

**UNIVERSIDAD DE HUANUCO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**TESIS**

---

**“Evaluación comparativa del análisis de calidad de agua haciendo  
uso del índice biótico andino en tres ríos de la ciudad Huánuco  
2022”**

---

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA  
AMBIENTAL**

**AUTORA: Fabian Mariño, Ruddy Jazmín**

**ASESOR: Zacarias Ventura, Héctor Raúl**

**HUÁNUCO – PERÚ**

**2022**

U

D

H



**UDH**  
UNIVERSIDAD DE HUANUCO  
<http://www.udh.edu.pe>

**TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

- Tesis ( X )
- Trabajo de Suficiencia Profesional ( )
- Trabajo de Investigación ( )
- Trabajo Académico ( )

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Contaminación Ambiental  
**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN** (2020)

**CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:**

**Área:** Ingeniería, Tecnológica

**Sub área:** Ingeniería ambiental

**Disciplina:** Ingeniería ambiental y geológica

**DATOS DEL PROGRAMA:**

Nombre del Grado/Título a recibir: Título  
Profesional de Ingeniera ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

- Propio ( X )
- UDH ( )
- Fondos Concursables ( )

**DATOS DEL AUTOR:**

Documento Nacional de Identidad (DNI): 47010085

**DATOS DEL ASESOR:**

Documento Nacional de Identidad (DNI): 22515329

Grado/Título: Doctor en ciencias de la educación

Código ORCID: 0000-0002-7210-5675

**DATOS DE LOS JURADOS:**

| Nº | APELLIDOS Y NOMBRES                | GRADO                                                                                  | DNI      | Código ORCID        |
|----|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------------|
| 1  | Cámara Llanos,<br>Frank Erick      | Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria | 44287920 | 0000-0001-9180-7405 |
| 2  | Morales Aquino,<br>Milton Edwin    | Maestro en ingeniería, con mención en: gestión ambiental y desarrollo sostenible       | 44342697 | 0000-0002-2250-3288 |
| 3  | Valdivia Martel,<br>Perfecta Sofía | Maestro en Ingeniería con mención en: gestión ambiental y desarrollo sostenible        | 43616954 | 0000-0002-7194-3714 |



# UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

## Facultad de Ingeniería

### PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

#### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO (A) AMBIENTAL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 14:30 horas del día 25 del mes de NOVIEMBRE del año 2022, en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el Jurado Calificador integrado por los docentes:

Mg. FRANK ERICK CAMARA LANOS (Presidente)

Mg. MILTON EDWIN MORALES AQUINO (Secretario)

Mg. PERFECTA SOFIA VALDIVIA MARTEL (Vocal)

Nombrados mediante la Resolución N° 2333-2022-D-FI-UDH para evaluar la Tesis intitulada:

"EVALUACION COMPARATIVA DEL ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA HACIENDO USO DEL INDICE BIOTICO ANDINO EN TRES RIOS DE LA CIUDAD HUÁNUCO 2022"

....., presentada por el (la) Bachiller PUDDY JAZMIN FABIAN MARIÑO, para optar el Título Profesional de Ingeniero (a) Ambiental

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo (a) APROBADA por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 15 y cualitativo de BUENO (Art. 47)

Siendo las 15:30 horas del día 25 del mes de NOVIEMBRE del año 2022, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

  
Presidente

  
Secretario

  
Vocal



## UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Yo, HÉCTOR RAÚL ZACARIAS VENTURA asesor del PA. de INGENIERIA y designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN No 1952-2022-D-FI-UDH del 3 de OCTUBRE del 2022; del Bachiller FABIAN MARIÑO, Ruddy Jazmin, de la investigación titulada; “EVALUACION COMPARATIVA DEL ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA HACIENDO USO DEL ÍNDICE BIÓTICO ANDINO EN TRES RIOS DE LA CIUDAD HUÁNUCO 2022”

