

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN  
CRISTÓBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



Índices bióticos de la comunidad macroinvertebrada en  
la calidad ambiental del agua del río Huatatas.

Ayacucho, 2012-2013.

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

PRESENTADO POR LA:  
**Bach. ZARATE CHIPANA, Gloria**

AYACUCHO – PERÚ  
2015



A Dios, a mi hija Ángeles, a mis padres, a mis hermanos y a mi esposo Diego con mucho amor y cariño.



## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, por brindarme sus aulas para mi formación profesional.

A la Facultad de Ciencias Biológicas y a sus docentes por las enseñanzas y orientaciones en mi afán de superación.

A mi asesor, Dr. Carlos Emilio Carrasco Badajoz por su orientación académica y contribución durante su constante asesoramiento del presente trabajo de investigación.

A todos los amigos, por su apoyo moral que me inculcaron a iniciar con el proyecto que ahora lo veo culminado.



## ÍNDICE GENERAL

	Página
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	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
2.3. Bases teóricas	9
2.3.1. Contaminación y calidad el agua	9
2.3.2. Macroinvertebrados	9
2.3.3. Los sistemas de bioindicación	11
2.3.4. Índices para estimar la calidad biológica del agua	12
2.3.5. Calidad fisicoquímica del agua	17
III. MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1. Ubicación del área de estudio	21
3.2. Población y muestra	22
3.3. Metodología y recolección de datos	22
3.4. Procesamiento y análisis de datos	24
IV. RESULTADOS	25
V. DISCUSIÓN	33
VI. CONCLUSIONES	39
VII. RECOMENDACIONES	41
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
ANEXOS	47





## ÍNDICE DE TABLAS

		Página
Tabla 1.	Puntuaciones asignadas a las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos para la obtención del Biological Monitoring Working Party (BMWP).	14
Tabla 2.	Clases de calidad, significado de los valores Biological Monitoring Working Party (BMWP) y colores a utilizar en representaciones cartográficas.	14
Tabla 3.	Calidad de agua para índices Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT).	15
Tabla 4.	Puntajes de tolerancia de los macroinvertebrados según el Índice Biótico de Familia (IBF).	16
Tabla 5.	Valores del Índice Biótico de Familia expresados en siete clases de calidad de agua.	17
Tabla 6.	Ubicación geográfica de las seis zonas de muestreo en el río, Huatatas.	21
Tabla 7.	Métodos y unidades para la determinación de parámetros fisicoquímicos.	23
Tabla 8.	Abundancia total de la comunidad macroinvertebrada bentónica presente en el río Huatatas. 2012-2013.	26
Tabla 9.	Clases de calidad de agua según los índices bióticos (IBF, BMWP y EPT), de las zonas de muestreo del río Huatatas. Ayacucho, 2012-2013.	31
Tabla 10.	Características fisicoquímicas promedios, determinado en las aguas del río Huatatas. 2012-2013.	32



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Abundancia relativa (promedio y desviación típica) de géneros de la comunidad macroinvertebrada bentónica presente en el río Huatatas. Ayacucho, 2012-2013.	27
Figura 2. Valores promedios y desviación típica del IBF (Índice Biótico de Familia), determinado en la comunidad macroinvertebrada bentónica presente en el río Huatatas. Ayacucho, 2012-2013.	28
Figura 3. Valores promedios y desviación típica del índice BMWP, (Biological Monitoring Working Party), determinado en la comunidad macroinvertebrada bentónica presente en el río Huatatas. Ayacucho, 2012-2013.	29
Figura 4. Valores promedios y desviación típica del índice EPT, (Ephemeroptera Plecoptera y Trichoptera), determinado en la comunidad macroinvertebrada bentónica presente en el río Huatatas. Ayacucho, 2012-2013.	30



## ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Valores promedios de la comunidad macroinvertebrada bentónica presente en cada zona de muestreo del río Huatatas. Ayacucho, 2012-2013.	48
Anexo 2. Prueba de Kruskal-Wallis para la abundancia de géneros de macroinvertebrados bentónicos del río Huatatas. Ayacucho, 2012-2013.	49
Anexo 3. Prueba de Kruskal-Wallis para el índice biótico de familias (IBF) empleados para la comparación de la comunidad macroinvertebrada bentónica de las zonas de muestreo del río Huatatas. Ayacucho, 2012-2013.	50
Anexo 4. Prueba de Kruskal-Wallis para el índice Biological Monitoring Working Parting (BMWP) empleados para la comparación de la comunidad macroinvertebrada bentónica de las zonas de muestreo del río Huatatas. Ayacucho, 2012-2013.	51
Anexo 5. Prueba de Kruskal-Wallis para el índice Ephemeroptera Plecoptera y Trichoptera (EPT) empleados para la comparación de la comunidad macroinvertebrada bentónica de las zonas de muestreo del río Huatatas. Ayacucho, 2012-2013.	52
Anexo 6. Prueba de Kruskal-Wallis para las características fisicoquímicas empleados para la comparación de las de aguas de las zonas de muestreo del río Huatatas. Ayacucho, 2012-2013.	53
Anexo 7. Vista panorámica del río Huatatas. Ayacucho, 2012-2013.	54
Anexo 8. Características taxonómicas de la familia Baetidae. Ayacucho, 2012-2013.	57
Anexo 9. Características taxonómicas de la familia Leptohyphidae y Leptophlebiidae. Ayacucho, 2012-2013.	58
Anexo 10. Características taxonómicas del orden Trichoptera Ayacucho, 2012-2013.	59
Anexo 11. Características taxonómicas del orden Coleoptera. Ayacucho, 2012-2013.	60

Anexo 12. Características taxonómicas del orden Diptera Ayacucho, 2012-2013.	61
Anexo 13. Características taxonómicas de los órdenes Plecoptera, Megaloptera, Mollusca y Olygochaeta. Ayacucho, 2012-2013.	62
Anexo 14. Mapa de ubicación de las zonas de muestreo.	63
Anexo 15. Matriz de consistencia.	64

## RESUMEN

La investigación responde al problema de la determinación de la calidad ambiental de las aguas superficiales del río Huatatas, a través de la estructura de la comunidad macroinvertebrada bentónica, para ello el objetivo principal del trabajo de investigación fue evaluar la calidad ambiental mediante el empleo de la comunidad macroinvertebrada bentónica en el río Huatatas provincia de Huamanga departamento de Ayacucho, entre los meses de setiembre del 2012 a enero del 2013, para ello se aplicaron los siguientes índices bióticos, (IBF) el índice Biótico de familia, el índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) y el índice Ephemeroptera Plecoptera y Trichoptera (EPT), el área de estudio estuvo comprendida en seis zonas de muestreo. El tipo de muestreo se adecuó a un diseño descriptivo. Las muestras de macroinvertebrados bentónicos se colectaron empleando una red tipo Surber con un área de muestreo de 1200 cm<sup>2</sup>, las determinaciones fisicoquímicas se realizaron en el laboratorio. Las muestras de macroinvertebrados bentónicos se tomaron cada 15 días, las muestras de agua del río Huatatas fueron analizadas cada mes. Se registraron organismos pertenecientes a la clase Insecta; seis 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. Con respecto a las características fisicoquímicas de las aguas del río estudiado presentan valores similares en las seis zonas de muestreo tal es el caso de pH, alcalinidad, dureza, cloruros, nitrógeno amoniacal, conductividad y sólidos disueltos.

**Palabra clave:** Macroinvertebrados bentónicos, índices bióticos.





## I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas fluviales son sometidos a presiones de uso por el hombre lo que afecta la calidad de sus aguas, principalmente por ingreso de sustancias y elementos que no existen en ella o que incrementan ya las existentes, energía calórica, material particulado, etc., debido a la incorporación de aguas residuales, a la práctica de la agricultura en zonas aledañas al río Huatatas, deforestación, cambio del sustrato por remoción y extracción de materiales en otras. El río Huatatas es la principal fuente de agua para riego y en algunas zonas para consumo humano para las comunidades aledañas a este; sin embargo, por la intensa actividad que se desarrolla en sus aguas y riveras, como el aseo (lavado de ropa y vehículos motorizados) este río está siendo perturbado afectando muy probablemente la calidad de sus aguas.

El empleo de comunidades de macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de cursos lóticos viene incrementándose en los últimos años, en lo que respecta a la protección de los ambientes acuáticos. A diferencia de los rutinarios y costosos análisis fisicoquímicos y microbiológicos, que sólo proporcionan información puntual e indirecta, la evaluación de las comunidades de macroinvertebrados en los ecosistemas acuáticos, con énfasis en insectos, proporciona una excelente alternativa en el diagnóstico de la calidad del agua.

Muchos representantes de estos grupos de macroinvertebrados pueden distribuirse en distintos niveles de condiciones ambientales, así como ser muy susceptibles a la contaminación, motivo por lo que son recomendados en el establecimiento de sistemas de vigilancia y control de los ecosistemas hídricos.<sup>1,2,3,4</sup>

En el contexto señalado se aplicó los índices BMWP (Biological Monitoring Working Party), IBF (Índice Biológico de Familia) y EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera), los cuales son ampliamente usados para sistemas

lóticos (ríos y riachuelos) y lénticos (lagos, lagunas) de otros países (comunidad europea y EE.UU), los cuales son útiles en el diagnóstico de la calidad del agua, estos índices se basan en la asignación de un puntaje a familias que componen dicha comunidad lo que estas de acuerdo a la amplitud de su rango de tolerancia frente a cambios de los factores en su hábitat. Estos índices señalados son relativamente fáciles de aplicar debido a que los componentes de dicha comunidad tienen que ser identificados hasta un bajo nivel taxonómico (familia), bajo costo en términos de tiempo (identificación de macroinvertebrados) y dinero, convirtiéndose en metodologías rápidas y útiles.

En el río Huatatas no se han realizado estudios para determinar su calidad ambiental mediante el uso de la comunidad de los macroinvertebrados, por lo que los objetivos de investigación planteados fueron los siguientes:

#### **OBJETIVOS GENERALES**

Evaluar la calidad ambiental mediante el empleo de la comunidad macroinvertebrada bentónica en el río Huatatas provincia de Huamanga departamento de Ayacucho, entre los meses de setiembre a enero del 2013.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la composición (géneros y/o especies) de la comunidad macroinvertebrada bentónica en el río Huatatas.
- Determinar la estructura (abundancia relativa) de los componentes de la comunidad macroinvertebrada bentónica en el río Huatatas.
- Estimar la calidad ambiental mediante los índices Biótico de Familia (IBF), BMWP (Biological Monitoring Working Party) y EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) basado en la comunidad macroinvertebrada bentónica del río Huatatas.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

En la investigación realizada en la subcuenca alta del río Chinchiná, Meza, *et. al.*, hallaron que la comunidad macroinvertebrada bentónica estuvo compuesta por 7486 individuos distribuidos en 13 órdenes, 37 familias y 74 géneros la biota estuvo constituida por los siguientes órdenes: Amphipoda, Araneae, Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, Hemiptera, Lepidoptera, Megaloptera, Oligocheta, Plecoptera, Trichoptera y Tricladida. Las Familias más abundantes correspondieron a: Chironomidae, Simuliidae (orden Diptera), Scirtidae (orden Coleoptera) y Baetidae (orden Ephemeroptera). Con el índice biótico BMWP (Biological Monitoring Working Party) se encontró que la estación uno y dos presentan aguas muy limpias con puntajes de 155 y 157 respectivamente y la estación tres aguas no contaminadas de modo sensible con un valor de 109. Al calcular el índice biótico EPT para cada una de las estaciones se encontró que en las estaciones uno y dos la calidad del agua es regular con puntajes de 28,30 y 26,92 respectivamente, para la tercera estación la calidad de agua es mala con un puntaje de 21,62. En cuanto a las variables fisicoquímicas del agua para las tres estaciones, se encontró que la demanda biológica de oxígeno en la estación uno presenta valores más altos (29,5 mg), en comparación a las estaciones dos (21,1 mg) y tres (14 mg). Igualmente, se presentaron valores decrecientes para la demanda química de oxígeno donde la estación uno presentó una demanda de 99,28mg, seguida por la estación dos con 54,85 mg y por último la estación tres presentó una demanda con 42,25 mg. Las estaciones uno y dos registraron valores iguales para las variables de pH (7,1) y oxígeno disuelto (86,5 %), mientras que la estación tres tuvo valores de 6,32 para pH y 83,8 para oxígeno disuelto. En cuanto a las variables conductividad y sólidos totales, la tercera estación presentó los valores más altos con 160  $\mu$ S/cm y 281 mg/L respectivamente.

En la investigación titulada macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de agua en la microcuenca San Alberto (provincia de Oxapampa, Pasco), Salcedo<sup>6</sup>, determinó que la comunidad macroinvertebrada bentónica estuvo compuesta por 123 taxones de 47 familias (101 taxones en la zona alta, 77 en la cuenca media y 55 en la cuenca baja). Los órdenes más abundantes de la cuenca alta fueron Trichoptera (49,88%) y Ephemeroptera (28,58%), con un 31,13 % de la familia Leptoceridae. El 25,58% estuvo representada por la familia Baetidae. Otras familias presentes en la cuenca alta fueron Leptohebiidae, Leptophebiidae, Hydropsychidae, Glossosomatidae, Calamoceratidae, Helicopsychidae y Sericostomatidae. En la cuenca media, en cambio, los órdenes más abundantes fueron Ephemeroptera (53,53%) y Diptera (41,12 %), y las familias más abundantes estuvieron representadas por Baetidae (53,44%), Chironomidae (30,01%) y Simuliidae (9,01%). En el caso de la cuenca baja, los órdenes con poblaciones más abundantes también fueron Ephemeroptera (53,53%) y Diptera (41,12%) y las familias más abundantes estuvieron dominadas por Baetidae (55,80%) y Chironomidae (35,75%). Los valores de los parámetros fisicoquímicos hallados fueron los siguientes; los valores medios de pH fueron mayores en la cuenca alta que en la media y la baja. Por otro lado, los valores medios de temperatura variaron en cada zona de cuenca y los valores fueron más bajos en la cuenca alta en comparación con la cuenca media y la baja. Los valores medios de concentración de oxígeno disuelto fueron mayores en la zona baja en comparación con la zona alta y media. Los valores de conductividad eléctrica fueron mayores en la zona alta en comparación con la zona baja y la zona media respectivamente. Los valores medios de sólidos disueltos totales (SDT) fueron mayores en la cuenca baja que en la cuenca alta y la media. Por último la turbidez fue mayor en la zona baja en comparación con la media y la zona alta que presentó los menores valores medios.

En la investigación titulada "Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), modificado y adaptado a tres microcuencas del Alto Chicama La Libertad. Perú", Medina, *et. al*<sup>7</sup>, determinaron que la composición taxonómica de macroinvertebrados encontrados pertenecen a 7 clases, 13 órdenes y 46 familias (43 familias determinadas y tres morfoespecies no determinadas): constituidos por la clase Insecta, con los órdenes Diptera (11 familias), Trichoptera (diez familias), Coleoptera (ocho familias), Heteroptera (cuatro

familias), Ephemeroptera (dos familias), Odonata (una familia); La clase Gastropoda, con el orden Basommatophora (una familia); la clase Crustacea, con el orden Amphipoda (una familia); la clase Bivalvia, con el orden Ostracoda (una familia), la clase Arachnida con el orden Hydracaruna (una familia), la clase Turbellaria, con el orden Tricladida (una familia) y la clase Oligoquetos con el orden Oligochaeta, (una familia). En cuanto a la calidad biológica se determinó que la parte alta de la microcuenca Caballo Moro, en el Alto Chicama, se encuentra con una calidad biológica mala, con sus valores de 19 y 30, en las estaciones de muestreo 7 y 8, respectivamente, pero las estaciones adyacentes no influenciadas, muestran una calidad biológica buena, con un valor de 120, en la estación de muestreo nueve o una calidad biológica aceptable, con un valor de 74, en la estación de muestreo diez. La parte alta o naciente de la microcuenca Chuyugual, que discurre directamente del Alto Chicama, se encuentra con una calidad biológica regular, con valores de 54 y 53, en las estaciones de muestreo 12 y 13, respectivamente, pero las estaciones adyacentes no influenciadas, muestran una calidad biológica aceptable, con valores de 77, 99 y 68, en las estaciones de muestreo 11, 14 y 15, respectivamente, o una calidad biológica buena, con valor de 122, en la estación de muestreo 16, la parte baja manifiesta una recuperación en su calidad biológica presentándose aceptable, con valores de 97 y 69, en las estaciones de muestreo 17 y 18.

