)**

Establece el grado o el nivel de concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente, estos ECA son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en los diseños de normas legales y las políticas públicas, siendo también obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

Las categorías de los ECA para agua son las siguientes:

##### **Categoría 1.** Poblacional y recreacional

Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.- Incluye las aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección; las que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional; y las que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado.

Aguas superficiales destinadas para recreación.- Incluye las de contacto primario y las de contacto secundario.

##### **Categoría 2.** Actividades de Extracción y Cultivo Marino Costeras y Continentales

Extracción y cultivo de moluscos bivalvos

Extracción y cultivo de otras especies microbiológicas

Otras actividades

##### **Categoría 3.** Riego de Vegetales y Bebida de Animales

Vegetales de tallo alto y tallo bajo.- Incluye iguales parámetros fisicoquímicos, inorgánicos, orgánicos y plaguicidas.

Vegetales de tallo bajo.- Incluye parámetros biológicos más exigentes

Vegetales de tallo alto.- Incluye parámetros biológicos menos exigentes que el de tallo bajo

Para bebida de animales

**Categoría 4.** Conservación del ambiente acuático

Están referidos a aquellos cuerpos de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento y que cuyas características requieren ser protegidas.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación de la zona de estudio

El trabajo de investigación se llevó a cabo en los tramos de los ríos Pampas y Macro ubicados aledaño a la ciudad de Cangallo.

##### 3.1.1. Ubicación Política

Región : Ayacucho  
Provincia : Cangallo  
Distrito : Cangallo  
Lugar : Río Pampas  
Río Macro

Las muestras colectadas se trasladaron y procesadas en el Laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

##### 3.1.2. Ubicación geográfica

Geográficamente la ubicación de las siete zonas de muestreo (cinco en el río Pampas y dos zonas en el río Macro) es la siguiente (sistema de coordenadas proyectada Universal Transversal de Mercator, UTM):

Tabla 1. Ubicación geográfica de las zonas de muestreo ubicados en el curso de los ríos Pampas y Macro, Cangallo, Ayacucho 2016-2017.

Zona muestreo	Proyección UTM (m)		Altitud (msnm)	Descripción
	Longitud (m)	Latitud (m)		
IP	591568	8492019	2570	Río Pampas
IIP	591942	8492480	2558	Río Pampas
IIIP	59226	8492588	2556	Río Pampas
IVP	592890	8492532	2549	Río Pampas
VP	593392	8492344	2544	Río Pampas
IM	592216	8493562	2586	Río Macro
IIM	592072	8492834	2567	Río Macro

Mayor detalle de las zonas de muestreo se observa en el mapa de ubicación de las zonas de muestreo del anexo 18.

## **3.2. Población y muestra**

### **3.2.1. Población**

Comunidad macroinvertebrada acuática de dos sistemas lóticos en el curso aledaño a la ciudad de Cangallo (ríos Macro, Pampas y luego de la unión de estos dos ríos).

Aguas de los ríos Pampas y Macro.

### **3.2.2. Muestra**

84 muestras de la comunidad macroinvertebrada acuática, distribuidos de la siguiente manera:

- Río Macro: 24 muestras
- Río Pampas: 60 muestras  
35 muestras de agua de los dos sistemas:
- Río Macro: 14 muestras
- Río Pampas: 21 muestras

La toma de muestras fue realizada quincenalmente entre la segunda semana del mes de octubre del 2016 a la primera semana de abril del 2017

### **3.2.3. Muestreo**

El muestreo realizado tuvo dos etapas, tal como lo recomienda Ramírez (34):

- En una primera etapa fue determinístico, lo que permitió ubicar las cinco zonas de muestreo en el curso del río Pampas y dos en el curso río Macro, considerando que el primer río, desde la primera zona hasta la última existe mayor longitud de recorrido en comparación con la longitud comprendida en el río Macro. Así mismo, considerando que el río Macro es tributario del río Pampas.
- En una segunda etapa, que permitió la colecta de muestras, para el cual se siguió las recomendaciones de un muestreo sistemático, donde en las zonas de muestreo (que en total fueron siete), dichas colecciones se realizaron espaciados aproximadamente por 5 a 10 metros aguas arriba en fechas sucesivas.

### **3.2.4. Unidad de observación**

- Muestras de macroinvertebrados acuáticos de los ríos estudiados el que estuvo constituida por 5 submuestras que previamente fueron homogenizadas
- Un litro de agua de los ríos Pampas y Macro

### **3.3. Metodología y recolección de datos**

#### **3.3.1. Ubicación de las zonas de muestreo**

El estudio se realizó en los ríos Pampas y Macro, en los cauces aledaños a la ciudad de Cangallo, ubicándose determinísticamente siete zonas de muestreo en el río Pampas y dos en el río Macro, de acuerdo al siguiente detalle:

##### a. Río Pampas

- Zona IP, ubicada a 700 metros aguas arriba de la unión con el río Macro (antes de la ciudad).
- Zona IIP, ubicada a 200 metros aguas arriba desde la unión con el río Macro (antes de la ciudad).
- Zona IIIP, ubicada a 200 metros aguas abajo desde la unión con el río Macro (antes de la ciudad)
- Zona IVP, ubicada a 500 metros aguas abajo desde la unión con el río Macro (luego de la ciudad)
- Zona VP, ubicada a 1500 metros aguas abajo desde la unión con el río Macro (luego de la ciudad y de la planta de tratamiento de aguas residuales)

##### b. Río Macro

- Zona IM, ubicada aproximadamente a 1200 metros aguas arriba desde la unión con el río Pampas (luego de la ciudad).
- Zona IIM, ubicadas aproximadamente a 200 metros aguas arriba desde la unión con el río Pampas (antes de la ciudad).

El criterio para la identificación de las zonas de muestreo en los dos ríos, fue fundamentalmente la ubicación de la ciudad de Cangallo, estimándose tener zonas antes y luego de dicha ciudad, y adicionalmente la posible influencia de la unión de las aguas de los ríos en la zona de unión de los mismo.

#### **3.3.2. Obtención de muestras de macroinvertebrados**

La ubicación de las zonas de muestreo en los dos ríos se realizó de manera determinística, a partir de los cuales se colectó las muestras en puntos ubicados siguiendo las recomendaciones de un muestreo aleatorio sistemático, que consistió en el desplazamiento de dichos puntos río arriba en cada muestreo de manera que estuvieron distanciados de aproximadamente 5 metros.

La toma de muestra se realizó quincenalmente, desde la segunda quincena del mes de octubre de 2016 hasta la primera quincena de abril de 2017, Las colectas fueron realizadas mediante una red tipo Surber con un área de muestreo 40 x 30cm (1200cm<sup>2</sup>) y con una luz de malla de 0,5mm.

La colección de los macroinvertebrados acuáticos, en cada zonas de muestreo, se realizó tomando cinco sub muestras en diferentes lugares aledaños, tratando de abarcar los diferentes hábitats considerando que la profundidad del río no sea mayor a los 40cm, con presencia de canto rodado no mayor a 20cm y con velocidad de corriente no muy fuerte. Una vez finalizado la colecta, ésta fue dispuesta en bolsas de polietileno al cual se agregó alcohol al 95% para garantizar la conservación de los organismos atrapados. Posteriormente las muestras obtenidas fueron rotuladas considerando la zona y fecha de muestreo y posteriormente trasladados al Laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga para su procesamiento.

### 3.3.3. Colección y análisis de muestras de agua

Para la determinación de la calidad fisicoquímica del agua, se tomó muestras de agua de los ríos tratando de que sean representativas de las zonas de muestreo, para el cual se empleó frascos de polietileno de 1 litro de capacidad, los cuales fueron sumergidos en la corriente de agua hasta su llenado, luego fueron rotulados tomando en cuenta la información de la zona y fecha de muestreo. Dichos recipientes conteniendo muestras de agua, fueron trasladados al Laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga para su respectivo análisis. Cabe señalar desde la toma de muestra en los ríos, el análisis fisicoquímico se realizó luego de dos a tres horas

En el laboratorio, las muestras fueron analizadas, considerando las características que se señalan en la Tabla 2.

Tabla 2. Métodos de caracterización fisicoquímica del agua. Superintendencia Nacional de Servicio de Saneamiento (SUNASS)<sup>21</sup>

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Método</b>
Alcalinidad total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	<b>Colorimétrico</b>
Cloruros	mg Cl <sup>-</sup> /L	<b>Colorimétrico</b>
Conductividad eléctrica	um/cm	<b>Multiparamétrico</b>
Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	<b>Colorimétrico</b>
Dureza Cálcica	mg/L	<b>Colorimétrico</b>
Dureza magnésica	mg/L	<b>Colorimétrico</b>
pH		<b>Multiparamétrico</b>
Salinidad	mg/L	<b>Multiparamétrico</b>
Sólidos Disueltos Totales	<b>mg/L</b>	<b>Multiparamétrico</b>

#### **3.3.4. Selección de las muestras**

De las muestras colectadas en los ríos, los organismos pertenecientes a la comunidad de los macroinvertebrados acuáticos, fueron seleccionados del resto de material indeseable (hojas de plantas, arena, etc), usándose para ello bandejas plásticas donde se depositaron las muestras y con la ayuda de una lupa y pinzas, se seleccionaron dichos organismos. La selección en una primera etapa, fue considerando las semejanzas morfológicas observadas simple vista o con una lupa, para agruparlos en morfotipos, tal como lo recomienda Moreno<sup>35</sup> y posteriormente colocados en un único frasco vial al cual se agregó alcohol al 95%.

#### **3.3.5. Identificación de los macroinvertebrados**

Los morfotipos agrupados en los viales en una etapa anterior, fueron posteriormente examinados e identificados mediante la ayuda de un estereoscopio y microscopio donde se visualizó las características morfológicas de interés taxonómico. Para la identificación de dichos organismos se empleó las claves taxonómicas propuestas por Roldan<sup>36</sup>, Domínguez y Fernández<sup>4</sup> y Throp<sup>5</sup>. Las muestras identificadas posteriormente fueron dispuestas en recipientes de vidrio (tubos de prueba) considerando la identificación taxonómica y preservados con alcohol al 95%, para luego ser internados en las colecta del laboratorio.

#### **3.3.6. Determinación de la abundancia**

Para la determinación de la abundancia, se procedió al conteo de los organismos por categoría taxonómica (género y/o especie) y por muestra, esta información nos sirvió para expresar la abundancia de los componentes de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en porcentaje, tomando como valor referencial al total de los organismos capturados en una zona y una determinada fecha.

#### **3.4. Análisis estadístico**

Los resultados se presentaron en figuras y tablas donde se muestra los resultados del análisis estadístico descriptivo de tendencia central y de dispersión. Con la finalidad de comparar abundancias de la comunidad macroinvertebrada bentónica según los meses y zonas de muestreo, se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis, debido a que los datos colectados no presentaron distribución normal para el cual se realizó previamente la prueba de Kolmogorov-Smirnov; así mismo con la finalidad de determinar la relación existente entre la abundancia de los componentes de la comunidad macroinvertebrada bentónica y

las características fisicoquímicas del agua, se realizó el análisis de regresión y correlación de Spearman, en todos los casos se trabajó con una confianza del 95% ( $\alpha=0,05$ ).

#### **IV. RESULTADOS**

Tabla 3. Composición de la comunidad macroinvertebrada acuática en los ríos Pampas y Macro, Cangallo, Ayacucho 2016-2017.