Puedo constar que **ha pasado por segunda vez la similitud del 25%**, verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Antiplagio Turnitin. Cabe recalcar que se tuvieron las siguientes consideraciones: se excluyó fuentes menores a 15 palabras y la bibliografía para disminuir el porcentaje.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 28 de NOVIEMBRE del 2022

ZACARIAS VENTURA, Héctor Raúl

DNI N° 22515329

Código Orcid N° 0000-0002-7210-5675

## segunda revision

### INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

25%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1

[repositorio.udh.edu.pe](http://repositorio.udh.edu.pe)

Fuente de Internet

18%

2

[www.studocu.com](http://www.studocu.com)

Fuente de Internet

<1 %

3

[amigosdanatureza.org.br](http://amigosdanatureza.org.br)

Fuente de Internet

<1 %

4

[docplayer.es](http://docplayer.es)

Fuente de Internet

<1 %

5

Submitted to Webster University

Trabajo del estudiante

<1 %

6

[repositoriosiidca.csuca.org](http://repositoriosiidca.csuca.org)

Fuente de Internet

<1 %

7

[renatiqa.sunedu.gob.pe](http://renatiqa.sunedu.gob.pe)

Fuente de Internet

<1 %

8

[revistas.cientifica.edu.pe](http://revistas.cientifica.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

9

[repositorio-aberto.up.pt](http://repositorio-aberto.up.pt)

Fuente de Internet

<1 %

ZACARIAS VENTURA, Héctor Raúl

DNI N° 22515329

Código Orcid N° 0000-0002-7210-5675

## **DEDICATORIA**

El siguiente trabajo de investigación lo dedico a mis padres Manuel FabianBravo y Yenny Mariño Vidal, mi hermano Anthony Fabian Mariño y a mi compañero de vida que con su ayuda y mi perseverancia tuve la fortalezay seguridad para seguir mi camino y no tropezar, fueron de gran ayuda en toda la elaboración de mi tesis, al mismo tiempo a mis jurados que mediante sus observaciones han logrado inculcar en mí el comportamiento investigativo.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi alma mater la universidad de Huánuco, quien durante toda mi vida profesional me enseñó el correcto desempeño a seguir en mi carrera profesional; a mis padres que me dieron la vida y a dios a quien le debo el motivo de mi existencia.

## ÍNDICE

|                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| DEDICATORIA .....                                                      | II  |
| AGRADECIMIENTOS.....                                                   | III |
| ÍNDICE.....                                                            | IV  |
| ÍNDICE DE TABLAS .....                                                 | VII |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....                                                | IX  |
| RESUMEN .....                                                          | X   |
| ABSTRACT .....                                                         | XII |
| INTRODUCCIÓN .....                                                     | XIV |
| CAPITULO I.....                                                        | 14  |
| PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....                                      | 14  |
| 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....                   | 14  |
| 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....                                    | 15  |
| 1.2.1. PROBLEMA GENERAL .....                                          | 15  |
| 1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO.....                                        | 15  |
| 1.3. OBJETIVO GENERAL .....                                            | 16  |
| 1.4. OBJETIVO ESPECIFICO .....                                         | 16  |
| 1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....                           | 16  |
| 1.6. LIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....                              | 18  |
| 1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....                               | 18  |
| CAPITULO II.....                                                       | 19  |
| MARCO TEORICO .....                                                    | 19  |
| 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....                            | 19  |
| 2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES .....                              | 19  |
| 2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES .....                                   | 21  |
| 2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.....                                       | 24  |
| 2.2. BASES TEÓRICAS .....                                              | 27  |
| 2.2.1. CARACTERÍSTICAS DE MACROINVERTEBRADOS.....                      | 27  |
| 2.2.2. GRUPOS FUNCIONALES TRÓFICOS DE<br>MACROINVERTEBRADOS (GFT)..... | 27  |
| 2.2.3. CALIDAD DE HÁBITAT DE LOS RÍOS .....                            | 29  |
| 2.2.4. CALIDAD DE AGUA.....                                            | 30  |
| 2.2.5. MACROINVERTEBRADOS .....                                        | 30  |