En la investigación realizada de biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos en el sistema de cultivo de arroz en el sector Muñuela margen derecho en Piura. Perú, Trama, *et. al.*, hallaron que la comunidad macroinvertebrada bentónica estuvo compuesta por 46 familias con 81 taxa (género o especie) y un total de 7916 individuos, los órdenes con mayor diversidad fueron Trichoptera (23%), Diptera (17%) y Coleoptera (12%) para el punto de muestreo uno, Coleoptera (19%), Diptera (13%) y Hemiptera, Odonata y Basomatophora con 10% cada uno en el punto de muestreo dos, y Basomatophora, Diptera y Odonata con 19% para el punto de muestreo tres. Los grupos más abundantes, en cambio, fueron Trichoptera (42%) y Diptera (25%) para el punto de muestreo uno, Basomatophora (41%) y Diptera (14%) en el punto de muestreo dos, y, Diptera (57%) y Basomatophora (14%) para el punto de muestreo tres. Los valores de los parámetros fisicoquímicos variaron en algunos casos entre los diferentes puntos principales y los meses evaluados. Específicamente, la temperatura varió

entre 20,5 y 28 °C. Por otro lado, el pH fue ligeramente mayor para el punto de muestreo uno que para el punto de muestreo dos y tres. Por último, la salinidad se mantuvo baja en el punto de muestreo uno (menor a 0,5 ppm) y alrededor de 3 ppm en los puntos dos y tres.

En el estudio realizado en los ríos Cachi, Pongora, Cachimayo en la Provincia de Huamanga. Ayacucho, Jaico<sup>9</sup>, determinó que la comunidad macroinvertebrada bentónica estuvo compuesta por tres phylums, cuatro clases, ocho órdenes, 15 familias y 21 géneros, siendo el phylum más representativo y abundante la Artropoda; y dentro de ésta la clase Insecta con sus órdenes Diptera, Ephemeroptera y Coleoptera, respectivamente; seguida por la clase Oligochaeta con el orden Haplatoxida, mientras que a nivel de género el *Americabaetis* fue considerado como el más abundante y dominante. En cuanto al índice IBF (Índice Biótico de Familia), BMWP (Biological Monitoring Working Party), y EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera), ha permitido clasificar los ríos estudiados por su calidad, en cuatro clases, comprendidas desde regular hasta muy contaminado, para el caso del río Pongora los tres índices lo califican de mala a muy mala, mientras que para los dos ríos restantes como regular a muy mala, registrando la presencia de tensesores que afectan la biota bentónica principalmente a nivel del río Pongora, En cuanto a las características fisicoquímicas del agua los ríos estudiados muestran valores elevados principalmente en cuanto a cloruros y conductividad eléctrica; para el caso del río Pongora por efecto de la influencia que ejerce sobre ella la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y la ciudad de Ayacucho, el río Cachi presenta cloruro alto por las características del lecho por donde circula además del tiempo de circulación de sus aguas y para el río Cachimayo como consecuencia de ser producto de la unión de los dos anteriores ríos.

Bellido<sup>10</sup>, en su investigación titulada larvas de Trichoptera y características fisicoquímicas en siete ríos del departamento de Ayacucho, determinó que estuvo compuesta por diez familias y 15 géneros; la familia Glossosomatidae fue la que reportó más géneros como: *Culoptila*, *Itauara* y *Motoniella*, y con dos géneros las familias Hydropsychidae con *Smicridae* y *Leptonema*, y la familia Hydroptilidae con *Ochrotrichia* y *Metrichia* y con un género las familias Calamoceratidae (*Banyallarga*), Limnephilidae (*Antarctoecia*), Leptoceridae (*Nectopsyche*) Helycopsychidae (*Helycopsyche*), Odontoceridae (*Marilia*) y Polycentropodidae (*Polycentropus*). En cuanto a la distribución y abundancia de

los géneros del orden Trichoptera es sumamente heterogénea en los siete ríos estudiados. Así los géneros con mayor abundancia, mayor a 20% fueron *Ochrotrichia*, *Nectopsyche*, *Smicridae*, además de que fueron halladas en la mayoría de los ríos muestreados, mientras que los que presentaron abundancias menores a 8% fueron *Culoptila*, *cailloma* y *Atopsyche*, y menor a 2%, *Banyallarga*, *Itauara*, *Helicopsyche*, *Leptonema*, *Metrichia*, *Marilia*, *Polycentropus*, *Antarotoecia* y *Mortoniella*. En cuanto a las características fisicoquímicas de las aguas de los ríos estudiados, son muy variables, mostrando un mayor número de correlaciones (Sperman) significativa ( $p < 0,05$ ) con *Ochrotrichia* (dureza total, dureza cálcica, conductividad y sólidos disueltos totales), mientras que la conductividad eléctrica, cloruros y sólidos disueltos totales, mostraron correlación significativa con cuatro géneros (*Ochrotrichia*, *Smicridae*, *Itauara* y *Nectopsyche*).

Cavalcanti<sup>11</sup>, determinó que la composición y estructura de la comunidad macroinvertebrada bentónica de los ríos Kimbiri, Kaschiroveni y San Luis, estuvo compuesta por una clase, nueve órdenes, 29 familias, 33 géneros para el río Kimbiri y 32 para los ríos Kaschiroveni y San Luis; siendo Insecta la única clase representativa con sus órdenes Diptera, Trichoptera y Coleoptera. Los géneros más abundantes fueron *Cylloepus* con 332 individuos para el río Kaschiroveni, *Atanatolica* en el río San Luis con 130 y *Smicridae* en Kimbiri con 75 especímenes, mientras que dentro de las menos abundantes se tiene a *Apatanodes*, *Murphyella* y Género 1 de la familia Lampyridae con un solo espécimen en los ríos Kaschiroveni y San Luis respectivamente. De acuerdo a los índices bióticos el río Kaschiroveni es catalogado de regular (EPT), buena (BMWP) y excelente (IBF); el río Kimbiri es catalogado de buena (EPT y BMWP) y muy buena (IBF); mientras que el río San Luis de buena (EPT y BMWP) y excelente (IBF) calidad. Los índices de diversidad de Simpson, Shannon Weaner y Pielou calculados como promedio de cada muestreo ( $n=8$ ) son similares para los tres ríos estudiados ( $p > 0,05$ ). Con respecto a las características fisicoquímicas de las aguas de los ríos estudiados presenta valores similares, tal es el caso de pH, temperatura y oxígeno disuelto.

## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1. Comunidad macroinvertebrada**

Los macroinvertebrados son organismos que se pueden observar a simple vista; es decir son todos aquellos organismos que tienen tamaños superiores a 0,5 mm

de largo. Dentro de esta categoría están los poríferos, los hidrozooos, los turbelarios, los oligoquetos, los hirudíneos, los insectos, los arácnidos, los crustáceos, los gasterópodos y los bivalvos.<sup>12</sup>

### **2.2.2. Composición de una comunidad**

Es la diversidad y la combinación de todas las especies existentes dentro de una comunidad y su abundancia relativa. La riqueza, el predominio, la diversidad y la abundancia relativa de las especies son característicos de la composición de una comunidad.<sup>13</sup>

### **2.2.3. Estructura de una comunidad**

Se describe como las cantidades y las abundancias relativas de todas las especies dentro de una comunidad y la manera en que se organizan en zonas o estratos de espacios vitales. La diversidad del hábitat y la relativa abundancia de hábitats son ambos determinantes importantes de la estructura de una comunidad. Las características abióticas también influyen ampliamente en la estructura de la comunidad.<sup>13</sup>

### **2.2.4. Índices bióticos**

Suelen ser específicos para un tipo de contaminación, región geográfica, y se basan en el concepto de organismo indicador. Permiten la valoración del estado ecológico de un ecosistema acuático afectado por un proceso de contaminación. Para ello a los grupos de macroinvertebrados de una muestra se les asigna un valor numérico en función de su tolerancia a un tipo de contaminación, los más tolerantes reciben un valor numérico menor y los más sensibles un valor numérico mayor, la suma de todos estos valores nos indica la calidad de ese ecosistema.<sup>14</sup>

### **2.2.5. Calidad fisicoquímica del agua**

Esta dada por los parámetros físicos: (olor, sabor, color, temperatura, pH, etc.) y químicos (alcalinidad, dureza, cloruros, etc.) del agua.<sup>15</sup>

### **2.2.6. Calidad biológica**

Capacidad de los ecosistemas acuáticos para mantener comunidades biológicas en dichos ecosistemas. Este parámetro, puede estimarse al estudiar la composición y estructura de las comunidades, Roldan.<sup>12</sup>

### **2.2.7. Río**

Los ríos son sistemas lineales que evacuan hacia los lagos o el mar el agua caída sobre las masas continentales.<sup>15</sup>



## **2.3. Bases teóricas**

### **2.3.1. Contaminación y calidad del agua**

La contaminación es la adición de cualquier sustancia al ambiente, en cantidades tales, que causen efectos adversos a los seres humanos, animales, vegetales o materiales que se encuentren dispuestos a dosis (concentración por tiempo) que sobrepasen los niveles que se encuentran regularmente en la naturaleza.<sup>16,17</sup>

La calidad de cualquier masa de agua, superficial o subterránea depende tanto de factores naturales como de la acción humana. Sin la acción humana, la calidad del agua vendría determinada por la erosión del substrato mineral, los procesos atmosféricos de evapotranspiración y sedimentación de lodos y sales, la lixiviación natural de la materia orgánica y los nutrientes del suelo por los factores hidrológicos, y los procesos biológicos en el medio acuático que pueden alterar la composición física y química del agua.<sup>18</sup>

Por lo general, la calidad de agua se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad de agua del agua o estándares.<sup>18</sup>

En vista de la complejidad de los factores que determinan la calidad del agua y la gran cantidad de variables utilizadas para describir el estado de los cuerpos de agua en términos cuantitativos, es difícil dar una definición simple de calidad de agua. Además la calidad de agua presenta variaciones espaciales y temporales debido a factores externos e internos al cuerpo de agua.<sup>19</sup>

### **2.3.2. Macroinvertebrados**

Son aquellos organismos que pueden observarse a simple vista, que habitan en 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, turbelaríos, 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>20</sup>

### **a. Importancia ecológica de los macroinvertebrados acuáticos**

Los macroinvertebrados son considerados un eslabón importante en la cadena trófica especialmente para peces. Un alto número de invertebrados se alimentan de algas y bacterias, las cuales se encuentran en la parte baja de la cadena alimentaria. Algunos deshacen hojas y se las comen mientras otros comen materia orgánica presente en el agua. Debido a la abundancia de los macroinvertebrados bénticos, en la cadena acuática, ellos juegan un papel crítico en el flujo natural de energía y nutrientes. Al morir los macroinvertebrados bénticos se descomponen dejando atrás nutrientes que son aprovechados por plantas acuáticas y otros organismos que pertenecen a la cadena.<sup>21</sup>

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

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. En ese proceso se altera la cantidad de oxígeno disuelto, el pH, cantidad de iones disueltos y estos afectan gravemente a estos organismos. 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. 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. Sin embargo se puede afirmar que los efemerópteros, plecópteros y tricópteros son indicadores de aguas limpias y que los anélidos y ciertos dípteros son indicadores de aguas contaminadas.<sup>22</sup>

### **c. Características ideales de un bioindicador**

Cuando se habla de características ideales de un bioindicador, se observa que sólo unos pocos organismos podrían estrictamente satisfacer estos requerimientos. Para definir un bioindicador de calidad de agua, primero debe conocerse la flora y fauna acuáticas de la región de estudio.<sup>23</sup>

Ghetti-Bonazzi<sup>24</sup>, consideran los macroinvertebrados acuáticos como los mejores bioindicadores de la calidad del agua. Les siguen, en su orden, las algas, los protozoos, las bacterias y en menor grado, los peces, las macrófitas, los hongos

y los virus.

Según Roldán<sup>23</sup>, las razones por las cuales se considera los macroinvertebrados como los mejores indicadores de calidad de agua son las siguientes:

- Son abundantes, de amplia distribución y relativamente fáciles de recolectar.
- Son sedentarios en su mayoría, por tanto, reflejan las condiciones locales.
- Relativamente fáciles de identificar, si se comparan con otros grupos, como las bacterias, virus, entre otros.
- Presentan los efectos de las variaciones ambientales de corto tiempo.
- Presentan información para integrar efectos acumulativos.
- Poseen ciclos de vida largos.
- Son apreciables a simple vista.
- Se pueden cultivar en laboratorio.
- Responden rápidamente a los cambios ambientales.
- Varían poco genéticamente.

### **2.3.3. Los sistemas de bioindicación**

Margalef<sup>25</sup>, se refiere a los “índices bióticos”, siendo los más conocidos el BMWP y el índice de saprobiedad; 10 índices conocidos como “mediciones funcionales”, donde se considera el tipo de función que desempeñan los organismos de la comunidad, como por ejemplo: colectores, filtradores, trituradores, depredadores, etc. Por último se considera tres medidas denominadas “índices combinados” dentro de los cuales se mencionan el índice de la comunidad de macroinvertebrados, el promedio de puntaje biométrico y puntaje de la condición biológica.

De acuerdo con la literatura existente a partir de los años 50, la tendencia de la evaluación biológica ha sido la de producir índices. Como resultado se conocen actualmente cerca de 100 índices, Metcalf<sup>26</sup>, distinguiéndose tres enfoques principales para evaluar la respuesta a las comunidades de los macroinvertebrados a la contaminación. Estos son: El saprobico, diversidad y biótico.

#### **a. Enfoque saprobico**

Se fundamenta en la tolerancia a la contaminación de las especies indicadoras presentes en un ecosistema y según Liebmann<sup>27</sup>, ya desde la mitad del siglo XIX ya se hablaba de organismos de aguas limpias y de aguas contaminadas. Entre 1902 a 1909 se basaron inicialmente en los microorganismos del plancton y el perifiton presentes en las corrientes de los ríos de Europa Central,

posteriormente se comenzaron a usarse los macroinvertebrados, las macrófitas y los peces.<sup>28</sup>

#### **b. Enfoque de la diversidad**

Usa tres componentes de la estructura de la comunidad a saber; riqueza, uniformidad y abundancia; para describir la respuesta de la comunidad a la calidad ambiental.<sup>26</sup>

#### **c. Enfoque biótico**

Incluye los aspectos esenciales de la saprobiedad y de la diversidad, combinando una medida cuantitativa de diversidad de especies con la información cuantitativa sobre la sensibilidad ecológica de taxones individuales en una expresión numérica simple.<sup>26</sup>

### **2.3.4. Índices para estimar la calidad biológica del agua**

La aplicación de índices bióticos a través de la utilización de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores, se ha desarrollado a nivel mundial, dentro de los índices más ampliamente aplicados se puede mencionar los siguientes: BMWP (Biological Monitoring Working Party) adaptado y modificado a la fauna del sur occidente Colombiano por la Universidad del Valle, el índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera), aplicado en el río Angosturita en Argentina, Leiva<sup>29</sup> y el índice Biótico de Familia, Hilsenhof.<sup>30</sup>

Según Alba-Tercedor<sup>31</sup>, el procedimiento de la determinación de la calidad biológica del agua mediante el análisis de las comunidades biológicas que lo habitan, es llamada también como “monitoreo biológico”, en la que los conocimientos de autoecología, sinecología e información taxonómica de especies o supraespecíficos se traduce en un índice, o valor que refleja la calidad biológica del agua. En la actualidad una de las más empleadas es el BMWP (Biological Monitoring Working Party), siendo implementado en la mayoría de países de la comunidad Europea y en algunos Estados de Norteamérica, en la que no considera especies indicadoras, sino comunidades indicadoras.