Clase	Orden	Familia	Género	Rio			
				Pampas	Macro	Total	
Insecta	Odonata	Aeshnidae	Aeshna	3	2	5	
			Andesiops	1757	1003	2760	
	Ephemeroptera	Baetidae	Camelobaetidius	22	1	23	
			Baetodes	6	13	19	
			Leptophlebiidae	Meridialaris	150	1	151
		Leptohyphidae	Leptohyphodes	31	0	31	
			Leptohyphes	138	12	150	
	Oligoneuriidae	Lachlania	1	0	1		
	Plecoptera	Perlidae	Anacroneuria	3	0	3	
	Megaloptera	Corydalidae	Corydalis	43	12	55	
	Hemiptera	Vellidae	Rhagovelia	40	20	60	
		Hydropsychidae	Smicridea	193	1653	1846	
	Trichoptera	Hydrobiosidae	Atopsyche	49	4	53	
			Cailloma	6	6	12	
		Leptoceridae	Nectopsyche	1	0	1	
		Hydroptilidae	Ochrotrichia	25	16	41	
		Glossosomatidae	Culoptila	4	4	8	
	Diptera	Chironomidae	Pentaneura	202	32	234	
			Dicrotendipes	397	374	771	
			Onconeura	45	24	69	
			Rheotanytarsus	15	0	15	
			Alotanypus	4	19	23	
		Empididae	Chelifera	5	0	5	
			Hemerodronia	6	1	7	
			Clinocera	1	0	1	
			Ceratopogonidae	Bezzia	20	4	24
			Simuliidae	Gigantodax	123	697	820
			Tipulidae	Tipula	1	1	2
				Molophilus	8	0	8
			Muscidae	Limnophora	2	13	15
			Tabanidae	Tabanus	0	5	5
			Blepharoceridae	Limnicola	0	1	1
Coleoptera	Elmidae	Heterelmis	403	175	578		
		Huleechius	214	0	214		
		Macrelmis	116	673	789		
Psephenidae	Psephenops	10	0	10			
Gastropoda	Basommatophora	Physidae	Physa	65	500	565	
Oligochaeta	Haplataxida	Tubificidae	Tubifex	4	1	5	
	Lumbriculida	Lumbriculidae	Lumbriculus	11	24	35	
Malacostraca	Amphipoda	Hyaellidae	Hyaella	7	1907	1914	
Rhabditophora	Tricladida	Planariidae	Dugesia	0	1	1	
Total géneros hallados				38	31	41	

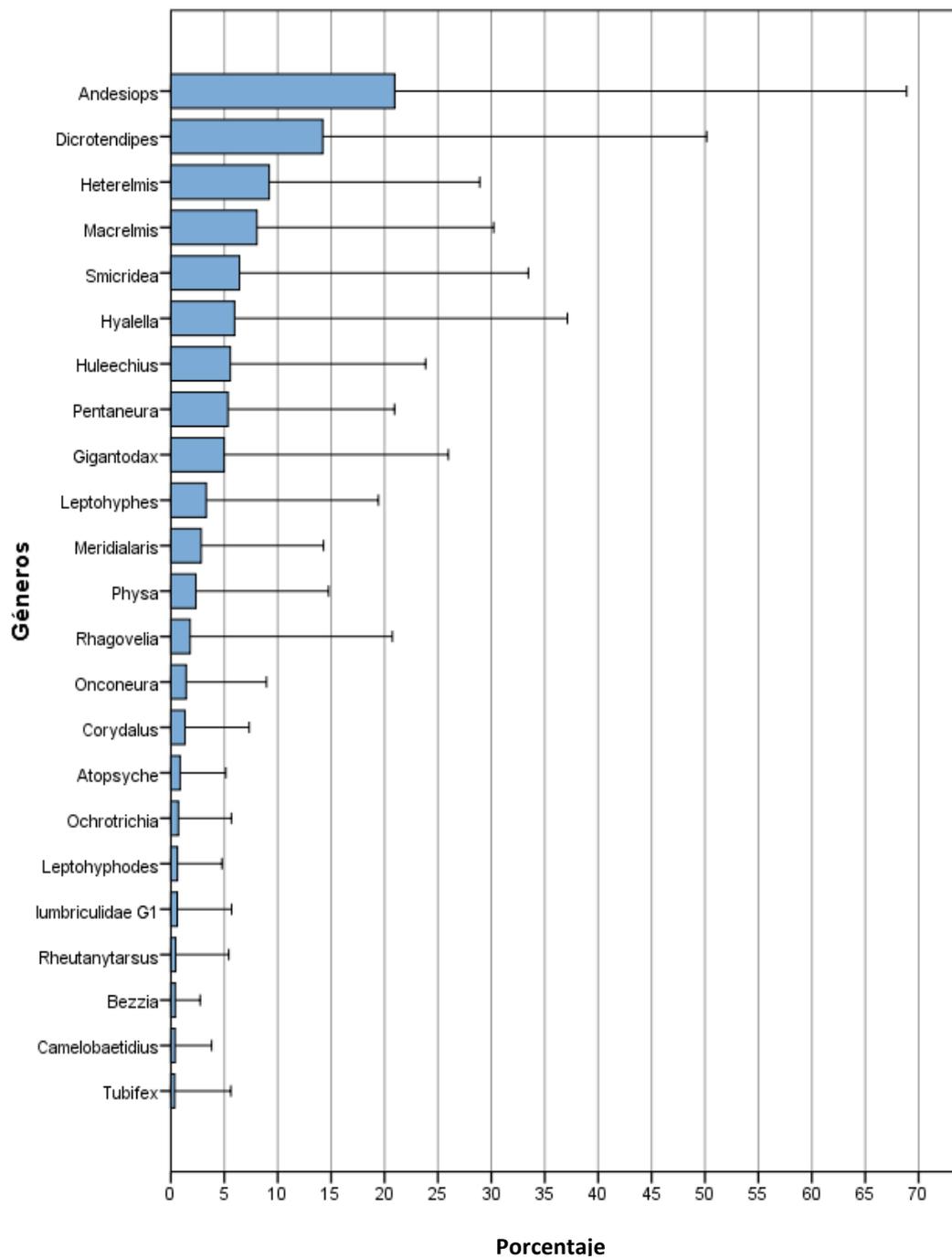


Figura 1. Abundancia relativa promedio y desviación típica de los componentes de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos hallados en los ríos Pampas y Macro, Cangallo Ayacucho 2016-2017.

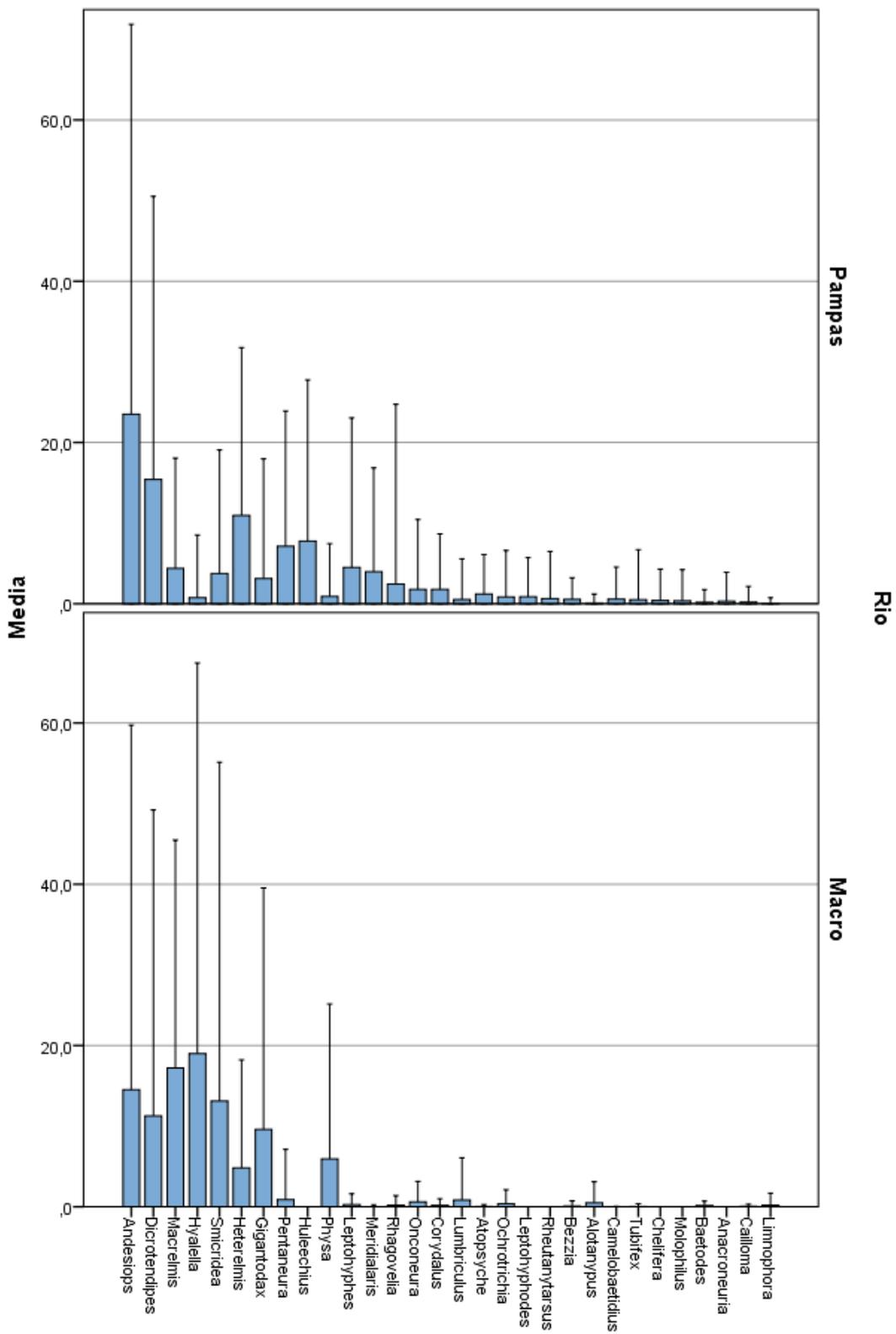


Figura 2. Abundancia relativa promedio y desviación típica de los componentes de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos según los ríos Pampas y Macro, Cangallo Ayacucho 2016-2017.