|                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.2.6. MODOS DE VIDA DE LOS MACROINVERTEBRADOS .....                                                           | 31 |
| 2.3. DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES ÓRDENES DE<br>MACROINVERTEBRADOS .....                                     | 34 |
| 2.3.1. RESPUESTA DE LAS COMUNIDADES DE<br>MACROINVERTEBRADOS A LA CONTAMINACIÓN .....                          | 41 |
| 2.4. DEFINICIONES CONCEPTUALES .....                                                                           | 42 |
| 2.5. SISTEMA DE HIPÓTESIS .....                                                                                | 44 |
| 2.5.1. HIPÓTESIS GENERAL .....                                                                                 | 44 |
| 2.6. SISTEMA DE VARIABLES .....                                                                                | 44 |
| 2.6.1. VARIABLE CARACTERIZACIÓN .....                                                                          | 44 |
| 2.6.2. VARIABLE INTERÉS .....                                                                                  | 44 |
| 2.7. CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....                                                           | 45 |
| CAPITULO III .....                                                                                             | 46 |
| MARCO METODOLOGICO .....                                                                                       | 46 |
| 3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....                                                                               | 46 |
| 3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....                                                                             | 46 |
| 3.1.2. ENFOQUE .....                                                                                           | 46 |
| 3.1.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN .....                                                                            | 46 |
| 3.1.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....                                                                           | 46 |
| 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA .....                                                                                 | 47 |
| 3.2.1. POBLACIÓN .....                                                                                         | 47 |
| 3.2.2. MUESTRA .....                                                                                           | 47 |
| 3.2.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE<br>DATOS .....                                                | 48 |
| 3.2.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE<br>INFORMACIÓN .....                                       | 50 |
| CAPITULO IV .....                                                                                              | 51 |
| RESULTADOS .....                                                                                               | 51 |
| 4.1. PROCESAMIENTOS DE DATOS .....                                                                             | 51 |
| FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS Y NÚMERO DE<br>INDIVIDUOS POR MUESTREO EN EL RIO HUANCACHUPAC<br>(PUNTOS) ..... | 55 |
| 4.2. BIODIVERSIDAD DE LOS RÍOS EVALUADOS .....                                                                 | 59 |

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| 4.3. CALIDAD DE AGUA SEGÚN PUNTO DE MONITOREO EVALUADO ..... | 62 |
| 4.4. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS..      | 65 |
| CAPITULO V.....                                              | 66 |
| DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....                             | 66 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                         | 69 |
| 5.1. CONCLUSIONES .....                                      | 69 |
| RECOMENDACIONES.....                                         | 72 |
| REFERENCIAS .....                                            | 73 |
| ANEXOS.....                                                  | 77 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1 Lugar para monitorear la población de macroinvertebrados .....                               | 47 |
| Tabla 2 Familias Identificados en el rio Higueras Punto 1 .....                                      | 51 |
| Tabla 3 Familias Identificados en el rio Higueras Punto 2 .....                                      | 51 |
| Tabla 4 Familias Identificados en el rio Higueras Punto 3 .....                                      | 52 |
| Tabla 5 Familias Identificados en el rio Higueras Punto 4 .....                                      | 52 |
| Tabla 6 Familias Identificados en el rio Higueras Punto 5 .....                                      | 52 |
| Tabla 7 Familias Identificados en el rio Higueras Punto 6 .....                                      | 53 |
| Tabla 8 Familias Identificados en el rio Huallaga Punto 1 .....                                      | 53 |
| Tabla 9 Familias Identificados en el rio Huallaga Punto 2 .....                                      | 53 |
| Tabla 10 Familias Identificados en el rio Huallaga Punto 3 .....                                     | 54 |
| Tabla 11 Familias Identificados en el rio Huallaga Punto 4 .....                                     | 54 |
| Tabla 12 Familias Identificados en el rio Huallaga Punto 5 .....                                     | 54 |
| Tabla 13 Familias Identificados en el rio Huallaga Punto 6 .....                                     | 55 |
| Tabla 14 Familias Identificados en el rio Huancachupac Punto 1 .....                                 | 55 |
| Tabla 15 Familias Identificados en el rio Huancachupac Punto 2.....                                  | 56 |
| Tabla 16 Familias Identificados en el rio Huancachupac Punto 3.....                                  | 56 |
| Tabla 17 Familias Identificados en el rio Huancachupac Punto 4.....                                  | 57 |
| Tabla 18 Familias Identificados en el rio Huancachupac Punto 5.....                                  | 57 |
| Tabla 19 Familias Identificados en el rio Huancachupac Punto 6.....                                  | 58 |
| Tabla 20 Resultado de la Diversidad biológica con el Índice de Shannon para<br>Rio Huancachupac..... | 59 |
| Tabla 21 Resultado de la Diversidad biológica con el Índice de Shannon para<br>Rio Higueras. ....    | 60 |
| Tabla 22 Resultado de la Diversidad biológica con el Índice de Shannon para<br>Rio Huallaga. ....    | 61 |