#### **a. Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP)**

El índice BMWP (Biological Monitoring Working Party), estableció en Inglaterra un método simple de puntaje para todos los grupos de macroinvertebrados identificados hasta nivel de familia y que requiere solo datos cualitativos (presencia/ausencia). El puntaje va de uno a diez de acuerdo a su tolerancia a la contaminación orgánica (Tabla 1). Las familias más sensibles (por ejemplo:

Perlidae, Oligoneuridae) reciben una puntuación de diez; en cambio las más tolerantes a la contaminación (Oligochaeta) reciben una puntuación de uno. Familias intolerantes a la contaminación tienen puntajes altos y los tolerantes puntajes bajos. La suma de puntajes de todas las familias en un sitio dado da el puntaje BMWP total (Tabla 2), el cual muestra el significado de la calidad del agua, además de su representación cartográfica mediante colores. El puntaje promedio por taxón conocido como ASPT (Average Score Per Taxon) esto es, el puntaje total BMWP dividido por el número de los taxones, es un índice particularmente valioso para la evaluación del sitio. Los valores de puntaje para las familias individuales reflejan su tolerancia a la contaminación basadas en el conocimiento de la distribución y la abundancia.<sup>32</sup>

Alba- Tercedor<sup>31</sup>, menciona que los macroinvertebrados a diferencia de otras comunidades, son buenos indicadores de contaminación debido a las siguientes consideraciones:

- La naturaleza sedentaria de muchas especies facilitan la evaluación espacial de efectos adversos a largo plazo en la comunidad.
- Muchos de ellos tienen fases inmaduras con ciclos bastante largos, como el caso de los Ephemeropteros, Plecópteros, etc...
- Viven y se alimentan en o sobre los sedimentos donde tienden a acumularse las toxinas, las cuales se incorporan a la cadena trófica a través de ellos.

Tabla 1. Puntuaciones asignadas a las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos para la obtención del Biological Monitoring Working Party (BMWP).<sup>31</sup>

Familias	Puntuación
<i>Siphonuridae, Heptageniidae, Leptophebiidae, Potamanthidae, Ephemeridae, Taeniopterygidae, Leuctridae, Capniidae, Perlodidae, Perlidae, Chloroperlidae, Aphelocheiridae, Phryganeidae, Molannidae, Beraeidae, Odontoceridae, Leptoceridae, Goeridae, Lepidostomatidae, Brachycentridae, Sericostomatidae, Athericidae, Blephariceridae</i>	10
<i>Astacidae, Lestidae, Calopterygidae, Gomphidae, Cordulegasteridae, Aeshnidae, Corduliidae, Libellulidae, Psychomyiidae, Philopotamidae, Glossosomatidae</i>	8
<i>Ephemerellidae, Nemouridae, Rhyacophilidae, Polycentropodidae, Limnephilidae</i>	7
<i>Neritidae, Viviparidae, Ancylidae, Hydroptilidae, Unionidae, Corophiidae, Gammaridae, Platycnemididae, Coenagriidae</i>	6
<i>Oligoneuriidae, Dryopidae, Elmidae, Helophoridae, Hydrochidae, Hydraenidae, Clambidae, Hydropsychidae, Tipulidae, Simuliidae, Planariidae, Dendrocoelidae, Dugesiidae</i>	5
<i>Baetidae, Caenidae, Haliplidae, Curculionidae, Chrysomelidae, Tabanidae, Stratiomyidae, Empididae, Dolichopodidae, Dixidae, Ceratopogonidae, Anthomyidae, Limoniidae, Psychodidae, Sialidae, Piscicolidae, Hidracarina</i>	4
<i>Mesoveliidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Naucoridae, Pleidae, Notonectidae, Corixidae, Helodidae, Hydrophilidae, Hygrobiidae, Dysticidae, Gyrinidae, Valvatidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Bithyniidae, Sphaeridae, Glossiphoniidae, Hirudidae, Erpobdellidae, Asellidae, Ostracoda</i>	3
<i>Chironomidae, Culicidae, Muscidae, Thaumaleidae, Ephydriidae</i>	2
<i>Oligochaeta (todas las clases)</i>	1

Tabla 2. Clases de calidad, significado de los valores Biological Monitoring Working Party (BMWP) y colores a utilizar en representaciones cartográficas.<sup>31</sup>

Clase	Valor (BMWP)	Significado	Color
I	> 150	Aguas muy limpias	Azul
II	101-120	Aguas no contaminadas o no alteradas de modo sensible	Verde
III	61-100	Son evidentes algunos efectos de contaminación.	Amarillo
IV	36-60	Aguas contaminadas	Naranja
V	16-35	Aguas muy contaminadas	Rojos
	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojos

### b. Índice Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT)

De la gran diversidad de organismos que podemos encontrar como fauna macroinvertebrada bentónica de un río, los artrópodos son los más importantes, su presencia es de aproximadamente un 80%. Dentro de estos, los tres grupos más utilizados como indicadores de aguas no contaminadas son Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera.<sup>32</sup>

El análisis EPT se realizó mediante la utilización de estos tres grupos de macroinvertebrados, debido a que son más sensibles a la contaminación. En primer lugar se coloca en una columna la clasificación de organismos, en una segunda columna la abundancia y una última columna con los EPT presentes, posteriormente los EPT presentes se dividen por la abundancia total, obteniendo un valor, el cual se lleva a una tabla de calificaciones de calidad de agua (Tabla 3) que va de muy buena a mala calidad.<sup>33</sup>

Tabla 3. Calidad de agua para índices Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT).<sup>33</sup>

Número	Índice EPT (%)	Calidad del Agua
1	75 – 100	Muy Buena
2	50 – 74	Buena
3	25 – 49	Regular
4	0 – 24	Mala

### c. Índice Biótico de Familia (IBF)

Este índice es muy útil en el análisis de la calidad del agua y de fácil cálculo, debido a que necesita la identificación de la comunidad solo a nivel de familia. Para aplicar esta metodología se debe tener la siguiente información: taxonomía de los organismos a nivel de familia, sus respectivas abundancias y los puntajes de tolerancia (Tabla 4); para luego aplicar la siguiente fórmula:

$$IBF = \frac{\sum n_i t_i}{N}$$

Dónde:

- N : Número total de organismos en la muestra
- $n_i$  : Número de Individuos en una familia
- $t_i$  : Puntaje de tolerancia de cada familia

Tabla 4. Puntajes de tolerancia de los macroinvertebrados según el Índice Biótico de Familia (IBF).<sup>30</sup>

<b>Orden o Clase</b>	<b>Familia</b>	<b>Valor de tolerancia</b>
DIPTERA	Athericidae	2
	Blephariceridae	0
	Ceratopogonidae	6
	Chironomidae (rojos)	8
	Chironomidae (rosados)	6
	Dolichopodidae	4
	Empididae	6
	Muscidae	6
	Psychodidae	10
	Simuliidae	6
	Tabanidae	6
Tipulidae	3	
PLECOPTERA	Gripopterygiidae	1
	Perlidae	1
EPHEMEROPTERA	Baetidae	4
	Leptophlebiae	2
	Trycorythidae	4
COLEOPTERA	Helmidae	4
	Psephenidae	4
MEGALOPTERA	Corydalidae	3
	Sialidae	4
TRYCHOPTERA	Glossosomatidae	0
	Helicopsychidae	3
	Helicophidae	6
	Hydropsychidae	4
	Hidrobiosidae	0
	Hydroptilidae	4
	Leptoceridae	4
BASOMMATOPHORA	Amnicolidae	6
	Lymnaeidae	6
	Physidae	8
	Chilinae	6
HAPLOTAXIDA		10
LUMBRICULIDA		8
HIRUDINEA		10

Luego los valores del IBF se expresan en siete clases de calidad, (tal como se observa en la Tabla 5):



Tabla 5. Valores del Índice Biótico de Familia expresados en siete clases de calidad de agua.<sup>31</sup>

Clase	Rangos del IBF	Calidad del agua	Color
I	< 3,75	Excelente	Celeste
II	3,76 – 4,25	Muy bueno	Azul
III	4,26 – 5,0	Buena	Verde
IV	5,01 – 5,75	Regular	Amarillo
V	5,76 – 6,50	Relativamente mala	Café
VI	6,51 – 7,25	Mala	Naranja
VII	> 7,26	Muy mala	Rojo

### 2.3.5. Calidad fisicoquímica del agua

#### a. Alcalinidad

La alcalinidad es una medida de la cantidad de iones que se encuentran presentes en el agua, los cuales reaccionan para neutralizar los iones del hidrógeno.<sup>34</sup> Miller<sup>35</sup>, describe que la alcalinidad indica la cantidad de cambio que ocurrirá en el pH con la adición de cantidades moderadas de ácido. Debido a que la alcalinidad de la mayoría de las aguas naturales está compuesta casi íntegramente de iones de bicarbonato y de carbonato, las determinaciones de alcalinidad pueden dar estimaciones exactas de las concentraciones de estos iones. Los iones de bicarbonato y de carbonato son algunos de los iones dominantes presentes en las aguas naturales, por lo tanto, las mediciones de alcalinidad proporcionan información sobre las relaciones de los iones principales y la evolución de la química del agua. Este parámetro está íntimamente ligado con las formas en la cual se encuentran el dióxido de carbono. Cuando el CO<sub>2</sub> penetra en el agua, rápidamente se hidrata formando el ácido carbónico.

#### b. Dureza Total

La dureza representa la concentración de cationes metálicos multivalentes en solución. En condiciones de saturación, los cationes reaccionarán con aniones en el agua para formar un sólido.<sup>34</sup>

En las aguas continentales está determinada por la concentración de metales alcalinotérreos originados por depósitos calcáreos de la superficie terrestre. Los iones de calcio y magnesio se combinan fácilmente con los bicarbonatos y carbonatos, dando origen a la dureza temporal y con los sulfatos, cloruros,

nitratos lo que se conoce como dureza permanente. Debido a que en las aguas naturales los iones más comunes son los de  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  la dureza se define como la concentración de estos iones expresados como carbonato de calcio.<sup>36</sup>

### **c. pH**

El agua pura se disocia débilmente en los iones  $\text{H}^+$  y  $\text{OH}^-$ , sin embargo la constante de disociación es muy pequeña ( $10^{-14}$ ) y las cantidades de  $\text{H}^+$  y  $\text{OH}^-$  donde  $10^{-7}$  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  $\text{H}^+$  y  $\text{OH}^-$ .<sup>36</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 mide 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>37</sup>. El pH de las aguas naturales es regido en gran medida por la interacción de los iones  $\text{H}^+$ , de la disociación de  $\text{H}_2\text{CO}_3$  y los iones  $\text{OH}^-$  proveniente de la hidrólisis de los bicarbonatos. Sus valores oscilan entre 2 y 12, donde las aguas con valores inferiores a 4 provienen de regiones volcánicas que reciben ácidos minerales fuertes, debido a la oxidación de la pirita y arcillas. Las aguas naturales ricas en materia orgánica disuelta, presentan valores bajos de pH, especialmente en aquellas zonas donde predominan las turberas.<sup>20</sup>

### **d. Sólidos Disueltos Totales**

Los sólidos disueltos totales (TDS) se refiere a la concentración total de minerales presentes en aguas naturales.<sup>23</sup>

Las corrientes transportan materiales, principalmente sólidos disueltos o sólidos suspendidos. Los primeros se refieren a la materia orgánica en forma iónica y los segundos, a la materia orgánica como detritus y de origen aluvial como restos de rocas, arcilla, arena y similares. Los sólidos suspendidos pueden verse a simple vista como pequeñas partículas y son los que dan turbiedad al agua. Desde el punto de vista ecológico, aguas con elevadas cantidades de sólidos disueltos indican alta conductividad que puede ser un factor limitante para la vida de muchas especies por estar sometidas a una presión osmótica. Por su parte un alto contenido de sólidos en suspensión o alta turbiedad, también es limitante

para el ecosistema acuático ya que impide el paso de los rayos solares, daña y tapona el sistema de intercambio gaseoso en los animales acuáticos y destruye su hábitat natural.<sup>20</sup>

#### **e. Conductividad Eléctrica**

La conductividad eléctrica mide la cantidad total de iones presentes en el agua y, por ende, se relaciona con la salinidad. La conductividad se define como el recíproco de la resistencia medida entre dos electrodos de 1,0 cm<sup>2</sup> y distanciados entre sí por 1,0 cm. Los valores de conductividad se expresan en microsiemens por cm ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) o microhomios/cm.<sup>23</sup>

Miller<sup>35</sup>, menciona que la conductividad eléctrica es la expresión numérica de la capacidad del agua de transportar corriente eléctrica, que 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. 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. La temperatura también influye en los valores de conductividad, puede variar de unión a otro, en general se acepta que ésta aumenta en promedio 3%, por cada grado centígrado que aumente la temperatura.

#### **f. Cloruros**

Los cloruros ocupan un tercer lugar del porcentaje de los aniones en el agua, estos por lo general expresan la salinidad, por lo mismo es un factor importante en la distribución geográfica de los organismos. La determinación de los cloruros es una prueba relativamente sencilla: se utiliza el cromato de potasio como indicador (amarillo) y se titula con nitrato de plata hasta la obtención de un color anaranjado o rojo ladrillo.<sup>20</sup>



### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Ubicación del área de estudio

##### 3.1.1 Ubicación política

Políticamente, el área de trabajo tiene la siguiente ubicación:

Departamento: Ayacucho

Provincia : Huamanga

Distrito : San Juan Bautista

El área de estudio estuvo comprendida en el curso del río Huatatas, el cual desemboca en el río Mantaro, el que forma parte de la vertiente del Atlántico.

A lo largo del río mencionado se ubicaron seis zonas de muestreo.

##### 3.1.2 Ubicación geográfica

La ubicación de las coordenadas geográficas y la altitud de las zonas de muestreo fueron determinadas con un equipo de posicionamiento global (GPS), la ubicación y coordenadas de los puntos de muestreo se observa en la tabla 6.

Tabla 6. Ubicación geográfica de las seis zonas de muestreo de río Huatatas.

Zonas de muestreo	Ubicación geográfica (UTM)	Altitud (m.s.n.m.)
I	587289	2695
	8541247	
II	587417	2682
	8541780	
III	587450	2676
	8542133	
IV	587482	2645
	8542873	
V	587603	2635
	8543357	
VI	587588	2618
	8544036	

En la zona de muestreo I, se observó que no había contaminación debido a que no se observa a personas realizando actividades de aseo.

En la zona I, se observa que existe la presencia de un recreo campestre el cual desecha sus residuos sólidos de manera directa al río y los pobladores de las zonas aledañas realizan labores de aseo personal y lavado de ropa.

En la zona de muestreo III y IV se observa la presencia de personas que realizan lavado de ropa, aseo personal y labores de pastoreo de animales vacunos, caprinos y porcinos, y la franja marginal es aprovechada como zonas de cultivo.

En la zona V y VI, se observa que las personas realizan labores de aseo personal, lavado de ropas, vehículos motorizados también se observa la mala disposición de los residuos sólidos por parte personas que realizan paseos al río.

### **3.2 Población y muestra**

#### **3.2.1 Población**

Agua y comunidades macroinvertebrados bentónicos del río Huatatas.

#### **3.2.2 Muestra**

Se tomaron 60 muestras de las comunidades macroinvertebrados bentónicos y 30 muestras de agua, de seis zonas del río, con una frecuencia quincenal para los macroinvertebrados y mensual para las muestras de agua, entre los meses de setiembre del 2012 a enero del 2013, obteniéndose 6 muestras para cada fecha de muestreo en el río considerado en el estudio.