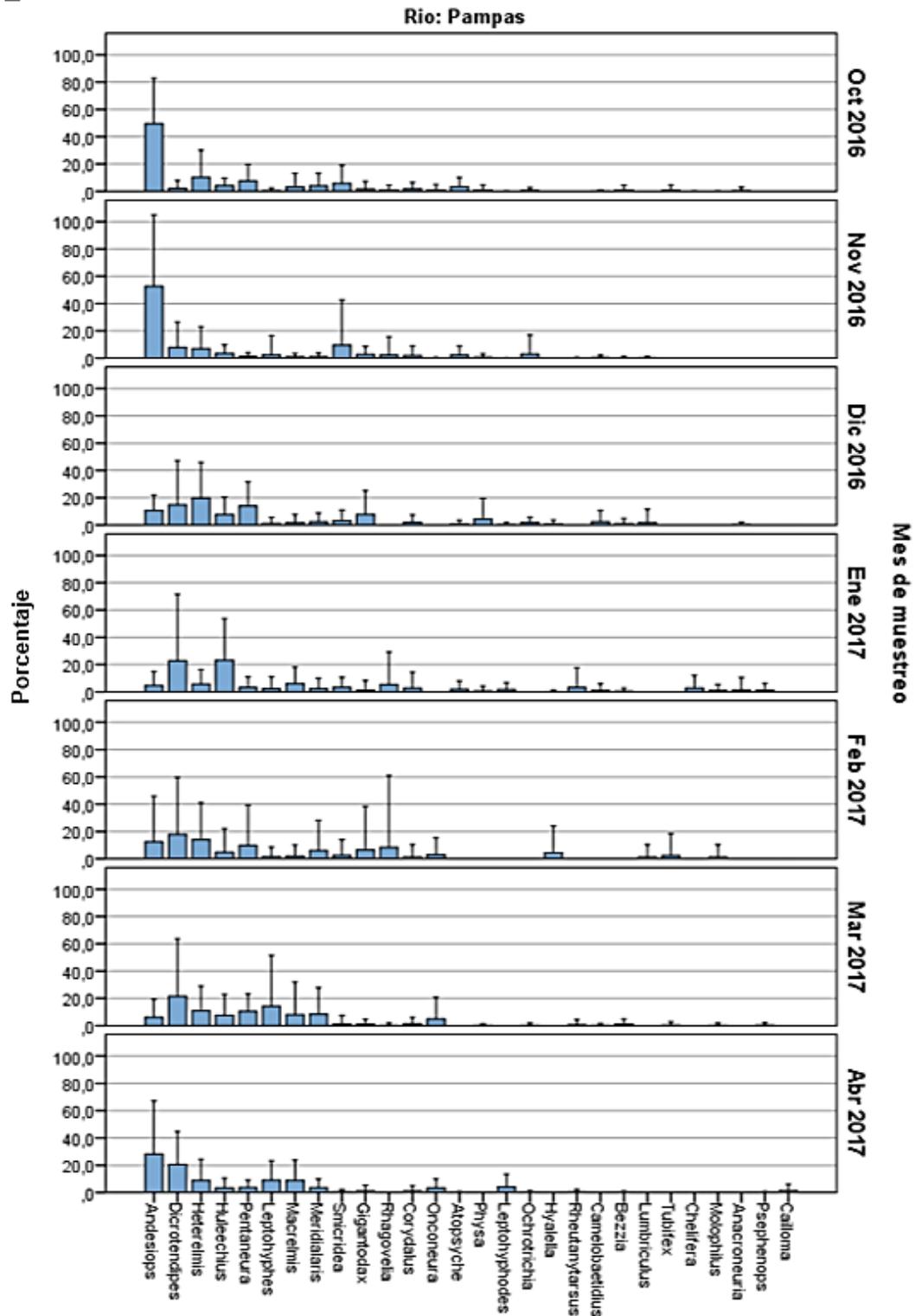


Figura 3. Abundancia relativa promedio y desviación típica de los componentes de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos por meses de muestreo colectados en el río Pampas, Cangallo, Ayacucho 2016-2017.

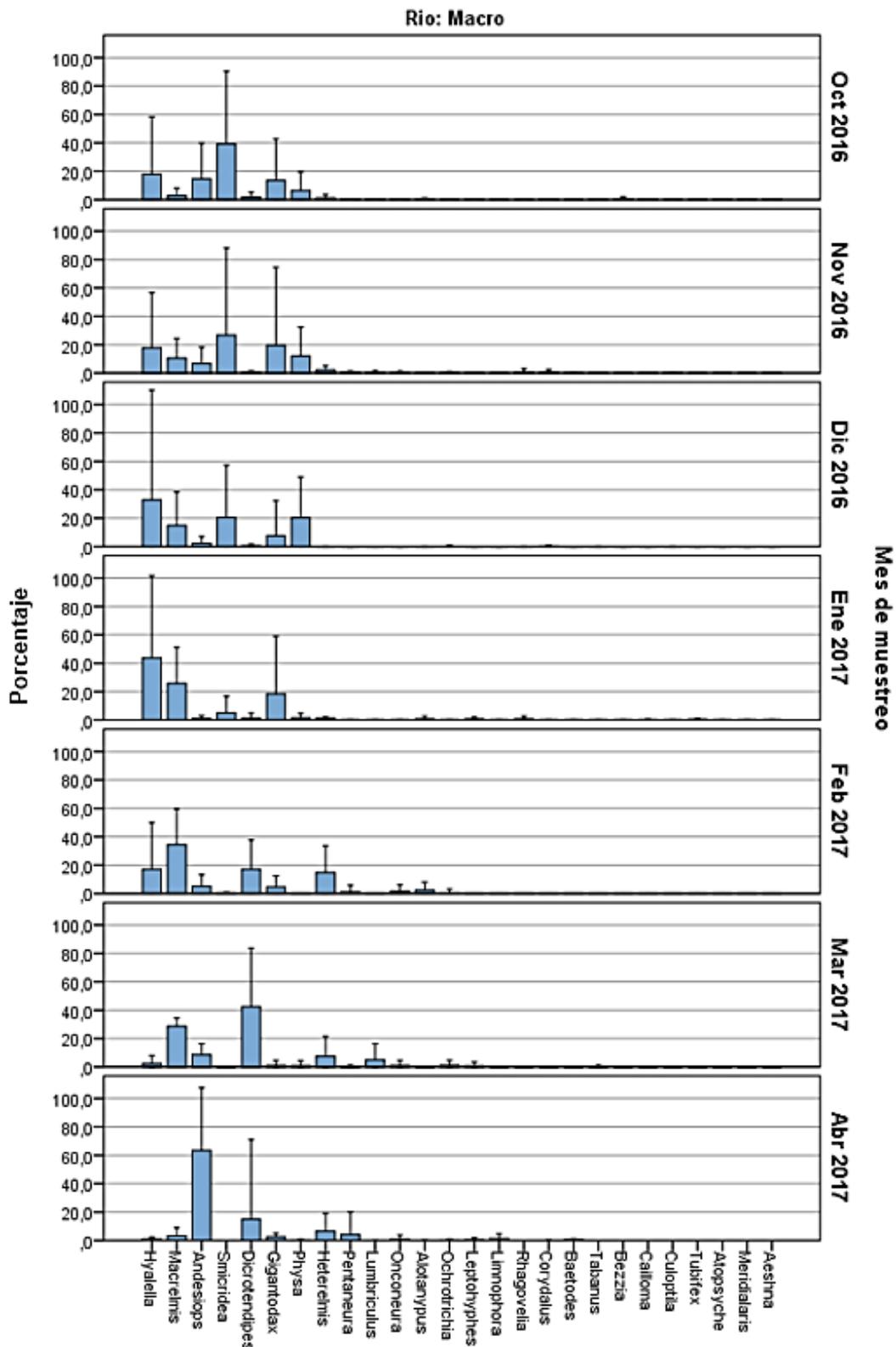
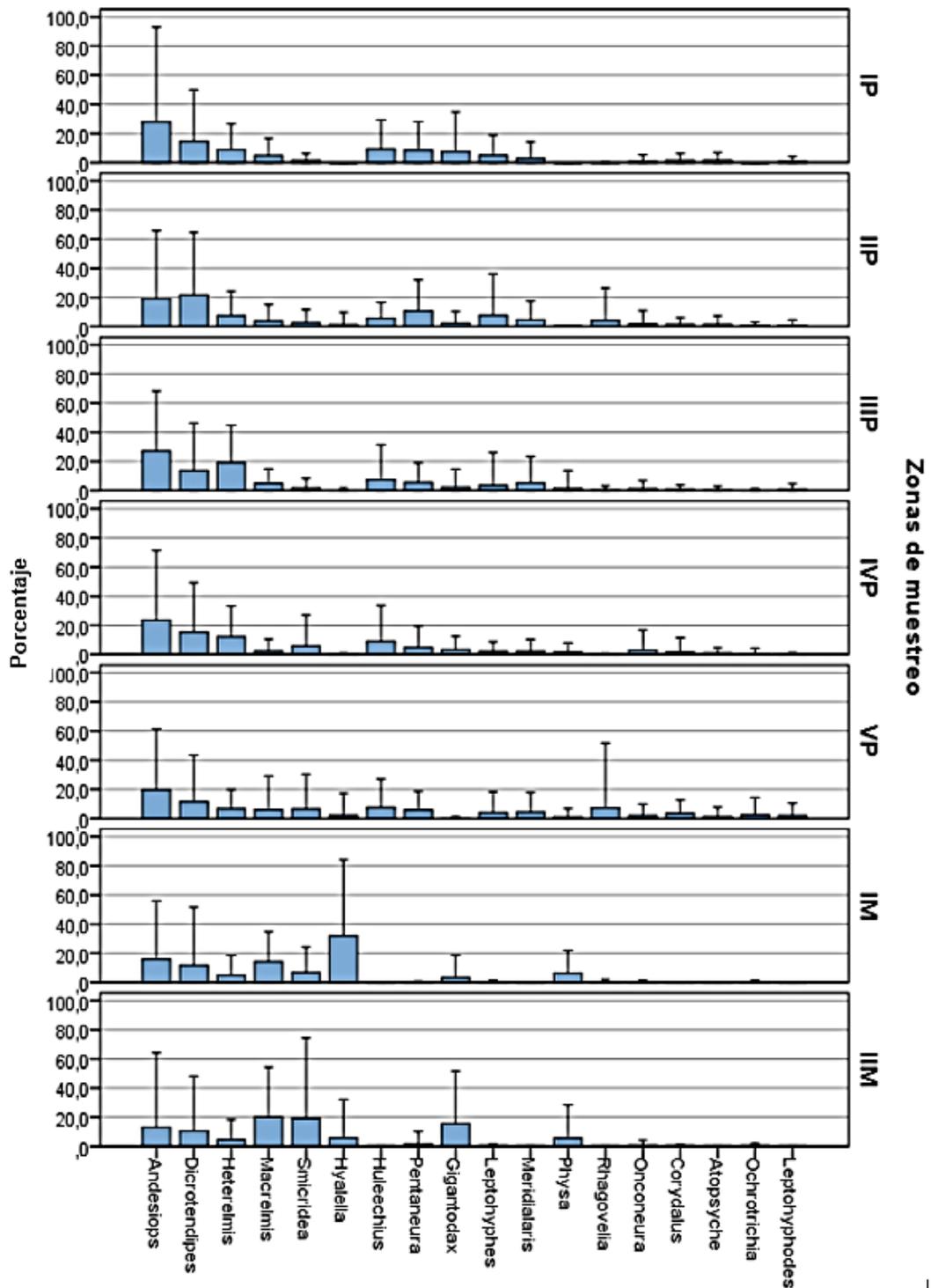


Figura 4. Abundancia relativa promedio y desviación típica de los componentes de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos por meses de muestreo colectados en el río Macro, Cangallo, Ayacucho 2016-2017.



IP, IIP, IIIP, IVP y VP: Zona de muestreos ubicados en el río Pampas  
 IM y IIM: Zonas de muestreo ubicados en el río Macro

Figura 5. Abundancia relativa promedio y desviación típica de los componentes de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en las siete zonas de muestreo ubicados en el río Pampas y Macro, Cangallo, Ayacucho 2016-2017.

Tabla 4. Promedio de las características físico químicas de las aguas del río Pampas y Macro, Cangallo, Ayacucho, 2016-2017.

Características fisicoquímicas	Zonas de muestreo						
	IP	IIP	IIIP	IVP	VP	IM	IIM
Dureza total (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	268	284	280	315	348	121	124
Dureza cálcica (mg/L de Ca)	169	165	138	172	195	72	78
Dureza magnésica (mg/L de Mg)	99	119	141	143	153	49	46
Cloruro (mg Cl/L)	67,7	69,1	68,5	75,1	98,9	17,6	18,8
pH	7,58	7,84	7,73	7,77	8,07	7,86	7,82
Conductividad (μS/cm)	1271,0	1296,3	1316,3	1340,0	1381,7	466,8	485,0
STD (mg/L)	634,5	650,7	657,9	665,0	683,0	293,7	308,1
Salinidad (mg/L)	552,9	578,9	588,4	610,3	631,0	223,3	233,8

IP, IIP, IIIP, IVP y VP: Zona de muestreos ubicados en el río Pampas  
 IM y IIM: Zonas de muestreo ubicados en el río Macro

Tabla 5. Coeficiente de correlación de Spermán para relacionar la abundancia de los géneros de la comunidad macroinvertebrada acuática con las principales características fisicoquímicas del agua en los ríos Pampas y Macro, Cangallo, Ayacucho 2016-2017.