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 23 Índice Biótico Andino para el Rio Higueras .....      | 62 |
| Tabla 24 Índice Biótico Andino para el Rio Huallaga .....      | 63 |
| Tabla 25 Índice Biótico Andino para el Rio Huancachupac .....  | 64 |
| Tabla 26 comparativa de las 3 fuentes superficiales .....      | 65 |
| Tabla 27 Familias identificadas en los ríos monitoreados:..... | 70 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 Ciclo de vida de Neuson .....                                    | 32 |
| Figura 2 Características de los Nectonicos.....                           | 33 |
| Figura 3 Ciclo de vida de los Bentos.....                                 | 33 |
| Figura 4 Ciclo de vida de las Efímeras .....                              | 34 |
| Figura 5 Ciclo de vida de los Tricopteros .....                           | 35 |
| Figura 6 Ciclo de vida de orden plecóptera .....                          | 36 |
| Figura 7 Ciclo de vida de los odonatos .....                              | 38 |
| Figura 8 Características de los megalopteros según sus estadios de vida.. | 40 |

## RESUMEN

La investigación titulada "Evaluación comparativa del análisis de calidad de agua haciendo uso del índice biótico andino en tres Ríos de la ciudad de Huánuco 2022" fue desarrollado en los meses de mayo, junio y Julio del año 2022 y tuvo como **objetivo** general comparar la calidad de agua mediante el uso del índice biótico andino entre Ríos de la ciudad; los ríos fueron: el Huallaga el Huancachupa y el río Higueras. La metodología que se empleó para lograr el objetivo del estudio fue la siguiente; se trabajó un tipo de investigación sin intervención con un enfoque cuantitativo, el nivel de investigación es descriptivo ya que se verificó la situación del agua haciendo uso de invertebrados en un área geográfica determinada. El diseño que se empleó fue el de tipo transeccional, observacional ya que se recopilaron datos en un único momento; la población estuvo comprendida por la biodiversidad de los Bentos de los tres Fuentes superficiales en estudio y las muestras que se describieron fueron recolectadas de 18 puntos que están descritos en la tabla 1 de la investigación. El muestreo y recolección de macroinvertebrados se realizó de acuerdo a los métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas guía del MINAN propuesta en el año 2014 para la evaluación de Bentos. Se obtuvo los siguientes **resultados** como objetivo específico se evaluó la biodiversidad a través del índice de Shannon lo cual demostró la existencia de una baja biodiversidad con un promedio de 1.78 para el río Huallaga; una biodiversidad baja de 1.9 para el río Higueras y una biodiversidad de 2.29 que indica equilibrio para el río Huancachupa, haciendo una comparativa entre los Tres Ríos se evidencio que el río Huancachupa es el que cuenta con mayor biodiversidad en equilibrio tras el análisis de los tres lugares de estudio; al verificar la calidad del agua según el índice biótico andino se encontró lo siguiente: para el río Higueras en 5 puntos de análisis se encontró que la condición de las familias daban lugar a una agua de buena calidad solo 1 punto reporto la condición de regular calidad de agua. Para el río Huallaga la condición en la que se encontraron los macroinvertebrados fue mala para los 6 puntos de muestreo; lo que indicó una mala calidad de agua y a la vez una baja biodiversidad biológica en esos puntos. Finalmente, los resultados para el río Huancachupa fueron los más alentadores