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

#### **3.3.1 Macroinvertebrados acuáticos bentónicos**

Para proceder a la toma de muestras de organismos macroinvertebrados bentónicos, se siguió el criterio de considerar características similares en los puntos de muestreo del río como la velocidad de la corriente del agua, profundidad y presencia de sustratos. La colecta de las muestras se realizó utilizando una red tipo Surber, con un área de muestreo de 30 x 40 cm (1200 cm<sup>2</sup>) y con una luz de malla de 0,5 mm, se consideró cinco sub muestras por cada zona de muestreo, tratando en lo posible que presenten las mismas características acuáticas, los cuales fueron posteriormente homogenizados.

La colecta de muestras se realizó colocando la boca de la red en contra de la corriente de agua y con la ayuda de las manos se removió los componentes del lecho con la finalidad de que los organismos adheridos o bajo ellos, sean arrastrados por la corriente hacia el fondo de la red. Una vez colectados fueron colocados en bolsas de polietileno con alcohol al 90 % y debidamente rotulados,

para posteriormente ser trasladados al laboratorio de Recursos Hidrobiológicos de la Escuela de Formación Profesional de Biología de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, donde los organismos fueron seleccionados del material indeseable y puesto en frasco viales tomando en cuenta las semejanzas morfológicas (morfoespecie), a los cuales se le agrego alcohol al 90 %.

En el laboratorio con la ayuda de un microscopio y estereoscopio, se visualizó e identifico las características de importancia taxonómica, posteriormente corriendo las claves taxonómicas de Fernández y Domínguez<sup>38</sup> y Roldan<sup>21</sup> se identificó hasta la categoría de género y se determinaron las abundancias por cada taxón.

### 3.3.2 Características fisicoquímicas del agua

Las muestras de agua fueron tomadas mensualmente en cada zona de muestreo para el río (seis puntos de muestreo) se colectaron en frascos de polietileno de aproximadamente 0,6 litros para las determinaciones fisicoquímicas que demanda el estudio. El procedimiento de colección fue sumergiendo los frascos en la parte media del curso del agua, haciendo que ingrese cuidadosamente el agua sin producir mucha turbulencia. Las muestras fueron analizadas en el laboratorio dentro de las dos horas posteriores a la toma de muestra. Con la finalidad de reducir al mínimo las posibles variaciones de las características del agua, desde la toma de muestra hasta su análisis los frascos colectores fueron completamente llenados con las muestra de agua y cerrados herméticamente.

Tabla 7. Métodos y unidades para la determinación de parámetros fisicoquímicos del agua.

Parámetro	Unidad	Método
pH		Peachímetro
Alcalinidad	mg CaCO <sub>3</sub> /L	Volumétrico
Dureza Total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	Volumétrico
Conductividad	μS/cm	Electrométrico
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	Conductímetro

### 3.4 Cálculo de índices bióticos.

#### 3.4.1. Cálculo del Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP)

Para aplicar este índice los macroinvertebrados tienen que ser identificados hasta nivel de familia y que requiere solo datos cualitativos (presencia/ausencia). El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo a su tolerancia a la contaminación orgánica. Se observa los valores en las tablas N° 1 y 2 de la página número 13 y 14.

#### 3.4.2. Cálculo del Índice Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT)

Para el cálculo de EPT se utilizó la siguiente fórmula obteniendo un valor, el cual se lleva a una tabla de calificaciones de calidad de agua que va de muy buena a mala calidad.<sup>29</sup>

Dónde:

$$\% EPT = \frac{(N^{\circ} \text{ de Ephemeroptera} + N^{\circ} \text{ de Plecoptera} + N^{\circ} \text{ de Trichoptera})}{N} * 100$$

N: Número de individuos de la muestra

Se observa los valores en la tabla N° 3 de la página número 14.

#### 3.4.3. Índice Biótico de Familia (IBF)

Para aplicar esta metodología se debe tener la siguiente información: taxonomía de los organismos a nivel de familia, sus respectivas abundancias y los puntajes de tolerancia (Tabla 4); para luego aplicar la siguiente fórmula:

$$IBF = \frac{\sum n_i t_i}{N}$$

Dónde:

N : Número total de organismos en la muestra

n<sub>i</sub> : Número de Individuos en una familia

t<sub>i</sub> : Puntaje de tolerancia de cada familia

Se observa los valores en las tablas N° 4 y 5 de la página número 15 y 16.

### 3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Con las medidas de las variables consideradas, se construyó una matriz de datos en el software SPSS 22, para posteriormente ser procesados y analizados; así mismo se empleó el MINITAB 16. Obteniéndose estadísticos descriptivos de tendencia central y dispersión.

Para la comparación de medias de las abundancias de los géneros de los macroinvertebrados se empleó el análisis de Kruskal-Wallis ( $\alpha=0,05$ ) con la finalidad de detectar posibles diferencias entre las zonas de muestreo, de la misma manera para los índices IBF, BMWP y EPT, así como para las características fisicoquímicas del agua.



#### **IV. RESULTADOS**

Tabla 8. Abundancia total de la comunidad macroinvertebrada bentónica del río Huatatas. Ayacucho, 2012-2013.

Clase	Orden	Familia	Género	ZONA DE MUESTREO						Total
				I	II	III	IV	V	VI	
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetodes</i>	28	22	21	18	6	19	114
			<i>Andesiops</i>	809	1094	942	1084	728	699	5356
			<i>Camelobaetidius</i>	12	2	1	1	7	1	24
		Leptophlebiidae	<i>Meridialaris</i>	9	3	1	0	3	1	17
			Leptoxyphidae	<i>Leptoxyphodes</i>	100	71	150	86	73	56
		<i>Leptoxyphes</i>		98	73	68	42	30	34	345
	Coleoptera	Elmidae	<i>Macrelmis</i>	439	896	886	473	379	440	3513
			<i>Austrelmis</i>	39	38	15	28	24	10	154
			<i>Neoelmis</i>	3	0	0	0	0	0	3
			<i>Gen1</i>	13	22	17	16	21	15	104
	Trichoptera	Psephenidae	<i>Psephenus</i>	4	0	0	0	0	0	4
		Glossosomatidae	<i>Culoptila</i>	659	888	705	699	537	173	3661
		Hydroptilidae	<i>Metrichia</i>	135	149	232	192	94	30	832
	<i>Smycridae</i>		238	287	145	85	63	55	873	
	Plecoptera	Gripopterygidae	<i>Claudioperla</i>	3	3	0	0	0	0	6
	Diptera	Chironomidae	<i>Gen1</i>	391	496	452	420	422	429	2610
		Simuliidae	<i>Pedrowygoniia</i>	494	529	990	380	369	516	3278
		Dolichopodidae	<i>Gen1</i>	0	0	0	0	0	5	5
	Megaloptera	Corydalidae	<i>Corydalis</i>	25	13	18	4	11	6	77
	Gastropoda	Physidae	<i>Gen 1</i>	21	16	14	53	58	116	278
Limnaeidae		<i>Limnaea</i>	3	7	5	8	3	19	45	
Oligochaeta	Lumbriculida	Lumbriculidae	<i>Lumbriculus</i>	0	0	1	0	0	3	4

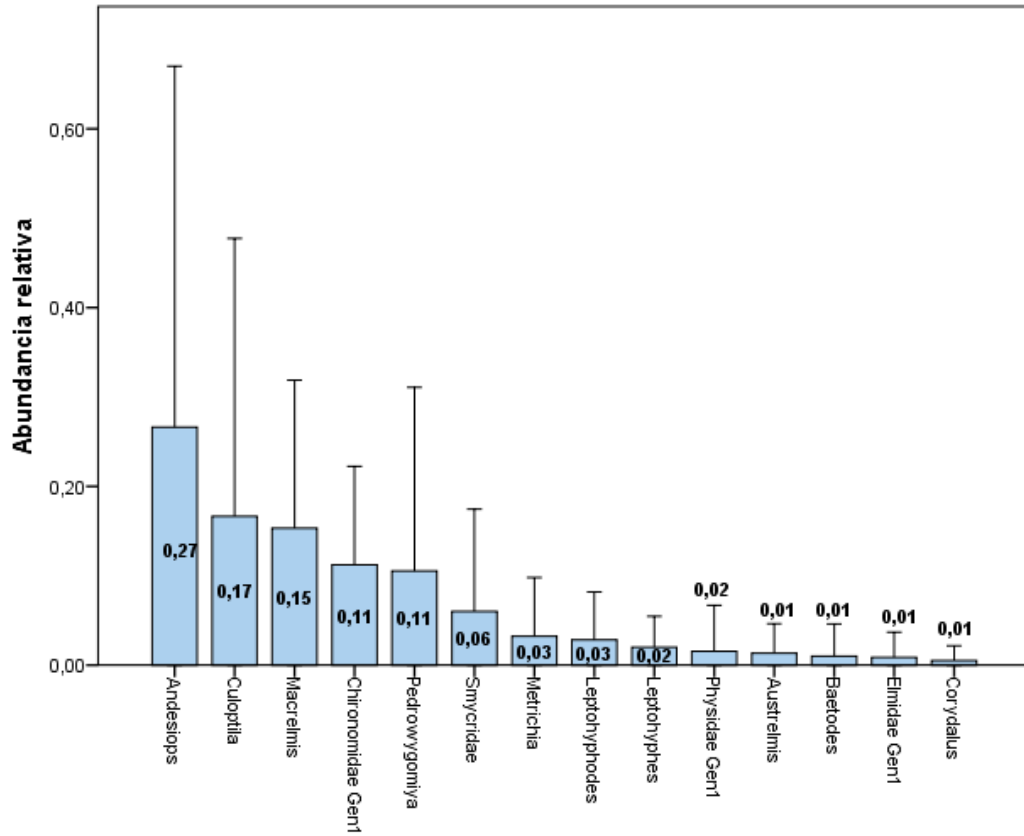


Figura 1. Abundancia relativa (promedio y desviación típica), de géneros de la comunidad macroinvertebrada bentónica presente en el río Huatatas. Ayacucho, 2012-2013.

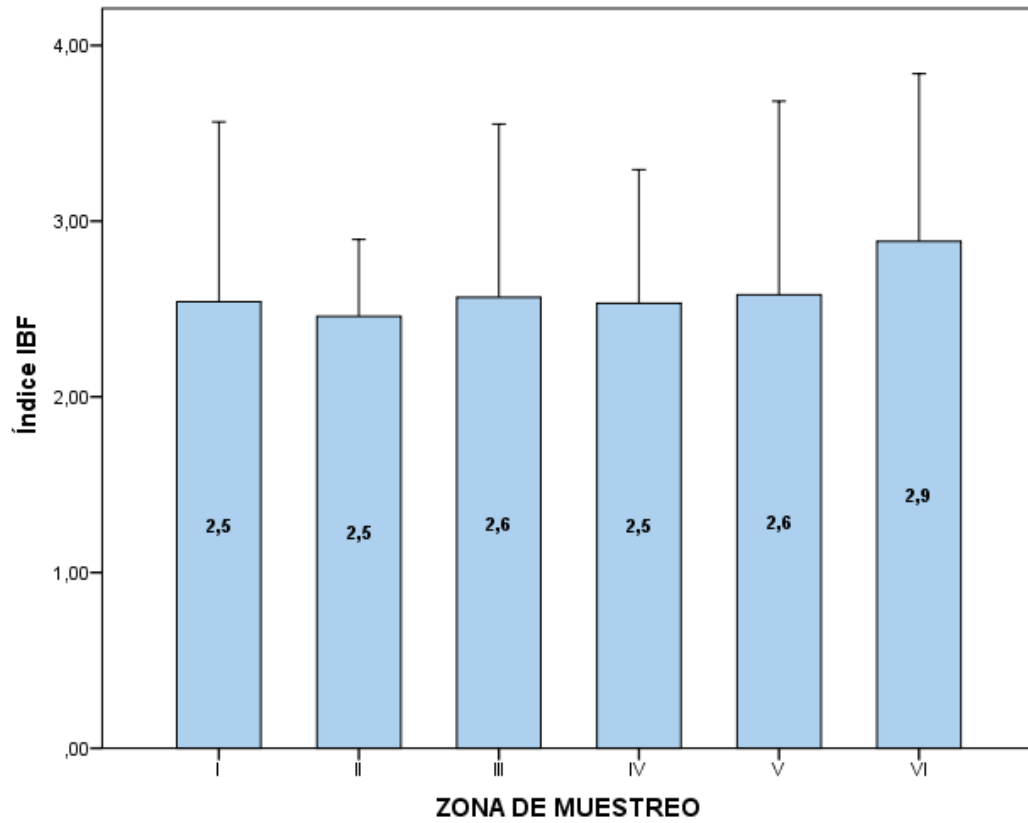


Figura 2. Valores promedios y desviación típica del IBF (Índice Biótico de Familia), determinado en la comunidad macroinvertebrada bentónica presente en el río Huatatas. Ayacucho, 2012-2013.

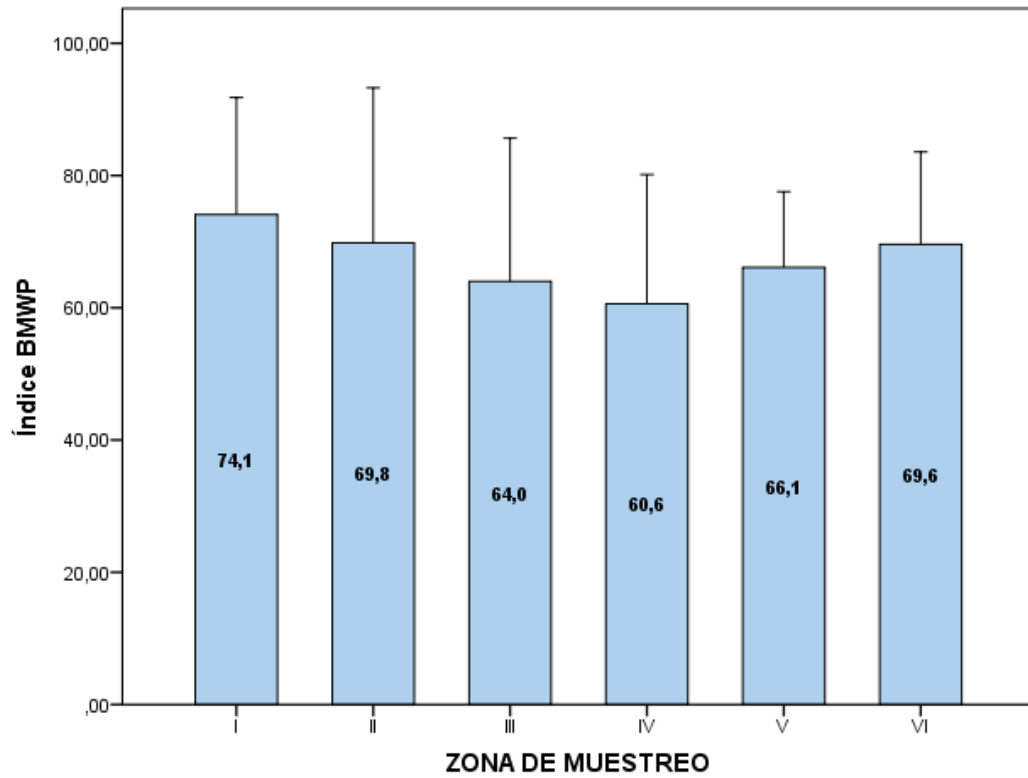


Figura 3. Valores promedios y desviación típica del índice BMWP (Biological Monitoring Working Party), determinado en la comunidad macroinvertebrada bentónica presente en el río Huatatas. Ayacucho, 2012-2013.