Géneros	Alcalinidad total (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Dureza total (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Dureza cálcica (mg/L de Ca)	Dureza magnésica (mg/L de Mg)	Cloruro (mg Cl/L)	pH	Conduct. Elect. (μS/cm)	STD (mg/L)	Salinidad (mg/L)
Andesiops	0,633**	0,623**	0,598**	0,553**	0,567**	0,084	0,327	0,374	0,517**
Meridialaris	0,354*	0,508**	0,337*	0,548**	0,252	-0,043	0,608**	0,578**	0,644**
Leptohyphodes	0,171	0,107	0,136	0,095	0,198	-,324*	0,175	0,145	0,119
Leptohyphes	-0,129	0,016	-0,064	0,081	-0,133	-0,201	,392*	0,357*	0,021
Smicridea	0,408**	0,302	0,368*	0,129	,364*	0,050	0,084	0,144	-0,272
Atopsyche	0,511**	0,488**	0,397**	0,430**	,463**	0,003	0,259	0,311*	0,415*
Cailloma	-0,166	-0,138	-0,065	-0,226	-0,069	-0,069	-0,175	-0,148	-0,412*
Ochrotrichia	0,163	0,282	0,184	0,400**	0,286	0,254	0,264	0,323*	0,103
Pentaneura	0,427**	0,598**	0,442**	0,733**	,488**	0,034	0,698**	0,694**	0,536**
Dicotendipes	-0,241	-0,337*	-0,276	-0,213	-0,163	-0,097	-0,246	-0,248	-0,350
Alotanypus	-0,135	-0,263	-0,176	-,396**	-0,086	-,312*	-0,160	-0,214	-0,428*
Bezzia	0,261	0,286	0,184	0,335*	0,276	0,115	0,369*	0,373*	0,068
Tabanus	-0,030	-0,040	0,003	0,023	-0,070	0,090	-0,201	-0,087	-0,393*
Heterelmis	0,125	0,218	0,099	0,408**	0,161	-0,141	0,283	0,311*	0,191
Huleechius	0,377*	0,413**	0,368*	0,365*	0,391*	-0,254	0,572**	0,539**	0,442*
Macrelmis	-0,348*	-0,321*	-0,365*	-0,154	-0,391*	0,090	-0,227	-0,160	-0,449*
Corydalus	0,399**	0,429**	0,441**	0,363*	0,380*	0,073	0,295	0,363*	0,120
Hyaella	-0,381*	-0,496**	-0,432**	-0,458**	-0,418**	-0,003	-0,598**	-0,530**	-0,701**

STD: Sólidos disueltos totales

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01

\* La correlación es significativa en el nivel 0,05

■ Significativo



## V. DISCUSIÓN

En la Tabla 3, se muestra la composición de la comunidad macroinvertebrada acuática de los ríos Pampas y Macro, en los tramos que se hallan aledaño a la ciudad de Cangallo. De acuerdo a lo hallado se observa que entre ambos ríos se colectaron 11330 especímenes de 41 géneros, pertenecientes a 28 familias, trece órdenes y cinco Clases (Insecta, Gastropoda, Oligochaeta, Malacostraca y Rhabditophora). La clase Insecta fue la más abundante con 8805 individuos que representa el 77,7%, así mismo fue la más diversa, ya que presentó un total de 35 géneros de un total de 41 (85,4%), 23 familias de un total de 28 (82,1%) y ocho órdenes. Mientras que las clases Gastropoda Malacostraca y Rhabditophora presentaron solo un género cada uno. Dentro de la clase Insecta, las órdenes con mayor número de géneros fueron Diptera, Ephemeroptera y Trychoptera con 15, 7 y 6 generos respectivamente. Por otro lado, comparativamente el río Pampas fue el que mayor diversidad presentó con 38 géneros en comparación con el río Macro en el que se registró 31; así mismo, se observa que el río Pampas presenta con carácter de exclusividad 10 géneros, estando dentro de estos los géneros Leptohiphodes, Lachlania de la orden Ephemeroptera, Anacroneuria (Plecoptera), Nectopsyche (Trychoptera), Rheotanytarsus, Chelifera, Clinocera y Molophilus (Diptera), Molophilus y Psephenops (Coleoptera), mientras que el río Macro, en ese mismo sentido presenta tres géneros, Tabanus, Limonicola (Diptera) y Dugesia (Tricladida). Las diferencias observadas en cuanto a los componentes de la comunidad estudiada, se podrían explicar por debido a las diferencias en las características ambientales de los dos ríos, principalmente a nivel de las características fisicoquímicas de sus aguas, lo que condiciona la presencia de los organismos que tienen la capacidad de adecuarse a dichas exigencias, mientras que aquellos que no pueden hacerlo, no estarán presentes, tal como lo afirma Smith et Al. <sup>18</sup>. Considerando las siguientes investigaciones, una que se llevó a cabo en

el río Cunas ubicado en el departamento de Junín en la república del Perú, en el que la comunidad de macroinvertebrados acuáticos como indicadores ambientales, se recolectaron individuos pertenecientes a siete clases, 12 órdenes y 26 familias <sup>37</sup>; en otra investigación similar llevado a cabo en el río Apacheta y sus principales tributarios, ubicado en el departamento de Ayacucho, en muestreos llevados a cabo de junio a octubre del 2013, se colectaron especímenes pertenecientes a seis clases, once órdenes y veinticinco familias <sup>38</sup> y otra llevada a cabo en el río Huatatas, también ubicado en el departamento de Ayacucho, se halló, dentro de la clase Insecta se halló seis órdenes (Trichoptera, Diptera, Ephemeroptera, Coleoptera, Megaloptera y Plecoptera), con 13 familias y 19 géneros <sup>15</sup>. Mientras que en Colombia, en los ríos Calenturitas, Maracas y Tucuy, se menciona que se colectaron 1025 organismos, 589 en periodo seco y 436 en periodo de lluvias, pertenecientes a 2 phylum, 3 clases, 9 órdenes, 24 familias y 37 géneros <sup>11</sup>. De los resultados hallados en las otras investigaciones en comparación con el presente, se puede afirmar que el número de géneros hallados en los ríos Pampas y Macro es mayor en comparación con lo hallado en el río de Junín, lo que podría deberse a la influencia de la altitud, se sabe que con el incremento de la altura disminuye la diversidad tal como lo afirma Smith<sup>18,39</sup>, ya que los ríos Pampas y macro se hallan a una altitud de 2 500 msnm y el río de Junín a aproximadamente 3 500 msnm; sin embargo en comparación con el río de Colombia sigue siendo mayor, pese a que dicho río se halla a altitudes menores que no sobrepasa los 1 500 msnm, por lo que existe otros factores condicionantes, la que podría ser las características fisicoquímicas del agua del río Pampas, que como se sabe, es considerado como un río de aguas “saladas” con elevada concentración de iones, lo que posiblemente hace que la productividad de dicho río mayor, lo que condiciona una mayor diversidad y abundancia de los componentes de la comunidad macroinvertebrada acuática. En la Figura 1, se muestra la abundancia relativa de los principales componentes de la comunidad macroinvertebrada acuática hallada en forma general en los ríos Pampas y Macro. Destaca a simple vista de la existencia de componentes que son comparativamente mucho más abundantes que otros, estando constituido los primeros por pocos taxones, mientras que los segundos está constituido por una mayor número de taxones. También destaca que dichas abundancias son muy variable (probablemente según las zonas y los meses de muestreo), es por ello que los valores de la desviación típica (mostrados a

manera de líneas en la parte superior de las barras) son elevados asumiendo valores similares o mayores a la media. La comunidad de los dos ríos, es claramente dominada por el género *Andesiops* (Baetidae, Ephemeroptera) con una abundancia promedio de aproximadamente 22%, seguido por *Dicrotendipes* (Chironomidae, Diptera), *Heterelmis* y *Macrelmis* (Helmidae, Coleoptera), *Smicridea* (Hydropsychidae, Trichoptera), *Hyaella* (Amphipoda), *Huleechius* (Coleoptera) entre los siete componentes más importantes, mientras que el resto de componentes presentan abundancias relativas aproximadamente iguales o menores al 5%, por lo que podrían ser catalogados como raros tal como lo afirma Ramirez<sup>34</sup> y Smith et Al.<sup>18</sup>. Al respecto podemos afirmar que, las comunidades biológicas generalmente presentan pocos componentes (poblaciones) que son muy abundantes, por lo que son catalogados como dominantes; y por otro lado, muchos componentes (poblaciones) que son poco abundantes, tal como lo mencionan Roldan<sup>2</sup>, Margalef<sup>19</sup> y Begon<sup>40</sup>; los resultados hallados confirman lo dicho por los autores. La mayor abundancia de algunas poblaciones, se deba a que sus integrantes presentan ciertas ventajas en comparación con los menos abundantes, que les permite desempeñarse con mayor éxito en dichos ambientes, las que podría ser catalogados como características adaptativas que bajo las condiciones determinadas por las características fisicoquímicas del agua, hacen que funcionen mejor, las mismas que podría estar relacionados a su capacidad reproductiva y de sobrevivencia.<sup>40</sup>

En la Figura 2, se muestra comparativamente la abundancia relativa de los principales géneros hallados en los ríos Pampas y Macro. Se observa que presentan las mismas características mostrado en la Figura 1, donde las mayores abundancias se concentran en algunas poblaciones, siendo diferentes para cada río, así por ejemplo *Andesiops* (Ephemeroptera) es el más abundante en el río Pampas, mientras que en el río Macro el dominante por su abundancia es el género *Hyaella*. Con la finalidad de comparar las abundancias de los componentes de la comunidad macroinvertebrada acuática en los dos ríos, se realizó la prueba de Kruskal-Wallis (los datos colectados no mostraron distribución normal según la prueba de Kolmogorov-Smirnov que se muestra en el Anexo 1), el que muestra que las abundancias de los principalmente componentes, son estadísticamente diferente ( $p < 0,05$ ) en los dos ríos. Dichas diferencias de poblaciones que se hallan geográficamente muy próximas, en la que no existe importantes barreras geográficas, está determinado muy

probablemente por la existencia de barreras a nivel características del hábitat, haciendo que ciertos géneros (poblaciones) sean más exitosos en uno de los ríos. Para el caso de los macroinvertebrados acuáticos, su presencia y ausencia, su mayor o menor abundancia, está determinado principalmente por las características fisicoquímicas del hábitat acuático, tal como lo señala Roldan <sup>36</sup> y Fernández y Domínguez <sup>4</sup>. Lo señalado se justifica al detectarse fácilmente la existencias de grandes diferencias a nivel de la conductividad eléctrica, siendo mucho mayor en el río Pampas, así como la concentración de cloruros, ésta última característica tiene impacto en la presión osmótica de los seres vivos, por lo que se considera como un factor determinante en la distribución geográfica de los organismos.<sup>41</sup>

En la Figura 3 y 4, se muestra las abundancias de los géneros en los siete meses de muestreo en los ríos Pampas y Macro, respectivamente. En ambas figuras citadas, la abundancia de los componentes de la comunidad según los meses de muestreo es diferenciado. Al respecto identificando las poblaciones más abundantes, para el río Pampas (Figura 3) es el género *Ansesiops* en los meses de octubre y noviembre, mientras que los meses siguientes, lo son *Heterelmis*, *Huleechius* (Helmidae, Coleoptera), *Dicrotendipes* (Chironomidae, Diptera); para el caso del río Macro, la tendencia descrita anteriormente es la misma con la diferencia que los géneros dominantes son otros, resaltando *Hyaella* que es el más abundante en los meses de diciembre y enero, mientras que en otros las mayores abundancias se hallan entre *Macrelmis*, *Andesiops* y *Dicrotendipes*. Esas variaciones de las abundancias de los componentes, es probablemente consecuencia de las variaciones de las características ambientales (calidad fisicoquímica del agua que está condicionado por las precipitaciones pluviales, el caudal y la velocidad de la corriente de agua, etc.) tal como se sostuvo anteriormente, haciendo que determinados taxones tengan épocas en la que son mas abundantes.