encontrándose en 1 punto de muestreo una condición excelente de calidad y los 5 puntos con una condición de buena y óptima, la biodiversidad en este punto se encuentra en equilibrio en relación a los otros dos ríos. La investigación **concluye** que gracias a los macroinvertebrados bentónicos se puede verificar de manera cuantitativa identificando y contabilizando las familias de las especies visualizadas que el río Huancachupa tuvo mejor calidad de agua, seguido del río Higuera y de una pésima calidad para el Río Huallaga.

**Palabras clave:** calidad de agua, índice biótico andino, biodiversidad, índice de Shannon, biodiversidad.

## **ABSTRACT**

The research entitled "Comparative evaluation of the analysis of water quality using the Andean biotic index in three rivers of the city of Huánuco 2022" was developed in the months of May, June and July of the year 2022 and had the general objective of comparing the quality of water through the use of the Andean biotic index between rivers of the city; the rivers were: the Huallaga the Huancachupa and the Higuera river. The methodology used to achieve the objective of the study was as follows; a type of research was carried out without intervention with a quantitative approach, the level of research is descriptive since the situation of the water was verified using invertebrates in a certain geographical area. The design that was used was the transectional, observational type since data was collected in a single moment; the population was comprised of the biodiversity of the Benthos of the three surface sources under study and the samples that were described were collected from 18 points that are described in table 1 of the investigation. The sampling and collection of macroinvertebrates was carried out according to the methods of collection, identification and analysis of biological communities guide of the MINAN proposed in 2014 for the evaluation of Benthos. The following results were obtained as a specific objective, biodiversity was evaluated through the Shannon index, which demonstrated the existence of low biodiversity with an average of 1.78 for the Huallaga River; a low biodiversity of 1.9 for the Higuera River and a biodiversity of 2.29 that indicates balance for the Huancachupa River, making a comparison between the Three Rivers it was shown that the Huancachupa River is the one with the greatest biodiversity in balance after the analysis of the three study places; When verifying the quality of the water according to the Andean biotic index, the following was found: for the Higuera river in 5 analysis points it was found that the condition of the families gave rise to good quality water, only 1 point reported the condition of regular quality of water. For the Huallaga River, the condition in which the macroinvertebrates were found was poor for the 6 sampling points; which indicated a poor quality of water and at the same time a low biological diversity in those points. Finally, the results for the Huancachupa river were the most encouraging, finding an excellent quality

condition at 1 sampling point and the 5 points with a good and optimal condition, the biodiversity at this point is in balance in relation to the other two rivers. The research concludes that, thanks to benthic macroinvertebrates, it can be quantitatively verified by identifying and accounting for the families of the visualized species that the Huancachupa River had better water quality, followed by the Higuera River and poor quality for the Huallaga River.

Keywords: water quality, Andean biotic index, biodiversity, Shannon index, biodiversity.

## INTRODUCCIÓN

El trabajo presentado aborda una manera de evaluar la calidad de agua usando una metodología que consiste en monitorear las familias de los macroinvertebrados presentes en las fuentes hídricas.

El porqué de esta investigación se justifica ya que es de interés de toda la población conocer la calidad de agua de las fuentes hídricas superficiales que tenemos y a la vez conocer las diversas metodologías de análisis diferentes a las que se pueden hacer en laboratorio si se logra monitorear especies y biodiversidad de manera permanente y a lo largo del tiempo se podría saber qué es lo que viene sucediendo en una fuente superficial de agua. Los ríos hoy en día son Víctimas de los altos niveles de contaminación por ende pierden su biodiversidad paulatinamente; este trabajo aporta un nuevo conocimiento que demuestra qué es verídico trabajar con especies de macroinvertebrados para evaluar la calidad de agua además el reporte que se deja hoy en día por la aplicación de este trabajo servirá de base científica para trabajos que quieran abarcar la misma línea de investigación concerniente al monitoreo biológico del agua.