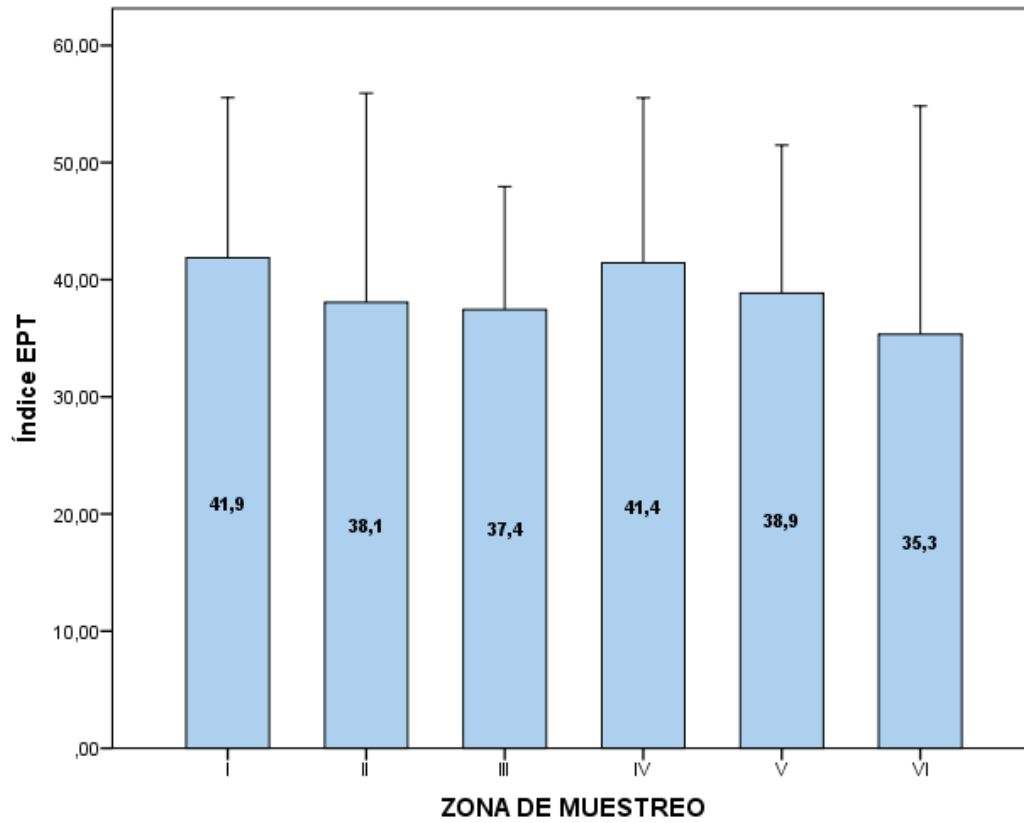


Figura 4. Valores promedios y desviación típica del índice EPT (Ephemeroptera Plecoptera y Trichoptera), determinado en la comunidad macroinvertebrada bentónica presente en el río Huatatas. Ayacucho, 2012-2013.

Tabla 9. Clases de calidad de agua según los índices bióticos (IBF, BMWP y EPT), de las zonas de muestreo del río Huatatas. Ayacucho, 2012-2013.

<b>Zonas de muestreo</b>	<b>Calidad del agua</b>		
	<b>Índice IBF</b>	<b>Índice BMWP</b>	<b>Índice EPT</b>
I	Excelente	Aceptable	Regular
II	Excelente	Aceptable	Regular
III	Excelente	Aceptable	Regular
IV	Excelente	Aceptable	Regular
V	Excelente	Aceptable	Regular
VI	Excelente	Aceptable	Regular

Tabla 10. Características fisicoquímicas promedios por zonas de muestreo, determinado en las aguas del río Huatatas. Ayacucho, 2012- 2013.

Características fisicoquímicas	ZONA		DE	MUESTREO		
	I	II	III	IV	V	VI
pH	8,1	8,1	7,9	8	7,9	8,1
Alcalinidad (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	10	11,2	12,4	13,6	12	14,8
Dureza Total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	57,2	54	56,8	51,6	49,2	54
Dureza Cálcica (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	32,8	32,8	35,2	29,6	31,2	32,4
Dureza Magnésica (mg MgCO <sub>3</sub> /L)	24,4	21,2	21,6	22	18	21,6
Cloruros (mg Cl/L)	6,5	7	6,3	6,8	6,2	6,5
Nitrógeno A. (mg NO <sub>3</sub> /L)	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5
Conductividad (μS/cm)	116,8	123,6	117,8	122,2	126,8	134,2
S.T.D (mg/L)	59,8	61,4	58,6	61	63,6	66,8



## V. DISCUSIÓN

En la Tabla 8, se muestra la composición y estructura de la comunidad macroinvertebrada bentónica presente en el río muestreado, registrándose la presencia de organismos pertenecientes a tres phylum, tres clases, ocho órdenes, 16 familias y 22 géneros. Es necesario señalar, que en la identificación no se llegó a especie, debido a la falta de bibliografía especializada y de investigaciones realizadas para esta zona, el Perú y América del Sur, razón por la cual en algunos casos se consideraron morfotipos para hacer posibles los cálculos de índices biológicos y de diversidad, Tal como lo recomiendan Jaico<sup>5</sup> y Carrasco<sup>31</sup> en trabajos realizados en la provincia de Huamanga. Los órdenes Ephemeroptera, Diptera y Trichoptera son los que mostraron mayor número de familias y Ephemeroptera y Diptera presentaron mayor número de géneros en comparación con el resto. Así en el río Huatatas se halló 22 géneros respectivamente. Los resultados hallados coinciden con los reportados por Jaico<sup>9</sup> y Carrasco<sup>39</sup>, los que afirman que la composición y estructura de la comunidad macroinvertebrada bentónica no es similar, en todas las zonas de muestreo, existiendo entre ellas diferencias en el número de organismos como se puede apreciar en la presencia y ausencia de géneros hallados. Por otro lado se puede observar que los géneros más abundantes fueron *Andesiops* con 5356 así Fernández-Domínguez<sup>38</sup>, mencionan que este género es muy común en los ríos altoandinos de Sudamérica, seguido de *Culoptila* con 3661, en las seis zonas de muestreo mientras que los menos abundantes fueron los géneros, *Neoelmis* con 3, *Psephenus* y *Lumbriculus* con 4, *Gen 1* (familia Dolichopodidae) con 5, *Claudioperla* con 6 y *Meridialaris* con 17 especímenes, es así que los géneros *Neoelmis* y *Psephenus* solo fueron hallados en la primera zona de muestreo. Domínguez-Fernández<sup>38</sup>, señalan que el género *Psephenus*, solo se encuentran cerca de aguas corrientes claras y bien oxigenadas. Mientras que

*Gen 1* (familia Dolichopodidae) solo fue hallado la sexta zona de muestreo esto debido a que este género solo se halla en lugares donde existe mayor concentración de materia orgánica. El género *Meridialaris* se halló en mayor cantidad en la primera zona de muestreo. Según Bispo *et. al*<sup>40</sup>, la escasa presencia de individuos del género *Meridialaris* (familia Leptophlebiidae) se debe a que estas están relacionadas a ambientes poco contaminados.

Se observa diferentes valores según las zonas muestreadas en el río estudiado, donde al realizar la prueba de Kruskal-Wallis comparando la abundancia de los taxones según las zonas de muestreo, se halló que para el caso de *Camelobaetidius*, *Smycridae* y *Gen 1* (familia Physidae) existe significancia estadística ( $P < 0,05$ ), mientras que el resto de los géneros son iguales.

Por otro lado el phylum más representativo hallado fue la Arthropoda y dentro de ésta la clase Insecta, que reúne dentro de sí la gran mayoría de los taxones hallados, siendo el orden Ephemeroptera, Diptera, Trichoptera, Coleoptera, Megaloptera y Plecoptera, los que muestran el mayor número de familias y géneros. Mientras que, el phylum Mollusca presentó una sola clase con una orden y dos familias, mientras que el phylum Annelida, presentó una clase con una orden y una familia. Los resultados hallados coinciden con los reportados por, Jaico<sup>9</sup> y Carrasco<sup>39</sup>, en trabajos realizados en la provincia de Huamanga hallaron representantes del phylum Artropoda, Mollusca y Annelida, y las clases Insecta, Gastropoda y Oligochaeta, dentro de estas los órdenes Diptera, Plecoptera, Ephemeroptera, Coleoptera, Megaloptera, Trichoptera y Lumnbriculida. En el río estudiado se encontró algunos géneros de los órdenes Plecoptera, Trichoptera y Ephemeroptera. Según Roldan<sup>41</sup>, son considerados como organismos exigentes en cuanto a su hábitat, siendo indicadores de buena calidad de agua, poco capaces de soportar cambios en su medio.

En la Figura 1, se muestra la abundancia relativa de taxones hallados en el río, donde los géneros más abundantes y dominantes de la comunidad macroinvertebrada en el río, fueron *Andesiops* con 27%, *Culoptila* con 17%, *Macrelmis* 15%, *Gen 1* (familia Chironomidae) con 11% y *Pedrowygomiya* 11%, que en su conjunto representan más del 75% del total, esto en razón que dichos géneros se encontraron en todas las zonas de muestreo y durante todo el tiempo de muestreo; mientras los menos abundantes y dominantes fueron: *Smicridae* con 6%, *Metrichia* con 3%, *Leptohyphodes* con 3%, *Leptohyphes* con 2%, el *Gen 1* (familia Physidae) con 2%, *Austrelmis* con 1%, *Baetodes* con 1%, el *Gen 1*

(familia Elmidae) con 1% y *Corydalis* con 1% que en su conjunto representan un poco más del 15% del total, esto en razón que algunos géneros no se encontraron en todas las zonas muestreadas y durante todo el tiempo de muestreo afirmándose que una comunidad biótica, se caracteriza por presentar muchas especies raras y pocas especies abundantes, según la prueba de Kruskal-Wallis la mayoría de los géneros estadísticamente son iguales en abundancia en las seis zonas de muestreo. Henriques-Oliveira *et al*<sup>42</sup>, afirman que la abundancia de macroinvertebrados se debe a que estos presentan flexibilidad en su modo de alimentación para Chironomidos y Merrit-Cummis<sup>43</sup>, para todos los insectos. Sanchez *et. al*<sup>44</sup>, señala que los sitios con poco gradiente altitudinal y similares niveles de perturbación del hábitat (171-107 msnm) muestran una alta similitud (74%-89%). Según Dominguez-Fernandez<sup>38</sup>, la presencia de los géneros *Andesiops* y *Baetodes* en todas las zonas de muestreo posiblemente se deba a que estos organismos presentan relativamente un amplio rango de tolerancia en comparación con otras especies. La mayor abundancia estuvo representada por Ephemeropteros y Dipteros (Chironomidos y Simulidos), Salcedo<sup>6</sup>, señala que esto podría estar causada por el incremento en la concentración de nutrientes, probablemente de los fertilizantes y los derivados de la descomposición de detergentes.

La Figura 2, muestra el IBF (Índice Biológico de Familia) de la comunidad macroinvertebrada bentónica para el río estudiado, en función de las zonas de muestreo, presentando valores muy próximos, así el máximo valor mostrado es mostrado por la zona de muestreo VI con 2,9; respectivamente, mientras que los mínimos por la I, II y IV con 2,5 seguida de la III y V con 2,6; para el índice de IBF. Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis, comparando las seis zonas de muestreo del río estudiado, no se halló significancia estadística ( $p > 0,05$ ), lo que nos indica estadísticamente que las seis zonas de muestreo son iguales, por lo que podemos afirmar que presentan una calidad ambiental similar. Es así, según el gráfico las zonas de muestreo I, II, III, IV, V y VI (río Huatatas) son clasificadas en una calidad ambiental excelente, esto significa que en el río estudiado las zonas de muestreo fueron cercanas por lo cual no se encuentra perturbado por actividades realizadas por el hombre debido a que no hay emisión de aguas residuales, no hay industrias como fábricas, etc. El IBF considera datos cuantitativos (Abundancia de los taxones).

La Figura 3, muestra el índice BMWP (Biological Monitoring Working Party) en

función a las zonas de muestreo, donde los valores máximos mostrados por las zonas I, II y VI con 74,1; 69,8 y 69,6; respectivamente mientras que los valores mínimos mostrados por la IV, III y V con 60,6; 64 y 66,1. Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis, comparando las seis zonas de muestreo del río estudiado, no se halló significancia estadística ( $p > 0,05$ ), lo que nos indica estadísticamente que las seis zonas de muestreo son iguales en cuanto a su calidad de sus aguas; por lo tanto la calidad biológica de las zonas de muestreo (río Huatatas) es Aceptable la cual indica que hay algún grado de perturbación, lo que concuerda con la observación de campo hecha donde se ha determinado que a partir de la segunda zona de muestreo se desarrollan actividad antrópica desde el empleo de áreas aledañas como vivienda centros de recreación, para la agricultura, lugar de pasteo de ganados hasta actividades que se desarrollan en el agua misma como aseo, lavado de autos, motos, ropas y como vehículo para la eliminación de desechos; el índice BMWP considera datos cualitativos (solo considera la presencia del taxón mas no así sus abundancias). Alba-Tercedor<sup>31</sup>, afirman que el índice BMWP, nos permite emitir juicios sobre la situación de la calidad del agua.

La Figura 4, muestra el índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) de la comunidad macroinvertebrada bentónica para el río estudiado, en función a las zonas de muestreo, donde los valores máximos hallados para las zonas de muestreo I, IV y V con 41,9; 41,4 y 38,9 respectivamente y los valores mínimos hallados fueron para las zonas de muestreo II, III y VI con 38,1; 37,4 y 35,3. Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis, comparando las seis zonas de muestreo del río estudiado, no se halló significancia estadística ( $p > 0,05$ ), lo que nos indica estadísticamente que las seis zonas de muestreo son iguales en cuanto a su calidad de sus aguas; por lo tanto la calidad del agua de las zonas de muestreo (río Huatatas) es así que las zonas de muestreo I, II, III, IV, V y VI muestran una calidad regular; esto indica que hay evidencias de contaminación en las aguas del río debido a la actividad antrópica desarrollada alrededor y dentro del mismo como lavado de ropas aseo personal, desechos de heces de animales. Este índice considera datos cualitativos y cuantitativos (considera la diversidad y abundancia de los taxones). El resultado de los tres índices aplicados al presente trabajo son diferentes en cuanto a la calidad del agua, es así que para el Índice Biótico de Familia (IBF) se halló que la calidad del agua es Excelente, para el índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) la calidad del agua fue

aceptable y para el índice Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera la calidad del agua es Regular, estos resultados son diferentes debido a que cada índice toma diferentes formas de cálculos es así que; el Índice Biótico de Familia (IBF), toma datos taxonómicos a nivel de familia, abundancias y los puntajes de tolerancia; el índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), toma datos taxonómicos hasta nivel de familia y requiere solo datos cualitativos (presencia/ausencia) y el índice Ephemeroptera Plecoptera y Trichoptera (EPT), solo toma datos de la presencia y abundancia de estos tres grupos.