La Figura 5 muestra las abundancias de los componentes de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en las siete zonas de muestreo establecidos en los ríos Pampas y Macro. En la figura señalada, se aprecia que la abundancia de los géneros es heterogénea, tal como se señaló al describir las figuras 1 y 2, con pocas poblaciones abundantes y muchas que se comportan de manera contraria. Para las zonas de muestreo ubicados en el río Pampas, se observa que el género *Andesiops* fue el más persistente y abundante, seguido por

Dicrotendipes y Heterelmis, los que alternan su dominancia según las zonas de muestreo. Para el caso del río Macro, en la primera zona de muestreo (IM), el género más abundante fue Hyalella seguido por Andesiops y Macrelmis, variando para la zona siguiente (IIM) donde los más abundantes fueron Smicridea y Macrelmis, los cambios de abundancia observados entre las zonas posiblemente se deban al cambio de las condiciones ambientales lo que influencia en las abundancias de dichas poblaciones, dentro de dichos factores se puede mencionar a los biológicos expresados en depredación, competencia, etc; y factores abióticos como por ejemplo referidos a la temperatura ambiental, características físico químicas.<sup>18,28,40</sup>. Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis para comparar las abundancias entre las siete zonas de muestreo, el que se muestra en el Anexo 2, se halló significancia estadística ( $p < 0,05$ ) en un buen número de los componentes, como ejemplo para Andesiops, Cameliobaetidius, Meridialaris, Culloptilla, etc, que cambian significativamente sus abundancias en las zonas muestreadas. Al respecto, las variaciones en la composición y abundancia de las comunidades a lo largo de un periodo de un año, es un hecho que ocurre comúnmente, la está condicionado por factores biológicos y abióticos. En nuestra región, se aprecia que a lo largo de un ciclo anual existen cambios ambientales radicales que modifican las características del hábitat, siendo la precipitación pluvial uno de los más importantes que influencia en los ríos, aparte de la temperatura ambiental, la insolación, entre los más importantes<sup>18</sup>, por lo que es de suponer que tienen influencia directa en las poblaciones en su presencia y abundancia, tal como lo sostiene Begón<sup>40</sup> y Tyler y Miller<sup>39</sup>. Para el caso de ecosistemas acuáticos epicontinentales, principalmente ríos, los cambios que ocurren en un año, son dramáticos principalmente a nivel del caudal y la velocidad del agua que llevan, condicionado por la ocurrencia y la intensidad de las lluvias, lo que determina cambios en las características fisicoquímicas del agua<sup>42</sup>. Se considera que durante la época de lluvias al incrementarse el caudal de los ríos, al igual que su velocidad determinan la disminución de los valores de las características fisicoquímicas, como conductividad eléctrica, dureza, sólidos suspendidos, etc., como consecuencia de efecto de dilución que ejerce el agua de lluvia, sobre los sólidos en solución y suspensión, por lo que influyen de manera determinante en la presencia y abundancia de taxones, tal como lo afirma Molles<sup>43</sup> y Odum y Barret<sup>16</sup>. La sierra de nuestro país, en el cual se hallan los ríos estudiados, sufre dichos cambios,

por lo que es de suponer que las comunidades y poblaciones están sujetas al efecto de dichos factores. Específicamente, si se analiza el comportamiento de la abundancia de una población frente al afecto que ejerce los factores ambientales, se puede distinguir dos tipos, un grupo denominado como estenos y otro como euri, cuya diferencia radica en la magnitud de sus rangos de tolerancia a los factores ambientales<sup>34</sup>. Los denominados esteno, se caracterizan por presentar rangos de tolerancia estrechos, por lo que éstas tienden a reducir sus abundancias e incluso desaparecer frente a pequeños cambios en las características de su hábitats, la que puede estar determinado por la contaminación; mientras que los denominados como euri, presentan un rango de tolerancia más amplios, es decir son mucho más tolerantes frente a los cambios que podría experimentar sus hábitat<sup>34</sup>. Por otro lado, otro aspecto a tomar en cuenta y que determina grandes cambios en los sistemas fluviales, es el efecto de la acción del hombre, que emplea estas fuentes de agua para la producción de agua potable, para riego, aseo, eliminación de residuos, etc; al parecer este aspecto es la que impacta en mayor magnitud sobre el río Macro, sabiendo que de acuerdo a lo observado, el más empleado para los fines señalados anteriormente, por lo que a lo largo de su cauce se aprecia la presencia de canales que derivan parte de su caudal, haciendo que en algunas épocas del año (principalmente cuando no hay presencia de lluvia) su caudal disminuya radicalmente; por otro lado, se ha podido detectar la incorporación de aguas residuales proveniente de algunos domicilios que se ubican cercanamente al cauce del río. Caso contrario ocurre en el río Pampas, cuyas aguas, en la zona en estudio, prácticamente no es empleado para ningún fin, debido a que las características fisicoquímicas lo hace indeseable para ser empleado para consumo humano, bebida de animales y riego, como elevados valores de conductividad eléctrica, de dureza y de la concentración de cloruros, lo que por ejemplo promover la salinización de suelos en caso de ser empleado para riego de campos agrícolas; así mismo, también es poco deseable para su uso como agente de limpieza debido a la alta dureza, que hace que los detergentes al contacto con las aguas no generan espuma por lo que disminuye su efecto limpiador.

En la Tabla 4, se muestra los valores promedios de las principales características fisicoquímicas de las aguas de los ríos Pampas y Macro, determinadas durante siete meses consecutivos. En términos generales, se

observa que los valores, difieren mucho de un río a otro, por un lado el río Pampas muestra mayores valores en comparación con el río Macro, es así que para el caso específico de la conductividad eléctrica, el río Pampas, muestra valores que se hallan en el rango de 1271 a 1381 $\mu$ S/cm, mientras que el río Macro entre 466 a 485 $\mu$ S/cm, igual comportamiento se observa en la dureza total de dureza, el río Pampas presenta valores desde 268 a 348 mg/L y el río Macro de 121 a 124, similar comportamiento se observa en la concentración de cloruros, sólidos disueltos totales, salinidad. Respecto a lo descrito, los menores valores de las características fisicoquímicas en el río Macro, es fundamentalmente debido a que nace en las alturas del distrito de Los Morochucos, zona relativamente cercana a la zona de muestreo, por lo que el recorrido de las aguas hasta las zonas de muestreo, es mucho menor en comparación con las aguas del río Pampas que nace en la laguna Choclocococha que se halla en la región de Huancavelica; la distancia del recorrido de las aguas de un río es determinante en la cantidad de sólidos en solución y suspensión que llevan, es así que las aguas de los ríos con mayor recorrido presentan mayores valores de conductividad eléctrica, dureza, alcalinidad, etc, debido a que tienen mayor oportunidad de disolver sales y minerales del lecho terrestre por donde tienen oportunidad de circular<sup>2,44</sup>; adicionalmente a lo mencionado, es conocido que el río Pampas, es un río cuyas aguas tienen elevada concentración de sales debido a que uno de sus tributarios, el río Caracha, recibe contribución de aguas sulfurosas que provenientes del subsuelo, elevando considerablemente sus principales características fisicoquímicas y la disminución del pH. Lo señalado hace que las aguas del río Pampas sea muy poco empleado por las personas lugareñas, en comparación con las aguas del río Macro. La prueba de Mann-Whitney, cuyos resultados se hallan en el Anexo 6, muestran la existencia de diferencia estadística significancia ( $p < 0,05$ ) en todas las características fisicoquímicas determinados en los dos ríos, con excepción del pH.

En la Tabla 5, se muestra los coeficientes de correlación de Spearman, para la relación entre las abundancias de los principales componentes de la comunidad macroinvertebrada acuática con las características fisicoquímicas del agua de los ríos Pampas y Macro. Se aprecia de la existencia de muchas relaciones significativas ( $p < 0,05$ ), lo que nos estaría indicando que las características fisicoquímicas del agua estarían condicionando la abundancia de muchos

géneros, tal es el caso de *Andesiops* y *Huleechius*, que se relacionan significativa ( $p < 0,05$ ) y positivamente con siete de las ocho características determinadas, igual comportamiento se observa en *Hyaella*, sin embargo la relación es negativa. Cabe señalar que los coeficientes de correlación positivos, señalan que la abundancia de un morfotipo será mayor, cuanto mayor son los valores de las características fisicoquímicas, contrariamente, las relaciones negativas indican que la densidad de un morfotipo (género) disminuye a medida que los valores de las características fisicoquímicas se incrementan<sup>45</sup>. Por ello, los géneros *Andesiops* y *Huleechius*, al estar relacionados positivamente con la conductividad eléctrica, dureza total, alcalinidad total, entre otros, determinan que sus abundancias se incrementan a medida los valores de dichas características fisicoquímicas también se incrementan, lo descrito, muy probablemente se deba a que el incremento de iones en el agua que determinan una elevada conductividad eléctrica, dureza, alcalinidad, son condicionantes para también un incremento en la productividad de los cuerpos de agua, estimulando la presencia de una mayor diversidad y abundancia de organismos<sup>2,42,46</sup>, tal efecto se podría estar viendo expresado en las el mayor número de géneros hallados en el río Pampas, que es de 38 en comparación con el río Macro, en el cual se registra 31, que comparativamente es mayor que lo registrado en otros ríos de características ambientales similares; así mismo, podría estar estimulando las elevadas y persistentes abundancias en caso de *Andesiops* y otros géneros en el río Pampas. Comportamiento contrario se aprecia para *Hyaella*, cuya abundancia es más abundante en el río Macro en comparación con Pampas es por ello que muestras correlaciones negativas, es decir sus abundancias disminuyen con el incremento de los valores de las características fisicoquímicas del agua, debido a que probablemente a sus exigencias ambientales que tiene, como se sabe este género es típico y muy abundante en ecosistemas acuáticos altoandinos que se hallan a grandes alturas (lagunas, ríos, bofedales, etc)<sup>47</sup>, principalmente en aquellas cuyas aguas presentan bajas concentraciones de iones, con bajos valores de dureza y conductividad eléctricas, tal como lo reporta Gómez<sup>48</sup>. Por lo mencionado, se puede afirmar que los seres vivos están influenciados por las características del hábitat en el cual se hallan, además de otras, determinando las variaciones de sus abundancias a lo largo del tiempo y el espacio<sup>16,18,40</sup>.

## VI. CONCLUSIONES

1. La comunidad macroinvertebrada acuática de los ríos Pampas y Macro en los tramos que abarcó el estudio, está constituido por 41 géneros perteneciente a 28 familias, 13 órdenes y 5 clases. En el río Pampas se registró un total de 38 géneros y de 31 para el río Macro, de los cuales diez de ellos se hallan únicamente en Pampas (*Leptohyphodes*, *Lachlania*, *Anacroneuria*, *Nectopsyche*, *Rheotanytarsus*, *Chelifera*, *Clinocera*, *Molophilus*, *Huleechius*, *Psephenops*) y tres en Macro (*Tabanus*, *Limonicola*, *Dugesia*).
2. Las abundancias relativas de los componentes de la comunidad macroinvertebrada acuática es muy variable en los dos ríos, tanto temporal (por meses) como espacialmente (por zonas de muestreo), siendo los más abundantes *Andesiops*, *Dicrotendipes*, *Heterelmis* para el río Pampas, mientras que *Hyaella*, *Macrelmis* y *Andesiops* para el río Macro, con valores que van desde aproximadamente el 8% hasta un poco más del 20%.
3. Las características fisicoquímicas determinadas en las aguas de los ríos Pampas y Macro, son significativamente ( $p < 0,05$ ) diferentes, donde el primer río mencionado presenta los mayores valores de alcalinidad total, cloruros, conductividad eléctrica, dureza cálcica, dureza magnésica, dureza total y sólidos disueltos totales, mientras que los valores del pH fueron semejantes ( $p > 0,05$ ).
4. Existe relación significativa ( $p < 0,05$ ) entre la abundancia de varios géneros de macroinvertebrados acuáticos hallados con las características fisicoquímicas de las aguas de los dos ríos estudiados, tal es el caso de *Andesiops* (Ephemeroptera), *Huleechius* (Diptera) e *Hyaella* (Amphipoda) que se relacionan significativamente ( $p < 0,05$ ) con ocho de las nueve características determinadas en el agua, como alcalinidad total, dureza total, dureza cálcica, dureza magnésica, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales.



## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Realizar investigaciones sobre macroinvertebrados acuáticos durante mayor tiempo en lo posible abarcando todo un periodo anual con la finalidad de determinar las posibles sucesiones de poblaciones como influencia de los factores ambientales y biológicos.
2. Realizar investigaciones que permita estimar el grado de tolerancia de las especies a la variación de los factores ambientales con la finalidad de ser empleados como indicadores de la calidad ambiental de los ecosistemas acuáticos en el cual se hallan.
3. Realizar estudios de ecología funcional a través del cual se pueda determinar el papel que cumplen (a nivel trófico) los componentes de la comunidad macroinvertebrada acuática y mediante ella la importancia para el funcionamiento de dicho ecosistema.



## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alba Tercedor J. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. Instituto Tecnológico Geominero de. Vol. II. España: IGME; 1996. 203-213 p.
2. Roldán G, Ramírez JJR. Fundamentos de limnología neotropical. Universidad de Antioquia; 2008. 464 p.
3. Carrasco C. Comunidad macroinvertebrada bentónica y su relación con la calidad de agua en cinco ríos de la provincia de Huamanga. Ayacucho 2003 - 2004 [Maestría]. [Ayacucho, Perú]; 2005.
4. Domínguez E, Fernández H. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo; 2009. 654 p.
5. Thorp JH, Covich AP. Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates. Academic Press; 2010. 1037 p.
6. Oscoz J, Galicia D, Miranda R. Identification Guide of Freshwater Macroinvertebrates of Spain. Springer Science & Business Media; 2011. 174 p.
7. Roldán G. Guía Para el Estudio de los Macroinvertebrados Acuáticos del Departamento de Antioquia. Colombia: Editorial Universidad de Antioquia; 1988. 217 p.
8. García J, Cantera J, Zuñiga M del C, Montoya J, others. Estructura y diversidad de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en la cuenca baja del río Dagua (Andén Pacífico Vallecaucano-Colombia). 2011 [citado 21 de octubre de 2016]; Disponible en: <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/2210>
9. González SMY, Ramírez P, Meza AM, Dias LG. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras del municipio de Manizales. Bol Científico Mus Hist Nat. 2012;16(2):135–148.
10. Guevara C, Huamantínco A. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y su relación con el estado de conservación de seis quebradas en Madre de Dios. Aquatic macroinvertebrates diversity and its relationship to the conservation of six streams in Madre de Dios [Internet]. julio de 2016 [citado 21 de octubre de 2016]; Disponible en: <http://bibliotecavirtual.minam.gob.pe/biam/handle/minam/1975>
11. Madera LC, Angulo LC, Díaz LC, Rojano R. Evaluación de la Calidad del Agua en Algunos Puntos Afluentes del río Cesar (Colombia) utilizando Macroinvertebrados Acuáticos como Bioindicadores de Contaminación. Inf Tecnológica. 2016;27(4):103-10.
12. Vásquez-Ramos JM, Reinoso Flórez G. Estructura de la fauna béntica en corrientes de los Andes colombianos. Rev Colomb Entomol. diciembre de 2012;38(2):351-8.
13. Mosquera-Murillo Z, Córdoba-Aragón KE. Characterization of aquatic entomologic fauna in four streams of San Juan river (Chocó - Colombia). Rev Acad Colomb Cienc Exactas Físicas Nat. marzo de 2015;39(150):67-76.
14. Quispe W. Comunidad macroinvertebrada acuática de la zona litoral de la laguna Condorccochoa, Los Morochucos, Cangallo – Ayacucho 2017 [Tesis de pregrado]. [Ayacucho, Perú]: Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga; 2016.
15. Zárate Chipana G. Índices bióticos de la comunidad macroinvertebrada en la calidad ambiental del agua del río Huatatas. Ayacucho, 2012-2013. [Internet] [Tesis de pregrado]. [Ayacucho. Perú]: Universidad Nacional de San

- Cristóbal de Huamanga; 2015 [citado 3 de enero de 2019]. Disponible en: <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/1765>
16. Odum EP, Barrett GW. Fundamentos de Ecología. Cengage Learning Latin America; 2006. 614 p.
  17. Elosegí A. Conceptos y técnicas en ecología fluvial. Fundación BBVA; 2009. 462 p.
  18. Smith TM, Smith RL, Román ES. Ecología. Addison-Wesley; 2007. 655 p.
  19. Margalef R. Limnología. 1 ed. Barcelona, España: Ediciones Omega S. A.; 1983. 1036 p.
  20. Roldan G. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: propuesta para el uso del método BMWP Col. Antioquia Colombia: Universidad de Antioquia; 2003. 198 p.
  21. Ramírez A, Gutiérrez-Fonseca PE. Estudios sobre macroinvertebrados acuáticos en América Latina: avances recientes y direcciones futuras. Rev Biol Trop. 2014;62:9–20.
  22. Gillott C. Entomology. Springer Science & Business Media; 2012. 730 p.
  23. Costa C, Ide S, Simonka CE. Insectos inmaduros: metamorfosis e identificación. Sociedad Entomológica Aragonesa; 2006. 233 p.
  24. Johnson NF, Borror DJ. Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects. Thompson Brooks/Cole; 2005. 898 p.
  25. Gullan PJ, Cranston PS. The Insects: An Outline of Entomology. John Wiley & Sons; 2010. 590 p.
  26. Lampert W, Sommer U. Limnoecology: The Ecology of Lakes and Streams. OUP Oxford; 2007. 336 p.
  27. SUNASS. Manual de procedimientos de análisis de agua. 1997.
  28. Margalef R. Limnología. 1º ed. Barcelona, España: Ediciones Omega, S.A; 1983. 1010 p.
  29. Alvarado DM. Agua. EUNED; 2009. 354 p.
  30. Cole GA. Manual de limnología. Hemisferio Sur; 1988. 405 p.
  31. Henry JG, Heinke GW, García HJE y. Ingeniería ambiental. Pearson Educación; 1999. 796 p.
  32. Aprueban la Clasificación de los Cuerpos de Agua Continentales Superficiales [Internet]. SINIA | Sistema Nacional de Información Ambiental. [citado 4 de enero de 2019]. Disponible en: <http://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-clasificacion-cuerpos-agua-continentales-superficiales>
  33. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias [Internet]. SINIA | Sistema Nacional de Información Ambiental. [citado 4 de enero de 2019]. Disponible en: <http://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>
  34. Ramírez AR. Ecología aplicada: diseño y análisis estadístico. U. Jorge Tadeo Lozano; 1999. 344 p.
  35. Moreno CE. Métodos para medir la biodiversidad. Sociedad Entomológica Aragonesa; 2001. 83 p.
  36. Roldan G. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Fondo para la Protección del Medio Ambiente «José Celestino Mutis»; 1988. 246 p.
  37. Custodio Villanueva M, Zapata C, Cosme F. Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín-Perú. Sci Agropecu. 2016;7(1):33-44.
  38. Palomino Rafael D. Calidad ambiental de las aguas del río Apacheta y sus principales tributarios. Ayacucho Julio - Noviembre 2013. [Tesis de

- pregrado]. [Ayacucho, Perú]: Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga; 2015.
39. Tyler G, Miller J. Ciencia ambiental: preservemos la tierra. Ed Thomposon México [Internet]. 2002 [citado 3 de mayo de 2015];5. Disponible en: <http://scholar.google.es/scholar?hl=es&q=Ciencia+ambiental%3A+preservemos+la+tierra&btnG=&lr=>
  40. Begon M, Harper JL, Townsend CR. Ecología: individuos, poblaciones y comunidades. Omega; 1999. 886 p.
  41. Alvarado DM. Agua. EUNED; 2009. 354 p.
  42. Aranguren N, Delgado GR, Bolivar A, Canosa A, Limnología AC de, Vergara GG, et al. Manual de métodos de limnología. Asociación Colombiana de Limnología; 2002. 76 p.
  43. Molles MC. Ecología: conceptos y aplicaciones. McGraw-Hill Interamericana de España S.L.; 2006. 704 p.
  44. Elosegi A, Sabater S. Conceptos y técnicas en ecología fluvial. Primera Edición. Edición en español,. Fundación BBVA. 1°. 2009;
  45. Daniel WW. Bioestadística: Base para el análisis de las ciencias de la salud. México: Editorial Limusa S.A. De C.V.; 2002. 915 p.
  46. Aguilera X, Declerck S, De Meester L, Maldonado M, Ollevier F. Tropical high Andes lakes: A limnological survey and an assessment of exotic rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Limnol - Ecol Manag Inland Waters*. 8 de diciembre de 2006;36(4):258-68.
  47. Bouvier M. Respuestas comportamentales de *Hyalella curvispina* Shoemaker, 1942 (Crustacea, Amphipoda) como herramientas para la detección de toxicidad de sedimentos [Internet]. Universidad de la República de Uruguay, Facultad de Ciencias; 2013 [citado 1 de mayo de 2016]. Disponible en: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=FCT.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=002645>
  48. Gómez F. N. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad fisicoquímica del agua en un bofedal, distrito de Quinua. Ayacucho 2015. [Tesis de grado]. [Ayacucho, Perú]: Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga; 2015.
  49. Prat N. y Rieradevall M. Guia para el reconocimiento de las larvas de Chironomidae (Diptera) de los Ríos altoandinos de Ecuador y Perú. Departamento de Ecología. Universidad de Barcelona. España 2011.



## **ANEXOS**



### Anexo 1.

Resultado de la prueba de Kolmogorov Smirnov, aplicado a las abundancias de los componentes de la comunidad macroinvertebrada acuática hallada en los ríos Pampas y Macro.

#### Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

	N	Parámetros normales <sup>a,b</sup>		Estadístico de prueba	Sig. asintótica (bilateral)
		Media	Desviación estándar		
Andesiops	98	28,16	53,69	0,31	,000 <sup>c</sup>
Camelobaetidius	98	0,23	0,80	0,50	,000 <sup>c</sup>
Baetodes	98	0,19	0,60	0,49	,000 <sup>c</sup>
Meridialaris	98	1,54	3,33	0,32	,000 <sup>c</sup>
Leptohyphodes	98	0,32	1,02	0,46	,000 <sup>c</sup>
Leptohyphes	98	1,53	3,50	0,33	,000 <sup>c</sup>
Lachlania	98	0,01	0,10	0,53	,000 <sup>c</sup>
Smicridea	98	18,84	73,23	0,40	,000 <sup>c</sup>
Atopsyche	98	0,54	1,23	0,44	,000 <sup>c</sup>
Cailloma	98	0,12	0,46	0,52	,000 <sup>c</sup>
Nectopsyche	98	0,01	0,10	0,53	,000 <sup>c</sup>
Ochrotrichia	98	0,42	1,02	0,43	,000 <sup>c</sup>
Culoptila	98	0,08	0,47	0,53	,000 <sup>c</sup>
Pentaneura	98	2,39	4,21	0,29	,000 <sup>c</sup>
Dicrotendipes	98	7,87	22,13	0,36	,000 <sup>c</sup>
Onconeura	98	0,70	1,52	0,38	,000 <sup>c</sup>
Rheotanytarsus	98	0,15	0,83	0,51	,000 <sup>c</sup>
Alotanypus	98	0,23	0,94	0,50	,000 <sup>c</sup>
Chelifera	98	0,05	0,22	0,54	,000 <sup>c</sup>
Hemerodronia	98	0,07	0,30	0,53	,000 <sup>c</sup>
Clinocera	98	0,01	0,10	0,53	,000 <sup>c</sup>
Bezzia	98	0,24	0,63	0,49	,000 <sup>c</sup>
Gigantodax	98	8,37	24,86	0,37	,000 <sup>c</sup>
Tipula	98	0,02	0,14	0,54	,000 <sup>c</sup>
Molophilus	98	0,08	0,37	0,53	,000 <sup>c</sup>
Limnophora	98	0,15	0,91	0,52	,000 <sup>c</sup>
Tabanus	98	0,05	0,22	0,54	,000 <sup>c</sup>
Limonicola	98	0,01	0,10	0,53	,000 <sup>c</sup>
Heterelmis	98	5,90	8,87	0,25	,000 <sup>c</sup>
Huleechius	98	2,18	4,43	0,31	,000 <sup>c</sup>
Macrelmis	98	8,05	14,02	0,28	,000 <sup>c</sup>
Psephenops	98	0,10	0,65	0,52	,000 <sup>c</sup>
Corydalus	98	0,56	0,83	0,36	,000 <sup>c</sup>
Physa	98	5,77	16,57	0,41	,000 <sup>c</sup>
Anacroneuria	98	0,03	0,17	0,54	,000 <sup>c</sup>
Rhagovelia	98	0,61	1,90	0,45	,000 <sup>c</sup>
Aeshna	98	0,05	0,22	0,54	,000 <sup>c</sup>
Tubifex	98	0,05	0,26	0,54	,000 <sup>c</sup>
Lumbriculida G1	98	0,36	1,51	0,43	,000 <sup>c</sup>
Hyaella	98	19,53	72,68	0,47	,000 <sup>c</sup>
Dugesia	98	0,01	0,10	0,53	,000 <sup>c</sup>

a. La distribución de prueba es normal.

b. Se calcula a partir de datos.

c. Corrección de significación de Lilliefors.

## Anexo 2.

Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis para comparar la abundancia de los macroinvertebrados acuáticos hallados en siete zonas de muestreo ubicados en los ríos Pampas y Macro, Cangallo, Ayacucho 2016-2017.

### Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup>

	Chi-cuadrado	gl	Sig. asintótica
Andesiops	12,658	6	,049
Camelobaetidius	16,255	6	,012
Baetodes	11,744	6	,068
Meridialaris	21,158	6	,002
Leptohyphodes	8,674	6	,193
Leptohyphes	7,636	6	,266
Lachlania	6,000	6	,423
Smicridea	6,460	6	,374
Atopsyche	12,183	6	,058
Cailloma	8,416	6	,209
Nectopsyche	6,000	6	,423
Ochrotrichia	8,102	6	,231
Culoptila	13,706	6	,033
Pentaneura	21,665	6	,001
Dicrotendipes	10,356	6	,110
Onconeura	3,428	6	,754
Rheotanytarsus	5,777	6	,449
Alotanypus	22,241	6	,001
Chelifera	5,006	6	,543
Hemerodronia	10,991	6	,089
Clinocera	6,000	6	,423
Bezzia	5,085	6	,533
Gigantodax	26,122	6	,000
Tipula	5,052	6	,537
Molophilus	8,284	6	,218
Limnophora	5,007	6	,543
Tabanus	19,609	6	,003
Limonicola	6,000	6	,423
Heterelmis	13,873	6	,031
Huleechius	43,125	6	,000
Macrelmis	50,247	6	,000
Psephenops	6,742	6	,345
Corydalus	2,962	6	,814
Physa	35,835	6	,000
Anacroneuria	4,084	6	,665
Rhagovelia	8,687	6	,192

### Anexo 3.

Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis para comparar la abundancia de los macroinvertebrados acuáticos hallados en siete meses de muestreo hallados en el río Pampas, Cangallo, Ayacucho 2016-2017.

Estadísticos de prueba <sup>a,b</sup>			
Géneros	Chi-cuadrado	gl	Sig. asintótica
Andesiops	42,572	6	0,000
Camelobaetidius	14,828	6	0,022
Baetodes	1,093	6	0,982
Meridialaris	5,269	6	0,510
Leptohyphodes	29,878	6	0,000
Leptohyphes	19,980	6	0,003
Lachlania	6,000	6	0,423
Smicridea	12,962	6	0,044
Atopsyche	24,715	6	0,000
Cailloma	25,064	6	0,000
Nectopsyche	6,000	6	0,423
Ochrotrichia	17,762	6	0,007
Culoptila	6,000	6	0,423
Pentaneura	22,481	6	0,001
Dicrotendipes	10,059	6	0,122
Onconeura	27,722	6	0,000
Rheotanytarsus	6,264	6	0,394
Alotanypus	9,061	6	0,170
Chelifera	20,440	6	0,002
Hemerodronia	5,014	6	0,542
Clinocera	6,000	6	0,423
Bezzia	10,001	6	0,125
Gigantodax	13,751	6	0,033
Tipula	6,000	6	0,423
Molophilus	3,672	6	0,721
Limnophora	5,074	6	0,534
Tabanus	0,000	6	1,000
Limonicola	0,000	6	1,000
Heterelmis	9,852	6	0,131
Huleechius	17,911	6	0,006
Macrelmis	18,247	6	0,006
Psephenops	7,007	6	0,320
Corydalus	6,047	6	0,418
Physa	7,197	6	0,303
Anacroneuria	4,121	6	0,660
Rhagovelia	10,107	6	0,120
Aeshna	4,121	6	0,660
Tubifex	4,121	6	0,660
Lumbriculus	15,731	6	0,015
Hyalella	8,240	6	0,221
Dugesia	0,000	6	1,000

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Mes de muestreo

#### Anexo 4.

Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis para comparar la abundancia de los macroinvertebrados acuáticos hallados en siete meses de muestreo hallados en el río Macro, Cangallo, Ayacucho 2016-2017.

##### Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup>

Géneros	Chi-cuadrado	gl	Sig. asintótica
Andesiops	17,910	6	0,006
Camelobaetidius	6,000	6	0,423
Baetodes	18,456	6	0,005
Meridialaris	6,000	6	0,423
Leptohyphodes	0,000	6	1,000
Leptohyphes	5,122	6	0,528
Lachlania	0,000	6	1,000
Smicridea	19,696	6	0,003
Atopsyche	12,444	6	0,053
Cailloma	7,263	6	0,297
Nectopsyche	0,000	6	1,000
Ochrotrichia	5,423	6	0,491
Culoptila	9,324	6	0,156
Pentaneura	11,019	6	0,088
Dicrotendipes	16,895	6	0,010
Onconeura	8,216	6	0,223
Rheotanytarsus	0,000	6	1,000
Alotanypus	3,653	6	0,724
Chelifera	0,000	6	1,000
Hemerodronia	6,000	6	0,423
Clinocera	0,000	6	1,000
Bezzia	12,444	6	0,053
Gigantodax	4,704	6	0,582
Tipula	6,000	6	0,423
Molophilus	0,000	6	1,000
Limnophora	19,366	6	0,004
Tabanus	5,880	6	0,437
Limonicola	6,000	6	0,423
Heterelmis	15,104	6	0,019
Huleechius	0,000	6	1,000
Macrelmis	20,446	6	0,002
Psephenops	0,000	6	1,000
Corydalus	10,569	6	0,103
Physa	17,992	6	0,006
Anacroneuria	0,000	6	1,000
Rhagovelia	4,986	6	0,546
Aeshna	5,194	6	0,519
Tubifex	6,000	6	0,423
Lumbriculus	10,357	6	0,110
Hyaella	7,921	6	0,244
Dugesia	6,000	6	0,423

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Mes de muestreo

### Anexo 5.

Valores promedio, mínimo y máximo de las características fisicoquímicas de las aguas del río Pampas y Macro, Cangallo, Ayacucho, 2016-2017.

Zonas muestreo	Dureza total (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Dureza cálcica (mg/L de Ca)	Dureza magnésica (mg/L de Mg)	Cloruro (mg Cl/L)	pH	Conductividad (μS/cm)	STD (mg/L)	Salinidad (mg/L)
Media	268,0	169,3	98,7	67,7	7,6	1271,0	634,5	552,9
IP								
Mínimo	84,0	66,0	18,0	11,5	6,8	214,0	107,0	193,7
Máximo	470,0	372,0	228,0	140,5	8,0	1776,0	888,0	735,0
Media	284,3	165,3	119,0	69,1	7,8	1296,3	650,7	579,0
IIP								
Mínimo	102,0	72,0	28,0	7,0	6,8	203,0	101,0	307,8
Máximo	536,0	358,0	248,0	137,0	8,1	1781,0	882,0	734,0
Media	279,7	138,3	141,3	68,5	7,7	1316,3	657,9	588,4
IIIP								
Mínimo	104,0	66,0	22,0	12,5	6,8	190,0	94,0	348,4
Máximo	492,0	354,0	318,0	137,5	8,0	1794,0	892,0	728,0
Media	315,0	172,0	143,0	75,1	7,8	1340,0	665,0	610,3
IVP								
Mínimo	112,0	88,0	24,0	15,2	6,8	198,0	98,0	364,0
Máximo	548,0	362,0	286,0	144,0	8,1	1798,0	894,0	764,0
Media	347,7	195,0	152,7	98,9	8,1	1381,7	683,0	631,0
VP								
Mínimo	134,0	94,0	36,0	21,4	7,4	254,0	124,0	368,0
Máximo	588,0	384,0	286,0	186,0	8,3	1864,0	898,0	792,0
Media	120,7	72,3	48,7	17,6	7,9	466,8	293,7	223,3
IM								
Mínimo	62,0	18,0	16,0	1,7	6,7	107,0	53,0	145,1
Máximo	204,0	138,0	78,0	42,5	8,6	631,0	418,0	282,0
Media	124,0	78,0	45,7	18,8	7,8	485,0	308,1	233,8
IIM								
Mínimo	72,0	22,0	20,0	1,9	6,8	143,0	70,0	159,2
Máximo	198,0	134,0	74,0	43,5	8,4	642,0	440,0	283,0

## Anexo 6.

Resultado de la prueba de Mann-Whitney para comparar los ríos Pampas y Macro según las características fisicoquímicas.

### Estadísticos de prueba<sup>a</sup>

Características fisicoquímicas del agua	U de Mann-Whitney	W de Wilcoxon	Z	Sig. asintótica (bilateral)
Alcalinidad total (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	104,500	182,500	-2,103	0,035
Dureza total (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	80,500	158,500	-2,771	0,006
Dureza cálcica (mg/L de Ca)	92,500	170,500	-2,437	0,015
Dureza magnésica (mg/L de Mg)	104,500	182,500	-2,103	0,035
Cloruro (mg Cl/L)	94,500	172,500	-2,381	0,017
pH	168,000	633,000	-0,334	0,738
Conductividad (µS/cm)	63,000	141,000	-3,258	0,001
STD (mg/L)	84,000	162,000	-2,674	0,008
Salinidad (mg/L)	6,000	42,000	-3,764	0,000

a. Variable de agrupación: Río

b. No corregido para empates.

## Anexo 7.

Imágenes del proceso de muestreo en los ríos Pampas y Macro, Cangallo, Ayacucho 2016-2017.



Toma de muestra de macroinvertebrados acuáticos en el río Macro



Toma de muestra de macroinvertebrados acuáticos en el río Pampas



Toma de muestra de agua en el río Macro



Toma de muestra de agua en el río Pampas

## Anexo 8.

Imágenes del proceso de determinación de las características fisicoquímicas del agua en el Laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica.