Este trabajo es uno de los primeros que evalúa los ríos de la ciudad de Huánuco; algunos resultados que llaman mucho la atención es que aún en uno de los ríos se preserva un nivel de biodiversidad y no se encuentra alterado; sin embargo, los dos ríos más cercanos a la zona urbana de la ciudad de Huánuco se encuentran totalmente contaminados eso muestra la poca biodiversidad encontrada y el índice biótico evaluado muy por debajo de los niveles normales.

La investigación que se presenta en esta tesis consistió en evaluar y comparar la calidad de agua haciendo uso el índice biótico andino para los Tres Ríos de Huánuco; cabe recalcar que las variables en evaluación fueron biodiversidad de macroinvertebrados cómo la condición de las familias de macroinvertebrados que fueron encontradas en cada punto de monitoreo.

## **CAPITULO I**

### **PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

Los ríos a nivel mundial son sistemas dinámicos y multifuncionales que se caracterizan por la presencia de redes de drenaje, con diversos cauces y un alto grado de heterogeneidad ambiental. Esta complejidad, es favorecida por diversas interacciones y transiciones entre clima, geomorfología, precipitación, flujo de agua y sus sistemas ribereños (Guevara, 2014). Sin embargo, la calidad de estos ecosistemas se ve afectada por diversas presiones antropogénicas tanto en su estructura como en los servicios que proporcionan (Acosta, 2009).

Por lo mencionado por ambos investigadores, el problema al cual se somete toda fuente de agua, es de tipo antrópico, la contaminación que genera el hombre tiene un efecto directo sobre los ecosistemas y trae consigo la pérdida de la diversidad biológica; problema que se genera en todo el mundo y del cual nuestro país no es ajeno.

En el Perú, como en otros países sudamericanos, los ríos recorren extensas áreas, desde las zonas alto andinas hasta llegar a la costa arrastrando sedimentos característicos de la cuenca, además de aquellos procedentes de efluentes de aguas residuales de alcantarillado, industrias y disoluciones de agroquímicos provenientes de zonas agrícolas. Todos estos procesos condicionan un sistema altamente heterogéneo, con un marcado gradiente de polutantes que se manifiestan en una variación de la química del agua en intervalos cortos de tiempo y de escalas espaciales (Rivera 2004).

Por lo expuesto por Rivera, en el Perú los ríos que nacen de las zonas alto andinas vienen siendo contaminados por aguas residuales de uso doméstico, minería y desechos municipales. Todo ello trae consigo la pérdida de diversidad acuática, desde pequeños anfibios, reptiles y peces, hasta macroinvertebrados bentónicos, de gran importancia para las actividades de biomonitorio que se realiza hoy en día.

Actualmente la localidad de Huánuco cuenta con numerosos puntos de vertimientos, y ninguno de ellos cuenta con autorización para vertimientos. La empresa Prestado de Servicios SEDA HUÁNUCO tiene conocimientos de 15 focos de contaminación específicas que corresponden a los vertederos que ellos implementaron, sin embargo, existen numerosos puntos “clandestinos” que vierten sus aguas directamente al Río Huallaga y los cuales la EPS no tiene conocimiento. (DIRESA; 2013).

Un problema muy grande que afronta nuestros ríos de la ciudad es la falta de una planta de tratamiento de aguas residuales, la información emitida por la DIRESA Huánuco en el 2013 aún se mantiene vigente para este 2020, de esta manera la diversidad acuática sigue viéndose afectada, e incluso no hay un diagnóstico del problema que afrontan otras fuentes de agua como son el río huancachupac y el río higueras.