En la tabla 9, muestra los valores promedios de las características fisicoquímicas determinados en las seis zonas de muestreo del río estudiado, en donde se registra valores promedios hallados de pH para las seis zonas de muestreo no presentan grandes diferencias; la zona V, III y IV presenta los valores mínimos con 7,86; 7,94 y 7,98 y los máximos las zonas II, I y VI con 8,07 y 8,06 respectivamente, por tanto el pH fue ligeramente básico. Por otro lado, los valores máximos observados en las zonas II, I y VI, probablemente se deba a que sus aguas son empleadas para el aseo (ropa, personal y otros), en los que se hace uso de agente tenso activos (detergentes, jabones, etc.), que esencialmente son sustancias alcalinas. Estos valores están dentro de los límites de supervivencia de los organismos acuáticos.<sup>12</sup> Con respecto a la alcalinidad y dureza total que no son directamente derivados de la descomposición de la materia orgánica, sin embargo están influenciados por la misma, por lo que los valores mínimos hallados fueron para las zonas de muestreo I, II, V y III con 10 mg CaCO<sub>3</sub>/l, 11,2 mg CaCO<sub>3</sub>/l, 12 mg CaCO<sub>3</sub>/l y 12,4 mg CaCO<sub>3</sub>/l y los valores máximos hallados fueron para las zonas de muestreo IV y VI con 13,6 CaCO<sub>3</sub>/l, y 14,8 CaCO<sub>3</sub>/l respectivamente. Roldan y Ramírez<sup>8</sup>, mencionan que los valores de alcalinidad hallados son muy bajos, la alcalinidad representa un principal sistema amortiguador del agua dulce, además representa un papel relevante en la productividad de los cuerpos de agua naturales y sirven como fuente de reserva para la fotosíntesis.<sup>41</sup> En cuanto a la dureza total del agua los valores máximos hallados son 57,2 mg CaCO<sub>3</sub>/l, 56,8 mg CaCO<sub>3</sub>/l y 54 mg CaCO<sub>3</sub>/l para las zonas de muestreo I, III, II y VI y los valores mínimos son 51,6 mg CaCO<sub>3</sub>/l y 49,2 mg CaCO<sub>3</sub>/l para las zonas de muestreo IV y V, respectivamente. Esta característica al estar determinada por la concentración de iones de calcio y magnesio bajo la forma de carbonatos, bicarbonatos (dureza temporal) y sulfatos (dureza permanente). De acuerdo a los valores hallados se consideran que son

aguas medianamente duras. Para el caso de la conductividad eléctrica se registran valores máximos para las zonas de muestreo VI, V, II y IV con 134,2 ( $\mu\text{S/cm}$ ), 126,8 ( $\mu\text{S/cm}$ ), 123,6 ( $\mu\text{S/cm}$ ) y 122,2 ( $\mu\text{S/cm}$ ) y los valores mínimos son I y III con 116,8 ( $\mu\text{S/cm}$ ) y 117,8( $\mu\text{S/cm}$ ) respectivamente. Estos valores altos de conductividad pueden deberse tanto a un aumento en la entrada de sales por escorrentía, como a la concentración por evaporación y la descomposición de materia orgánica (MO), proceso que libera iones<sup>12</sup>; resultados similares fueron reportados por Rivera<sup>45</sup>; los valores de sólidos disueltos totales fluctúan entre 66,8 (mg/l) y 58,6 (mg/l), y se considera dentro de los valores típicos para aguas continentales neotropicales.<sup>12</sup>

## VI. CONCLUSIONES

1. La comunidad macroinvertebrada bentónica del río Huatatas estuvo compuesta por tres phylum: Arthropoda, Mollusca y Annelida; siendo la clase Insecta la más representativa con las órdenes Trichoptera, Diptera, Ephemeroptera, Coleoptera, Megaloptera, Plecoptera; dentro de los cuales se registró 13 familias, Baetidae, Leptophlebiidae, Leptohiphidae, Elmidae, Psephenidae, Glossosomatidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Gripopterygidae, Chironomidae, Simuliidae, Dolichopodidae, Corydalidae, y dentro de estas 19 géneros. En la clase Gastropoda se encontró una orden, Mollusca con las familias Physidae, Limnaeidae con dos géneros, mientras que dentro de la clase Oligochaeta la orden Lumbriculida con la familia Lumbriculidae y un género.
2. Los géneros con los mayores valores de abundancia relativa fueron *Andesiops* (Ephemeroptera), seguida de *Culoptila* (Trichoptera), *Macrelmis* (Coleoptera), *Chironomidae* y *Pedrowygoniia* (Diptera), mientras que los géneros menos abundantes fueron *Psephenus* y *Neoelmis* (Coleoptera).
3. La calidad del biológica del agua del río Huatatas es catalogado de excelente para el Índice Biótico de Familia (IBF), aceptable para el índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) y regular para el índice de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT).





## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Realizar mayores investigaciones de la comunidad macroinvertebrada bentónica en los ríos del departamento de Ayacucho; abarcando más zonas de muestreo, con la finalidad de realizar un inventario a nivel espacial y temporal definiendo claramente los rangos de tolerancia, de modo que los puntajes asignados en los diferentes índice bióticos sean los más cercanos a nuestra realidad.
2. Caracterizar hasta niveles taxonómicos lo más específicos posibles (especies) a los componentes de la comunidad macroinvertebrada bentónica en todos los ríos del Perú, de modo que se tenga información que nos permita comparar su características con los que se pueda obtener en años posteriores.
3. Validar con investigaciones similares los índices bióticos los que permiten determinar la calidad de las aguas, que son comúnmente empleadas en otros países como Colombia, Argentina, Chile entre otros.
4. Realizar investigaciones en el que se determine muchas otras características fisicoquímicas de los ríos y con mayor frecuencia, lo que nos permitirá tener criterios más amplios para el diagnóstico de la calidad biológica de las aguas superficiales mediante el empleo de diferentes índices.



## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Huryn AD & Wallace JB. 2000. Life history and production of stream insects. *Annu. Rev. Entomol.* 45: 83-110.
2. Baptista DF, Buss DF, Dorville LF, Nessimian JL. 2001. Diversity and habitat preference of aquatic insects along longitudinal gradient of the Macae River basin, Rio de Janeiro, Brazil. *Braz. J. Biol.* 61: 249-258.
3. Galdean N, Callisto M, & Barbosa FA. 2001. Biodiversity assessment of benthic macroinvertebrates in altitudinal ecosystems of Serra do Cipo (MG, Brazil). *Braz. J. Biol.* 61: 239-248.
4. Rogers CE, Brabander DJ, Barbour MT, Hemond HF. 2002. Use of physical, chemical, and biological indices to assess impacts of contaminants and physical habitat alteration in urban streams. *Environ. Toxicol. Chem.* 21: 1156-1167.
5. Meza SA, Rubio M. Calidad de agua y composición de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta del río Chinchiná. Colombia. *Caldasia.* 2012; 34(2): 443-456.
6. Salcedo Gustavson S. Macroinvertebrados Bentónicos como indicadores de la calidad de agua en la microcuenca San Alberto, Oxapampa (tesis pre-grado). Perú: Publicaciones y apunte científico, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Pasco Perú; 2013.
7. Medina C, Hora M, Asencio I, Pereda W, Gabriel R. El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), modificado y adaptado a tres microcuencas del Alto Chicama. La Libertad Perú. *Sciéndo.* 2010; 13(2): 15-1.
8. Trama A, Mejía JA. Biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos en el sistema de cultivo de arroz en el sector de muñuela margen derecho en Piura, Perú. *Ecol. Apl.* 2013; 12(2): 149-162.
9. Jaico Huallanay, M. Composición y estructura de la comunidad macroinvertebrada bentónica en los ríos Cachi, Pongora, Cachimayo en la Provincia de Huamanga Ayacucho 2010. (tesis pre-grado). Perú: Publicaciones, Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho Perú; 2011.
10. Bellido Meléndez, J. Larvas de Trichoptera (Artrópoda: Insecta) y características fisicoquímicas de siete ríos del departamento de Ayacucho 2011 (tesis pre-grado) Perú: Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho Perú; 2013.
11. Cavalcanti Muñoz, J. Comunidad macroinvertebrada bentónica e índices bióticos para determinar la calidad biológica en tres ríos del distrito de Kimbiri; La Convención-Cusco 2011 (tesis pre-grado) Perú: Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho Perú; 2014.
12. Roldan Pérez G, Ramírez Restrepo JJ. Fundamentos de Limnología Neotropical. 2ª ed. Colombia: Editorial de la Universidad de Antioquia; 2008.
13. Pomeroy, R; Parks, J; Watson L. Manual de indicadores Naturales y sociales para evaluar la efectividad de la gestión de áreas marinas protegidas.[Internet]. Gland, Suiza, Cambridge, Reino Unido: Portals.iucn.org; 2006- [actualizado el 31 de diciembre de 2010; acceso el 15 de marzo de 2015]. Disponible en: <https://portals.iucn.org/library/efiles/html/PAPS-012-Es/section11-4.html>.
14. Miliarium.com, Indices globales de la calidad de las aguas [Internet]. Madrid : Miliarium.com; 2004- [actualizada el 16 de agosto de 2012; acceso el 7 de enero de 2015]. Disponible en: <http://wwwg.miliarium.com/prontuario/Indices/IndicesCalidadAgua.htm>.

15. Molina X, Vila I. Manual de Evaluación de la Calidad del Agua. Centro Nacional del Medio Ambiente. Santiago, Chile; 2006.
16. Tyller G. Ecología y Medio Ambiente. 8<sup>ava</sup> ed. México: Iberoamericana S.A. 1996.
17. Odum E. Fundamentos de Ecología. 5<sup>ta</sup> ed. México: Interamericana S.A. 2006.
18. Un.org, Decenio Internacional para la acción "El agua fuente de vida" 2005 – 2015, calidad de agua [sede web]. Ontario: un.org; 2015. Disponible en: <http://www.un.org>.
19. Sierra CA. Calidad del agua: evaluación y diagnóstico. 1<sup>ra</sup> ed. Colombia: Bogotá D.C. Digiprint Editores E.U; 2011.
20. Roldan Pérez G. Fundamentos de Limnología Neotropical. Colombia: Editorial Universidad de Antioquia; 1992.
21. Roldan Pérez G. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Colombia: Editorial Universidad de Antioquia; 1988.
22. Nevel Bernard J, Wrigth Richard T. Ciencias ambientales, ecología y desarrollo sostenible. 6<sup>a</sup> ed. México: Prentice Hall; 1999.
23. Margalef López R. Diversidad de especies en las comunidades naturales. Barcelona-España: Publicaciones del Instituto de Biología Aplicada; 1951.
24. Metcalf Henry J. Biological water quality of running waters base on macroinvertebrate communities. Europe: Environm Pollut; 1989.
25. Liebmann H. Handbuch der Frischwasser-und Abwasserbiologie. Vol 1 2<sup>a</sup> ed. Oldenburg Alemania: Jena; 1962.
26. Kolkwitz R, Marsson W.A. Grundsätze für die biologische Beurteilung des Wasser nach seiner Flora and Fauna. Mitt. Prüfungsanst. Wasserversorg. Abwasser ein. 1902; 1: 33-72.
27. Roldan Pérez G. Bioindicadores de la calidad de agua en Colombia: Uso del método BMWP/Col. Colombia: Editorial Universidad de Antioquia; 2003
28. Ghetti P.F, Bonazzi G. I macroinvertebrati nella sorveglianza ecologica dei corsi d'acqua. Italia: CNR; 1981.
29. Leiva, J. Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua en la Cuenca del estero Peu Peu Comuna de Lautaro IX Region de la Araucanía. Tesis para optar el grado académico de Licenciado en Recursos Naturales. Universidad Católica de Temuco. Temuco, Chile. 2004; 120pp.
30. Hilsenhoff W. Evaluación rápida sobre el terreno de la contaminación orgánica con el nivel de Índice Biótico de Familia. Oficial de la América del Norte. Sociedad Entomológica; 1988.
31. Alba- Tercedor J. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA). Almería. 1996; 2:203-213.
32. Fernández H, Domínguez E. Guía para Determinación de los Artrópodos Bentónicos Sudamericanos. Universidad Nacional de Tucumán. Argentina; 2001.
33. Plafkin P, Protocolo para la evaluación en ríos y arroyos utilizando macroinvertebrados bentónicos y peces. Agencia Ambiental de EE. UU. 1989.
34. Campos Gómez I. Saneamiento Ambiental. Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica; 2003.
35. Miller, T. Ecología y Medio Ambiente. Grupo Editorial Iberoamericana, S.A. México; 1994.
36. Cole G. Manual de Limnología. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina; 1988.

37. Margalef R. Limnología. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España; 1983.
38. Dominguez- Fernandez. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y biología. Tucumán: Fundación Miguel Lillo; 2009.
39. Carrasco Badajos, C. Comunidad macroinvertebrada bentónica y su relación con la calidad de agua en cinco ríos de la provincia de Huamanga. Ayacucho 2003 – 2004. Tesis para optar el grado académico de Maestro en Ciencias. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho Perú; 2005.
40. Bispo PC, Froehlich CG, Oliveira LG. Stonefly (Plecoptera) fauna of streams in mountainous áreas of central Brazil: abiotic factors and nymph density. Rev. Bras.Zool. 2002; 19(1): 325-334.
41. Roldan Pérez G. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Colombia: Editorial Universidad de Antioquia; 1996.
42. Henriques AL, Oliveira JL, Nessimian LF. Feeding habits of Chironomid Larvae (Insecta: Diptera) from a stream in the Floresta de Tijuca Rio de Janeiro, Brazil: Brazilian Journal of Biology. 2003; 63(2): 269-281.
43. Merrit KW, Cummis RW, Andrade P. The use of invertebrate functional groups to caracteriza ecosystem attributes in selected streams and rivers in southeast Brazil: Studies on Neotropical Fauna and Evironment. 2005; 40(1): 71-90.
44. Sánchez H. Enfoque ambiental de los problemas del recurso hídrico. Bogotá: Corporación autónoma; 1999.
45. Rivera Usme JJ. Ensamblaje de Macroinvertebrados Acuáticos y su relación con las variables Físicas y Químicas en el Humedal de Jaboque – Colombia. Caldasia. 2013; 35(2): 389-408.



## **ANEXOS**

### Anexo 1.

Valores promedios de la comunidad macroinvertebrada bentónica presente en cada zona de muestreo del río Huatatas. Ayacucho, 2012- 2013.

Géneros	ZONA DE MUESTREO					
	I	II	III	IV	V	VI
<i>Baetodes</i>	0,01	0	0,01	0,01	0	0,02
<i>Andesiops</i>	0,3	0,27	0,32	0,3	0,26	0,14
<i>Camelobaetidius</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Meridialaris</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Leptohyphodes</i>	0,03	0,02	0,03	0,02	0,04	0,03
<i>Leptohyphes</i>	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,02
<i>Macrelmis</i>	0,12	0,22	0,17	0,12	0,13	0,16
<i>Austrelmis</i>	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01
<i>Neelmis</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Elmidae Gen1</i>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
<i>Psephenus</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Culoptila</i>	0,14	0,15	0,13	0,18	0,18	0,21
<i>Metrichia</i>	0,03	0,03	0,03	0,05	0,04	0,02
<i>Smycridae</i>	0,09	0,09	0,05	0,05	0,04	0,05
<i>Claudioperla</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Chironomidae Gen 1</i>	0,09	0,1	0,1	0,11	0,14	0,15
<i>Pedrowygoniia</i>	0,1	0,07	0,12	0,11	0,11	0,12
<i>Dolichopodidae Gen1</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Corydalus</i>	0,01	0	0	0	0,01	0,01
<i>Physidae Gen 1</i>	0,01	0	0,01	0,01	0,02	0,05
<i>Lumbriculus</i>	0	0	0	0	0	0



## Anexo 2.

Prueba de Kruskal-Wallis para la abundancia de géneros de macroinvertebrados bentónicos del río Huatatas. Ayacucho, 2012-2013.

<b>Géneros</b>	<b>Chi-cuadrado</b>	<b>gl</b>	<b>Sig. Asintótica</b>
<i>Baetodes</i>	6,714	5	0,243
<i>Andesiops</i>	7,971	5	0,158
<i>Camelobaetidius</i>	13,096	5	0,022
<i>Meridialaris</i>	4,069	5	0,54
<i>Leptohyphodes</i>	4,136	5	0,53
<i>Leptohyphes</i>	5,179	5	0,394
<i>Macrelmis</i>	9,855	5	0,079
<i>Austrelmis</i>	5,968	5	0,309
<i>Neelmis</i>	0	5	1
<i>Elmidae Gen 1</i>	1,212	5	0,944
<i>Psephenus</i>	0	5	1
<i>Culoptila</i>	2,477	5	0,78
<i>Metrichia</i>	3,762	5	0,584
<i>Smycridae</i>	15,696	5	0,008
<i>Claudioperla</i>	5	5	0,416
<i>Chironomidae Gen1</i>	7,334	5	0,197
<i>Pedrowygomia</i>	3,929	5	0,56
<i>Dolichopodidae Gen 1</i>	0	5	1
<i>Corydalus</i>	8,556	5	0,128
<i>Physidae Gen 1</i>	18,636	5	0,002
<i>Lumbriculus</i>	5	5	0,416

### Anexo 3.

Prueba de Kruskal-Wallis para el Índice Biótico de Familias (IBF) empleados para la comparación de la comunidad macroinvertebrada bentónica de las zonas de muestreo del río Huatatas. Ayacucho, 2012-2013.