## Anexo 9.

Imágenes del proceso de identificación de las muestras de macroinvertebrados del río Pampas y Macros, del distrito de Cangallo, Ayacucho.



## Anexo 10.

Características taxonómicas del orden Ephemeroptera de la familia Baetidae y Leptophebiidae en los ríos Pampas y Macro, Cangallo, Ayacucho 2016-2017.



Familia Baetidae: Genero *Andesiops*: A, Náyade vista dorsal; B, Náyade vista ventral; C, Uña tarsal; D, Pata anterior; E, Branquias; F, Filamentos caudales; G, Maxila; H, Mandíbula; I, Labro. Genero *Camelobaetidius*: J, Náyade vista dorsal; K, Uña tarsal; L, Pata anterior; M, Labro; N, Mandíbula; Ñ, Labio. Genero *Baetodes*: O, Náyade vista dorsal; P, Náyade vista ventral; Q, Uña tarsal, R, Pata anterior; S, Labro; T, Mandíbula; U, Labio; Familia *Leptophebiidae*: Genero *Meridialaris*: V, Náyade vista dorsal; W, Náyade vista ventral, X, Branquias; Y, Labio; Z, labro.

Según el autor: Domínguez y Fernández (2009)<sup>4</sup>

## Anexo 11.

Características taxonómicas del orden Ephemeroptera de la familia Leptohyphidae y Oligoneuriidae en los rios Pampas y Macro, Cangallo, Ayacucho 2016-2017.



Familia Leptohyphidae: Genero Leptohyphodes: A, Náyade vista dorsal; B, Náyade vista ventral; C, Labio; D, Pata anterior; E, 1° Branquia; F, Filamentos caudales; G, Labro; H, Maxila; I, Mandibula. Genero Leptohyphes: J, Náyade vista dorsal; K, Náyade vista ventral; L, Labio; M, Pata anterior; N, 1° Branquia; Ñ, Filamentos caudales; O, Labro; P, Maxila; Q, Mandibula. Familia Oligoneuriidae: Genero Lachlania: R, Náyade vista dorsal; S, Náyade vista ventral; T, Filamentos caudales; U, Patas. Según el autor: Domínguez y Fernández (2009)<sup>4</sup>

## Anexo 12.

Características taxonómicas del orden Plecoptera de la familia Perlidae; orden Megaloptera de la familia Corydalidae, orden Odonata de la familia Aeshnidae y Orden Hemiptera de la familia Vellidae en los rios Pampas y Macro, Cangallo, Ayacucho 2016-2017.



Familia Plecoptera: Genero Perlidae: A, Nayade vista dorsal; B, Nayade vista ventral; C, Labio; D, Torax vista ventral; E, Maxila; F, Pata anterior; Familia Corydalidae: Genero Corydalus: G, Nayade vista dorsal; H, Nayade vista ventral; I, Manchas en la cabeza y pronoto dorsal; J, Par de propatas anales. Familia Aeshnidae: Genero Aeshna: K, Nayade vista dorsal; L, Nayade vista ventral; M, cabeza; N, Palpo labial; Ñ, Labio. Familia Vellidae: Genero Rhagovelia: O, Vista dorsal; P, Vista ventral; Q, Estructura del tercer segmento tarsal de la segunda pata (abanico). R. Cabeza vista ventra (rostró).  
Según el autor: Domínguez y Fernández (2009)<sup>4</sup>

### Anexo 13.

Características taxonómicas del orden Tricoptera de la familia Hydropsychidae, familia Hydrobiosidae, familia Leptoceridae, familia Hydroptilidae y familia Glossosomatidae en los rios Pampas y Macro, Cangallo, Ayacucho 2016-2017.



Familia Hydropsychidae: Genero Smicridea: A, Larva; B, Cabeza vista dorsal; C, Prosterno; D, Branquias abdominales. Familia Hydrobiosidae: Genero Atopsyche: E, Larva; F, Larva vista ventral; G, Prolongación de la pata anterior; H, Prosterno; I, Pseudopata. Genero Cailloma: J, Larva; K, Larva vista ventral; L, Pata anterior; M, Prosterno, N, Pseudopata anal. Familia Leptoceridae: Genero Nectopsyche: Ñ, Casa y larva, O, Uña tarsal de primera pata; P, Pata anterior; Q, Labro; R, Mandibula; S, Tuberculo lateral del primer segmento abdominal. Familia Hydroptilidae: Genero Ochrotrichia: T, Larva vista lateral; U, Uña de la pata anterior; V, Torax curvado. Familia Glossosomatidae: Genero Culoptila: W, Larva vista lateral, X, Uña de la pata anterior; Y, Pata anterior. Según el autor: Domínguez y Fernández (2009)<sup>4</sup>

### Anexo 14.

Características taxonómicas del orden Diptera de la familia Chironomidae y familia Ceratopogonidae en los rios Pampas y Macro, Cangallo, Ayacucho 2016-2017.



Familia Chironomidae: Genero Pentaneura: A, Larva vista lateal; B, Mentón; C, Cabeza vista lateral. Genero Dicotendipes: D, Larva vista lateal; E, Mentón; F, Cabeza vista lateral. Genero Onconeura: G, Larva vista lateal; H, Mentón; I, Cabeza vista lateral. Genero Reotanyarsus: J, Larva vista lateral; K, Mentón; L, Cabeza vista lateral. Genero Alotanypus: M, Larva vista lateral, N, Mentón, Ñ, Cabeza vista lateral. Familia Ceratopogonidae: Genero Bezzia: O, Larva vista dorsal; P, Cabeza vista ventral; Q, Cabeza vista dorsal. Según el autor: Prat y Rieradevall (2011)<sup>49</sup>

## Anexo 15.

Características taxonómicas del orden Diptera de la familia Empididae, familia Tipulidae, familia Muscidae, familia Tabanidae, familia Simuliidae y familia Blepharoceridae en los ríos Pampas y Macro, Cangallo, Ayacucho 2016-2017.



Familia Empididae: Genero Chelifera: A, Larva vista lateal; B, Segmento caudal dorsal. Genero Hemerodronia: C, Larva vista lateal; D, Segmento caudal dorsal. Genero Clinocera: E, Larva vista lateal; F, Segmento caudal ventral. Familia Tipulidae: Genero Tipula: G, Larva vista lateral; H, Disco espiracular con seis lobulos. Genero Molophilus: I. Larva vista dorsal; J, Disco espiracular con cinco lobulos. Familia Muscidae: Genero Limnophora: K, Larva vista ventral; L, Segmento caudal ventral. Familia Tabanidae: Genero Tabanus: M, Larva vista lateral; N, Segmento terminal (placa anal y sifón). Familia Simuliidae: Genero Gigantodax: Ñ, Larva vista ventral, O, Esclerito anal. Familia Blepharoceridae: Genero Limonicola: P, Larva vista dorsal; Q, Larva vista ventral. Según el autor: Roldan (1996)<sup>7</sup>

## Anexo 16.

Características taxonómicas del orden Coleoptera de la familia Elmidae, familia Psephenidae, en los ríos Pampas y Macro, Cangallo, Ayacucho 2016-2017.



Familia Elmidae: Genero Heterelmis: A, Larva vista dorsal; B, Larva vista ventral; C, Adulto vista dorsal; D, Adulto vista ventral. Genero Huleechius: E, Larva vista dorsal; F, Larva vista ventral; G, Adulto vista dorsal; H, Adulto vista ventral. Genero Macrelmis: I, Larva vista dorsal; J, Larva vista ventral. Familia Psephenidae: Genero Psephenops: K, Larva vista dorsal; L, Larva vista ventral. Según el autor: Domínguez y Fernández (2009)<sup>4</sup>

### Anexo 17.

Características taxonómicas del orden Amphipoda de la familia Hyalellidae, orden Tricladida de la familia Planariidae, orden Haplataxida de la familia Tubificidae, orden Lumbriculida de la familia Lumbriculidae, orden Basommatophora de la familia Physidae, en los rios Pampas y Macro, Cangallo, Ayacucho 2016-2017.



Familia Hyalellidae: Genero Hyalella: A, Vista lateral. Familia Planariidae: Genero Dugesia: B, Vista dorsal. Familia Tubificidae: Genero Tubifex: C, Vista dorsal. Familia Lumbriculidae: Genero Lumbriculus : D, Vista dorsal. Familia Physidae: Genero Physa: E, Vista dorsal y lateral  
Según el autor: Domínguez y Fernández (2009)<sup>4</sup>.

### Anexo 18.

Mapa de ubicación de las zonas de muestreo en los ríos Pampas y Macro, Cangallo, Ayacucho, 2016-2017.



## Anexo 19.

### Matriz de consistencia

**TÍTULO:** Comunidad macroinvertebrada acuática y características fisicoquímicas de dos ríos del distrito de Cangallo, Ayacucho 2016-2017.

**AUTORA:** Bach. AYALA QUSPE. Lida

**ASESOR:** Dr. CARRASCO BADAJOZ, Carlos Emilio

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEORICO	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLÓGIA
¿Cómo las características de la comunidad macroinvertebrada acuática de los ríos Macro y Pampas se relacionan con las características fisicoquímicas del agua, durante los meses octubre del 2016 a abril del 2017 en el distrito de Cangallo en el departamento de Ayacucho?	<p><b>Objetivo General</b> Evaluar las características de la comunidad macroinvertebrada acuática de los ríos Macro y Pampas y su relación con las características fisicoquímicas del agua, durante los meses de octubre del 2016 a abril del 2017 en el distrito de Cangallo en el departamento de Ayacucho</p> <p><b>Objetivo General</b> a. Determinar la composición de la comunidad macroinvertebrada acuática de los ríos Macro y Pampas. b. Cuantificar la abundancia de los componentes de la comunidad macroinvertebrada acuática de los ríos Macro y Pampas. c. Determinar las características fisicoquímicas del agua (alcalinidad total, cloruros, conductividad eléctrica, dureza cálcica, dureza magnésica, dureza total, pH, sólidos disueltos totales y salinidad) de las aguas de los ríos Macro y Pampas. d. Relacionar la abundancia de los componentes de la comunidad macroinvertebrada acuática de los ríos Macro y Pampas con las características fisicoquímicas del agua de su hábitat.</p>	<p>Ecostemas fluviales Los macroinvertebrados acuáticos Calidad fisicoquímica del agua Influencia de los factores químicos en la biota</p>	<p>Las características de la comunidad macroinvertebrada acuática (composición y abundancia) de los ríos Macro y Pampas se hallan relacionadas directamente con la alcalinidad, dureza, conductividad, sólidos disueltos totales, pH e inversamente con cloruros y salinidad, durante los meses de octubre del 2016 a abril del 2017 en el distrito de Cangallo en el departamento de Ayacucho.</p>	<p><b>Variable dependiente</b> Composición (identificado a nivel de clase, familia, género y especie) Abundancia (nº individuo/m2)</p> <p><b>Variables independientes</b> <b>Características fisicoquímicas del agua</b> <b>Indicadores</b> Alcalinidad total (mg/L) Dureza Total (mg/L) Dureza cálcica (mg/L) Dureza magnésica (mg/L) Cloruros (mg/L) Conductividad eléctrica (mg/L) Salinidad (mg/L) Solidos Disueltos Totales (mg/L) pH</p>	<p><b>Tipo de investigación</b> ▪ Básica <b>Nivel de investigación</b> ▪ Descriptiva-correlacional <b>Método:</b> ▪ Descriptivo <b>Diseño:</b> ▪ Descriptivo <b>Muestreo</b> ▪ Muestra <b>Técnicas</b> ▪ Observación <b>Instrumentos:</b> ▪ Microscopio ▪ Equipos y otros Guía taxonómicas y pictóricas</p>