Para Chavez, 2019; en un estudio de determinación de hidrocarburos en el río higueras pudo ver que estas concentraciones superan el límite permisible de 0.5mg/L; establecido por los ECAs para aguas- Categoría 4, corroborando con ello el problema que hay para esta fuente y el impacto grave que genera a la diversidad biológica del medio provocando que se extinga y que otros organismos alteren todo el ecosistema acuático.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. PROBLEMA GENERAL**

¿Cuál es el análisis de la calidad de agua mediante el uso del índice biótico andino para 3 ríos de la ciudad Huánuco 2022?

### **1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO**

1. ¿Cuál es la biodiversidad de Bentos para los ríos, Huallaga, Huancachupa e Higueras de la ciudad de Huánuco?
2. ¿Cuáles son las familias de macroinvertebrados encontradas para los ríos, Huallaga, Huancachupa e Higueras de la ciudad de Huánuco?

3. ¿Cuál es la condición de las familias de macroinvertebrados encontradas para los ríos, Huallaga, Huancachupa e Higueras de la ciudad de Huánuco?
4. ¿Cuál es la diferencia de la calidad de agua haciendo uso del IBA en el Rio Huallaga, Higueras y Huancachupa?

### **1.3. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar y comparar la calidad de agua mediante el uso del índice biótico andino para 3 ríos de la ciudad Huánuco 2022.

### **1.4. OBJETIVO ESPECIFICO**

1. Determinar la biodiversidad de Bentos para los ríos, Huallaga, Huancachupa e Higueras de la ciudad de Huánuco.
2. Determinar las familias de macroinvertebrados encontradas para los ríos, Huallaga, Huancachupa e Higueras de la ciudad de Huánuco.
3. Evaluar la condición de las familias de macroinvertebrados encontradas para los ríos, Huallaga, Huancachupa e Higueras de la ciudad de Huánuco.
4. Realizar un análisis comparativo de la calidad de agua haciendo uso del IBA en el Rio Huallaga, Higueras y Huancachupa.

### **1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Desde un punto de *vista personal*, esta investigación buscó describir cómo el monitoreo de bioindicadores permite saber la calidad de agua que hay en una fuente, y ver como la diversidad de biológica de los organismos acuáticos se encuentra en estas fuentes. El determinar la calidad de agua y la diversidad de organismos es el objetivo principal de esta investigación que se propone. Con ello logramos saber el grado de contaminación que tienen estas aguas y a la vez que diversidad de macroinvertebrados prevalece en esas fuentes con su respectiva calidad hídrica.

Desde un punto de *vista social* los problemas de contaminación de fuentes de agua superficial son los perjudiciales para la fauna acuática propia de la misma fuente. La contaminación que genera el ser humano producto de la ignorancia en temas de una buena segregación de residuos sólidos municipales, se pone en manifiesto en la desaparición individuos biocontroladores, la desaparición de anfibios, reptiles en estas fuentes son las causas principales de plagas de mosquitos que tenemos hoy en día en la ciudad de Huánuco. Por ello es muy importante conocer que impacto tiene todo este comportamiento frente a la diversidad de organismos que viven en estas fuentes superficiales de agua.

Desde un punto de *vista científico*, el por qué se realizó esta investigación se justifica por su relevancia; debido a que permitirá conocer el comportamiento de la diversidad de macroinvertebrados bentónicos frente al grado de contaminación de las fuentes, también nos permitirá obtener datos muy relevantes de los ríos de Huánuco en el cual descubriremos especies que viven en estas fuentes, como base al monitoreo que realizaremos, del cual se obtendrá datos de población de especies, familias, número de individuos; todo ello nos servirá para sacar el índice de diversidad que prevalece en esta fuentes según la calidad de agua que encontremos.