#### Rangos

	ZONA DE MUESTREO	N	Rango promedio
Índice IBF	I	10	27,9
	II	10	24,5
	III	10	26,2
	IV	10	28,9
	V	10	34,7
	VI	10	40,8
	Total		60

#### Estadísticos de contraste (a,b)

	Índice IBF
Chi-cuadrado	6,149
gl	5
Sig. Asintótica	0,292

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Zona de muestreo

#### Anexo 4.

Prueba de Kruskal-Wallis para el Índice Biological Monitoring Working Parting (BMWP) empleados para la comparación de la comunidad macroinvertebrada bentónica de las zonas de muestreo del río Huatatas. Ayacucho, 2012-2013.

#### Rangos

	ZONA DE MUESTREO	N	Rango promedio
Índice BMWP	I	10	41,7
	II	10	33,8
	III	10	26,1
	IV	10	19,7
	V	10	27,25
	VI	10	34,45
	Total		60

#### Estadísticos de contraste (a,b)

	Índice BMWP
Chi-cuadrado	9,877
GI	5
Sig. Asintótica	0,079

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Zona de muestreo

### Anexo 5.

Prueba de Kruskal-Wallis para el Índice Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT) empleados para la comparación de la comunidad macroinvertebrada bentónica de las zonas de muestreo del río Huatatas. Ayacucho, 2012-2013.

#### Rangos

	ZONA DE MUESTREO	N	Rango promedio
Índice EPT	I	10	35,4
	II	10	28,3
	III	10	25,2
	IV	10	38,6
	V	10	30,5
	VI	10	25
	Total		60

#### Estadísticos de contraste (a,b)

	Índice EPT
Chi-cuadrado	5,01
G1	5
Sig. Asintótica	0,415

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Zona de muestreo

### Anexo 6.

Prueba de Kruskal-Wallis para las características fisicoquímicas empleados para la comparación de las de aguas de las zonas de muestreo del río Huatatas. Ayacucho, 2012-2013.

**Estadísticos de contraste (a,b)**

	<b>Chi-cuadrado</b>	<b>gl</b>	<b>Sig. asintótica</b>
pH	0,697	5	0,983
Alcalinidad (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	5,349	5	0,375
Dureza Total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	1,143	5	0,95
Dureza Cálcica (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	1,664	5	0,893
Dureza Magnésica (mg MgCO <sub>3</sub> /L)	1,301	5	0,935
Cloruros (mg Cl/L)	0,388	5	0,996
Nitrógeno A. (mg NO <sub>3</sub> /L)	6,071	5	0,299
Conductividad (μS/cm)	1,325	5	0,932
S.T.D (mg/L)	1,32	5	0,933

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Zona de muestreo

### **Anexo 7.**

Vista panorámica del río Huatatas (Zona de muestreo 1). Ayacucho, 2012-2013.



Vista panorámica del río Huatatas (Zona de muestreo 3). Ayacucho, 2013.





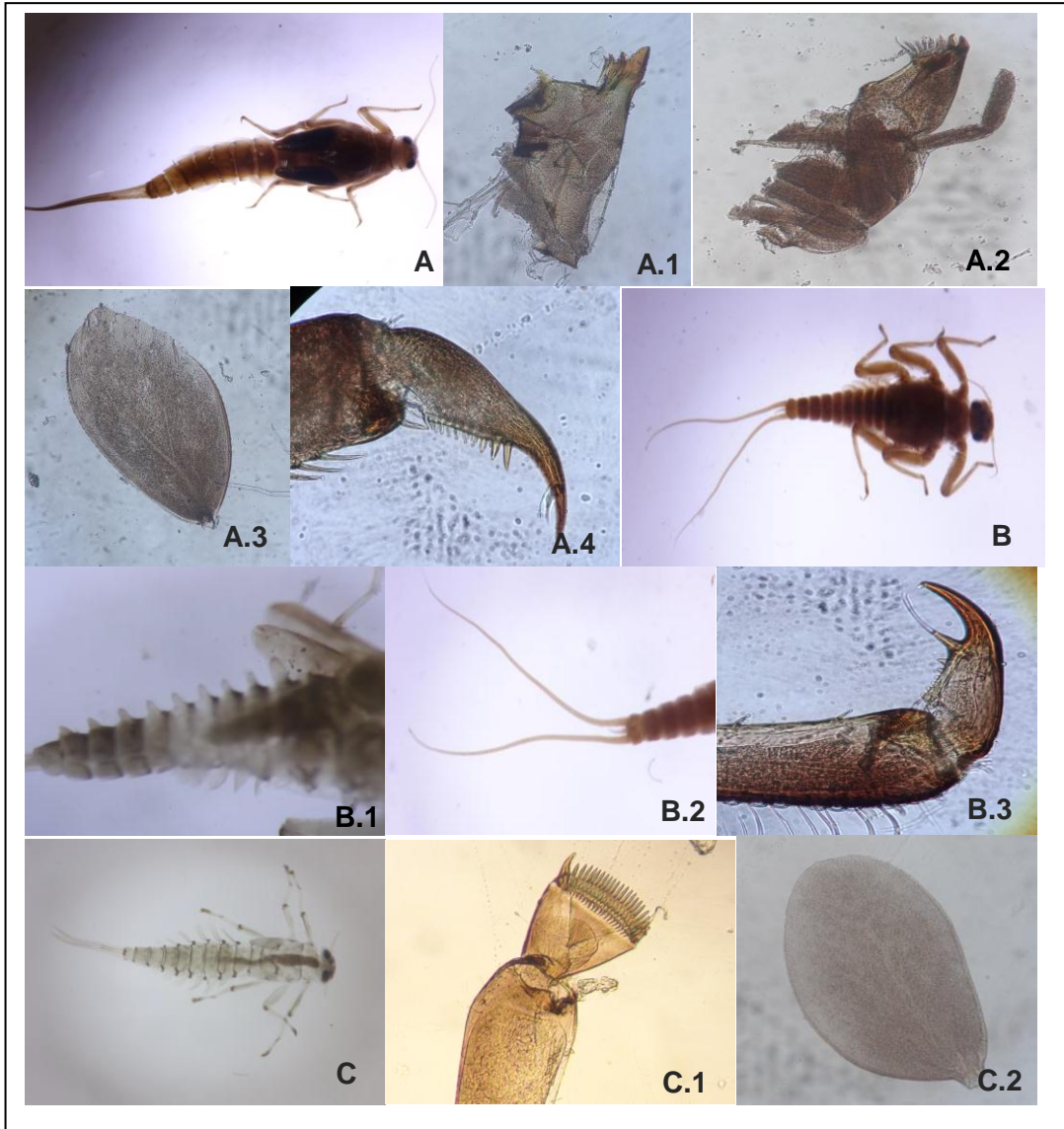
Vista panorámica del río Huatatas (zona de muestreo 5). Ayacucho, 2012-2013.





## Anexo 8.

Características taxonómicas del orden Ephemeroptera, familia Baetidae Ayacucho 2012-2013.

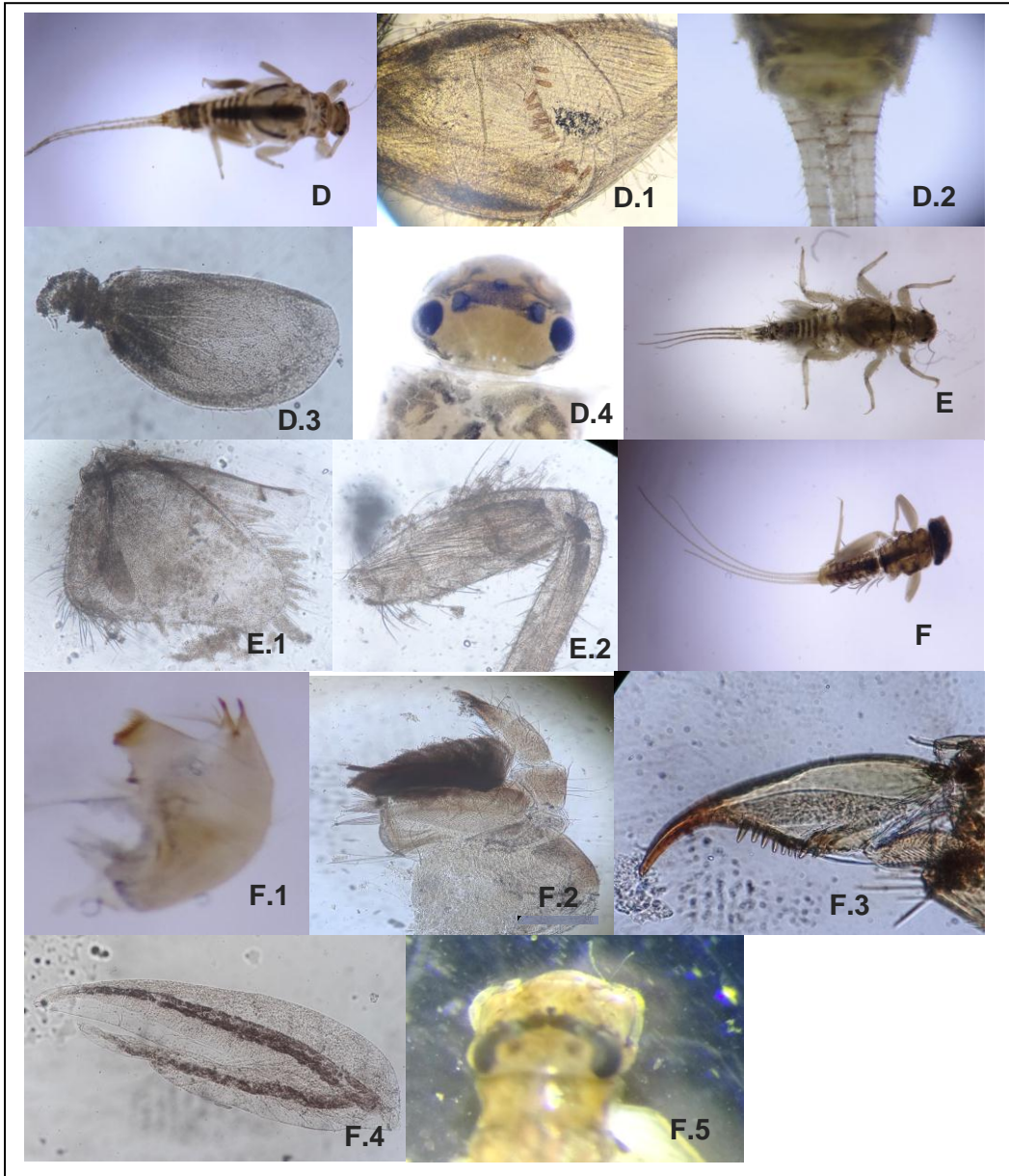


Leyenda:

Género *Andesiops*: A, náyade; A.1, mandíbula; A.2 uña tarsal con un par de setas débiles; A.3, caninos maxilares; A.4, branquia opercular. Género *Baetodes*: B, náyade; B.1, Segmentos abdominales; B.2, Filamento caudal, B.3, uñas tarsales aguzadas hasta el ápice. Género *Camelobaetidius*: C, náyade; C.1, uñas tarsales espatuladas; C.2, branquia opercular.

## Anexo 9.

Características taxonómicas del orden Ephemeroptera familia Leptohiphidae y Leptophlebiidae. Ayacucho 2012-2013.

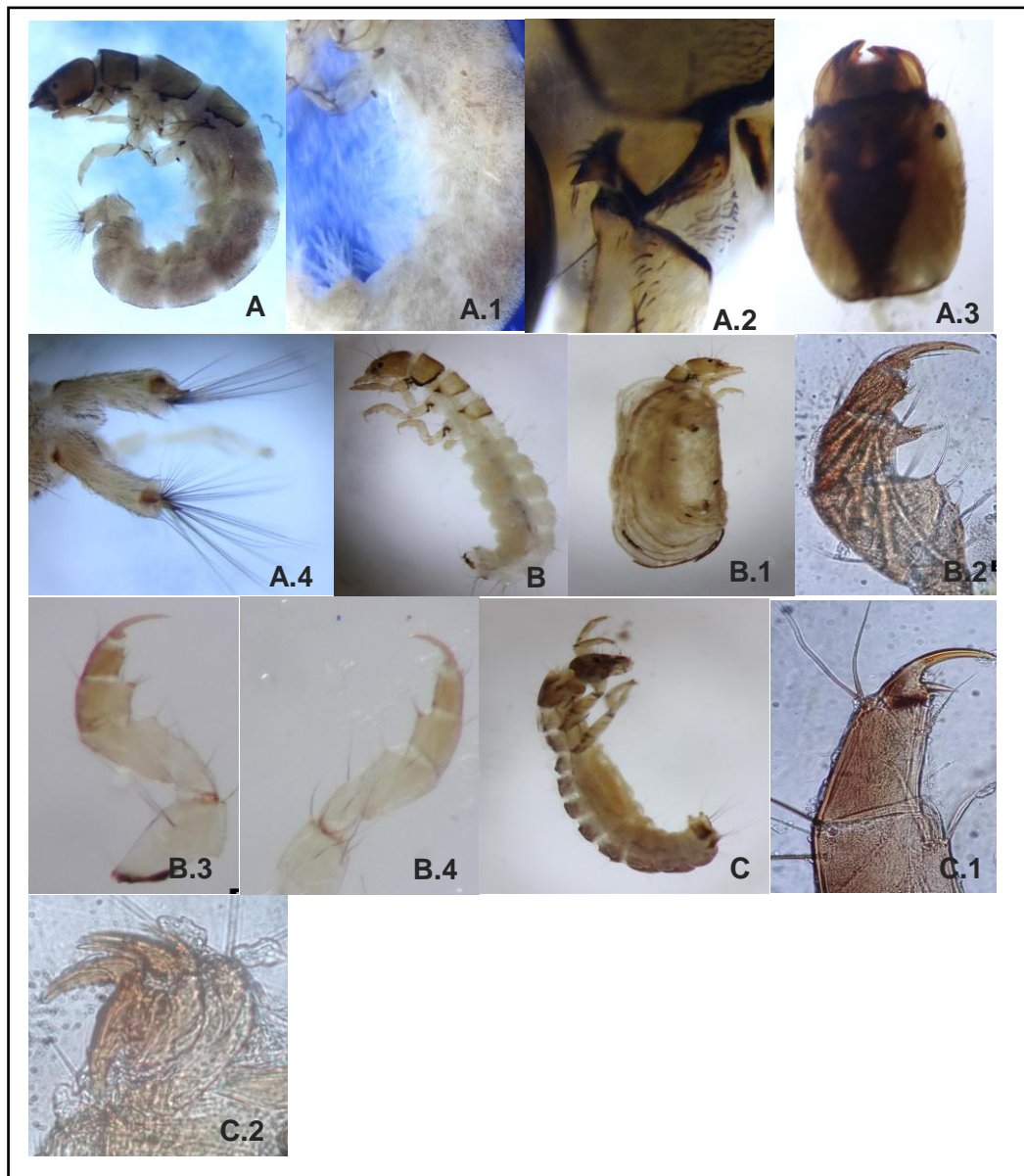


Leyenda:

Género *Leptohyphes*: D, náyade; D.1 fémures anteriores con hilera transversa de espinas; D.2, filamentos caudales con una línea transversal; D.3, branquia opercular suboval; D.4, ojos pequeños del macho. Género *Leptohyphodes*: E, náyade; E.1, branquias operculares subtriangulares; E.2, fémures anteriores con setas largas. Género *Meridialaris*: F, náyade; F.1, mandíbula con una protuberancia redondeada; F.2, labium; F.3, denticulos de las uñas tarsales; F.4, branquias con la tráquea principal pigmentada; F.5 cabeza con mandíbulas.

## Anexo 10.

Características taxonómicas del orden Trichoptera. Ayacucho, 2012-2013.



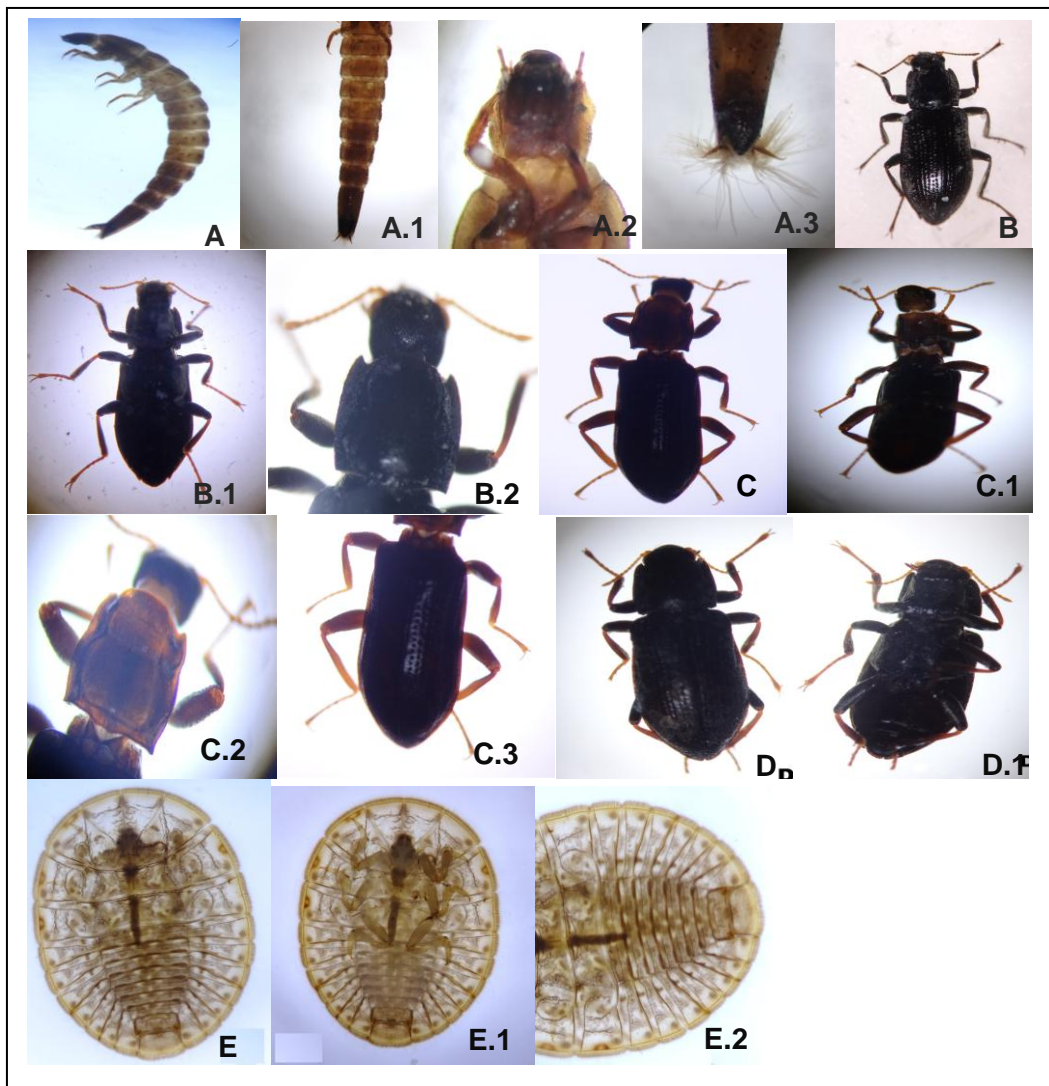
### Leyenda

Género *Smicridae*: A, larva; A.1, branquias abdominales; A.2, trocantín, A.3, cabeza vista dorsal pseudopata anal; Género *Metrichia*: B, larva; B.1 larva dentro del capullo; B.2, pata anterior; B.3, pata media; B.4, pata posterior; Género *Culoptila*: C, larva; C.1, pata anterior; C.2, pseudopata anal.



## Anexo 11.

Características taxonómicas del orden Coleoptera. Ayacucho, 2012-2013.

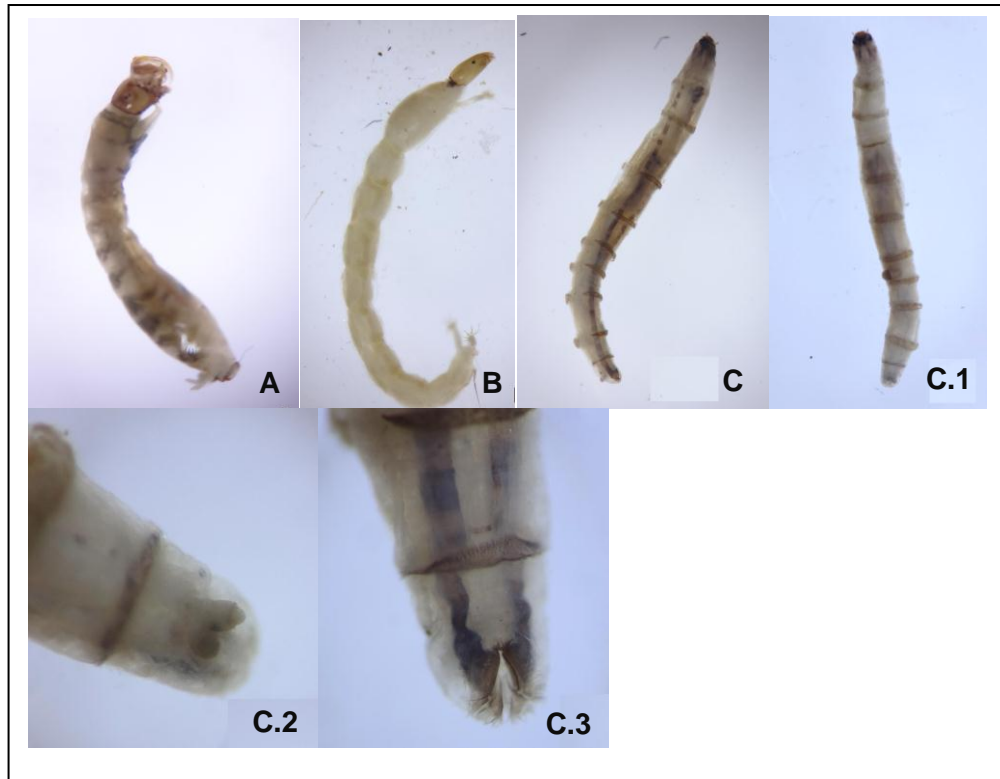


Leyenda:

Género *Macrelmis*: A, larva; A.1, abdomen con suturas pleurales; A.3, región anterior de la cabeza con un diente grande; A.4, ápice abdominal. Género *Austrelmis*: B, Adulto vista dorsal; B.1, adulto vista ventral; B.2, cabeza proganata y antenas filiformes. Género *Neoelmis*: C, adulto vista dorsal; C.1, adulto vista ventral; C.2, depresión transversal; C.3, carenas laterales en el élitro. Género 1: D, adulto vista dorsal; D.1, vista ventral; Género *Psephenus*: E, larva vista dorsal; E.1, vista ventral, E.2, segmento abdominal VIII sin expansiones.

## Anexo 12.

Características taxonómicas del orden Diptera. Ayacucho, 2012-2013.



Leyenda:

Género *Pedrowygotiia* Gen 1: A, larva. Género *Chironomidae*: B, larva. Género *Dolichopodidae* Gen 1: C. larva vista dorsal; C.1, larva vista ventral; C.2, espiráculos posteriores; C.3, ronchas ventrales transversales.

### Anexo 13.

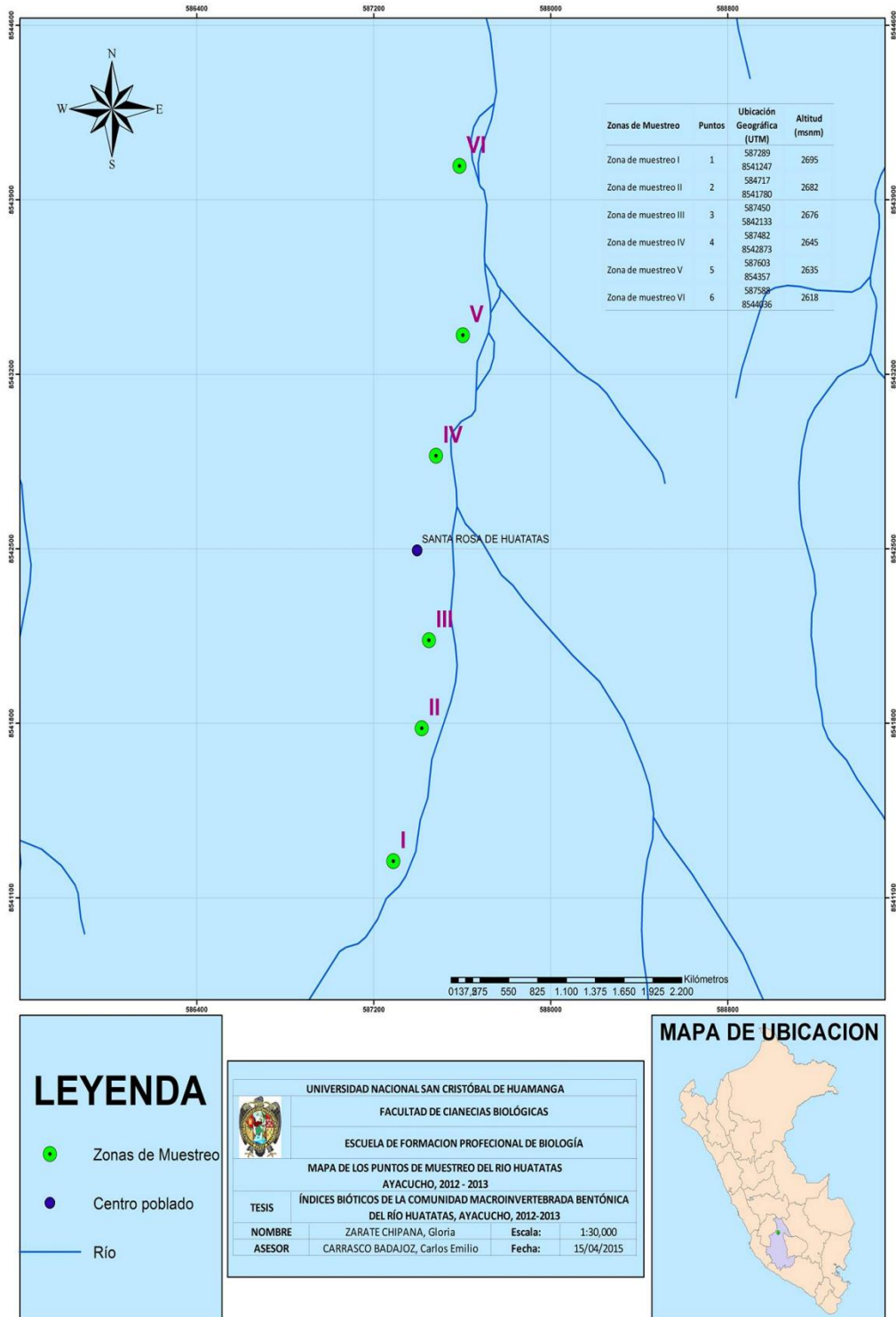
Características taxonómicas de los órdenes Plecoptera, Megaloptera, Mollusca y Oligochaeta, Ayacucho 2012-2013.



Leyenda:

Género *Claudioperla*: A, náyade; A.1, tergos abdominales con espinas; A.2, ocelos; A.3, branquias. Género *Corydalus*: larva; B.1, propata; B.2, pronoto pardo claro a oscuro; B.3, branquias abdominales. Género *Limnaea*: C, conchilla dextrógira. Género *Phisidae Gen1*: D, conchilla levógira. Género *Lumbriculida*: E, adulto; segmentos anillados.

## Anexo 14. Mapa de ubicación de las zonas de muestreo.



## Anexo 15. Matriz de consistencia

<b>TITULO:</b> Índices bióticos de la comunidad macroinvertebrada en la calidad ambiental del agua del río Huatatas. Ayacucho, 2012-2013.					
<b>AUTOR:</b> Bach. Gloria Zarate Chipana			<b>ASESOR:</b> Dr. Carlos Emilio Carrasco Badajoz		
<b>TITULO</b>	<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS:</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>VARIABLES E INDICADORES</b>	<b>METODOLOGÍA</b>
<p>Índices Bióticos de la comunidad macroinvertebrada en la calidad del agua del río Huatatas, Ayacucho, 2012-2013.</p>	<p>Los ecosistemas loticos, son los que proveen de agua a la población y son usadas como (riego, agua para bebida de animales, etc.), tal es el caso del río Huatatas que es empleado por los habitantes de la ciudad de Ayacucho, siendo relegado a un segundo plano como medio para la supervivencia de otros organismos. Más aún, cuando se observa el gran incremento de nuevos productos contaminantes que el hombre incorpora al agua de los ríos, que alteran sus características ambientales y consecuentemente su aptitud para soportar la presencia de comunidades biológicas. La acción del hombre está afectando la calidad de dichas aguas, lo que está repercutiendo negativamente en la disponibilidad de dicho recurso. Por lo que es importante realizar constantemente el monitoreo de la calidad físico químico, los que se basan en un conjunto de técnicas rutinarias y puntuales para determinar su calidad. Otros métodos para poder determinar la calidad ambiental, están basados en la determinación de la composición y estructura de las comunidades acuáticas que habitan en los ecosistemas estudiados y que se traducen en un conjunto de índices como el BMWP (Biological Monitoring Working Party), IBF (Índice Biótico de Familia) y EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) que emplea a la comunidad macroinvertebrada bentónica.</p>	<p><b>GENERALES:</b> Evaluar la calidad ambiental mediante el empleo de la comunidad macroinvertebrada bentónica en el río Huatatas provincia de Huamanga departamento de Ayacucho, entre los meses de setiembre a enero del 2012-2013.</p> <p><b>ESPECÍFICOS:</b> Determinar la composición (géneros y/o especies) de la comunidad macroinvertebrada bentónica en el río Huatatas.</p> <p>Determinar la estructura (abundancia relativa) de los componentes de la comunidad macroinvertebrada bentónica en el río Huatatas.</p> <p>Estimar la calidad ambiental mediante los índices Biótico de Familia (IBF) y BMWP (Biological Monitoring Working Party) y EPT (Ephemeroptera-Plecoptera y trichoptera) basado en la comunidad macroinvertebrada bentónica del río Huatatas.</p>	<p>Contaminación y calidad del agua.</p> <p>Macroinvertebrados .</p> <p>Los sistemas de bioindicación.</p> <p>Índices para estimar la calidad biológica del agua.</p> <p>Calidad fisicoquímica del agua.</p>	<p><b>VARIABLE EN ESTUDIO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comunidad macroinvertebrada bentónica</li> </ul> <p>Indicadores: Composición (géneros y/o especies) Estructura (abundancia relativa)</p> <p><b>SUB VARIABLES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Índices bióticos: Indicadores: Índices bióticos BMWP (Biological Monitoring Working Party), IBF (Índice Biótico de Familia) y EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trychoptera).</li> <li>• Calidad física de las aguas.</li> </ul> <p>Indicadores: conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Calidad química de las aguas.</li> </ul> <p>Indicadores: Alcalinidad total, dureza total, pH, salinidad, dióxido de carbono.</p>	<p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b> Básica</p> <p><b>NIVEL DE INVESTIGACION</b> Descriptiva</p> <p><b>MÉTODO:</b> Descriptivo</p> <p><b>DISEÑO:</b> Descriptivo</p> <p><b>MUESTREO:</b> Población Comunidad macroinvertebrada bentónica y agua del río Huatatas ubicado en la Provincia de Huamanga Departamento de Ayacucho.</p> <p><b>TÉCNICAS:</b> Observación</p> <p><b>INSTRUMENTOS:</b> estereoscopio Red Surber Ficha de campo</p>