Desde un punto de *vista ambiental*, se analizó la diversidad biológica de estas fuentes y ver cómo se ven influenciadas por el grado de contaminación que hay, nos indicara de manera general los cambios que están ocurriendo en estos ambientes acuáticos, categorizar y describir estos cambios será de mucha relevancia para estudios de impacto ambiental que se quieran hacer más adelante sobre estas fuentes. El factor climático, la contaminación y el poco interés por nuestras autoridades por esta situación se vuelve un problema ambiental que trae consigo efectos irreversibles sobre la vida de un ecosistema.

## **1.6. LIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Algunas limitaciones que podemos citar en esta investigación fueron:

- La accesibilidad al laboratorio se convirtió en una limitante, ya que este estudio obligatoriamente se vale de la microscopia para poder realizar la identificación de los macroinvertebrados bentónicos que recolectemos.
- La falta de profesionales especialistas a quien podamos consultar por dudas en cuanto a la clasificación del taxón.
- Contexto social covid 19 también se convirtió en una limitante.

## **1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

### **a. En lo económico.**

- Disponibilidad de recursos financieros y materiales, para la ejecución de la investigación.

### **b. En lo social.**

- Fue viable ya que esta investigación tiene un impacto directo a la sociedad ya que se busca otras maneras de caracterizar la calidad del agua sin hacer análisis de laboratorio.

### **c. En lo teórico.**

- Amplio conocimiento sobre el tema de investigación por parte de mi persona como investigadora, ya que durante los estudios de pregrado e llevado cursos que me brindan el conocimiento base, en el tema de proyecto de tesis que estoy haciendo.
- Fue factible los procesos de recolección de información y análisis de datos; la aplicación de conocimientos del investigador y del asesor de la tesis.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

Orrego y Hernández (2020). Colombia; es su investigación titulada “*Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en el Parque Nacional Natural Selva de Florencia, Colombia*”. Los ecosistemas de Agua Dulce Se comportan como servicios ecosistémicos y tienen una gran importancia para la vida ya que este alberga numerosas especies y una gran biodiversidad de insectos. En esta investigación realizada en Colombia el principal objetivo fue evaluar la diversidad de los insectos acuáticos de Parque Nacional selva de Florencia, qué se ubica en la región occidente del país colombiano. La metodología que se utilizó fue a través de la recolección de macroinvertebrados en Tres Ríos del parque, los ríos seleccionados fueron la selva, las Mercedes, y chupaderos. Una vez capturados los especímenes fueron seleccionados y derivados a la universidad caldas en el área de entomología para luego Investigar los parámetros de riqueza y diversidad. Los principales resultados indican una colección de 534 individuos lo cual está representado por 10 órdenes, 41 géneros y 57 morfoespecies. Interesante de esta investigación es que los reportes encontrados constituyen nuevos registros para el parque nacional cabe Resaltar la presencia de 4 especies efemerópteros que son nuevas que fueron encontradas en la quebrada selva, lo más relevante es que se encontraron 20 taxones exclusivos y los más importantes fueron; Dryops, Gyretes, Anchytarsus; Diochues; Limnocoris; hebrus y Thraulodes; esta investigación se convierte en una de las primeras que se realiza en este Parque Nacional, finalmente se concluye generando nuevos registros de especies nunca antes documentada al mismo tiempo estos datos van a facilitar futuras investigaciones en el plano ecológico y en el plano del Bio monitoreo para verificar la calidad de agua.

Pilaguano (2020). Ecuador. En su tesis titulada: "Determinación de la calidad del agua del río jambelí, por bioindicadores (macroinvertebrados) en la parroquia el chaupí cantón mejía periodo 2019-2020". En la presente investigación se tuvo el objetivo de analizar la calidad de agua haciendo uso de bioindicadores a la vez hacer análisis fisicoquímicos microbiológicos de la Fuente hídrica del río Jambelí. Esta investigación utilizó la metodología que consistió en monitorear los meses de octubre a enero del 2020 y 2021 puntos específicos del río lográndose encontrar 1388 individuos cuya clasificación representa 7 órdenes 12 familias y 13 géneros. Los resultados indican que a través de los índices de calidad se logró identificar macroinvertebrados del grupo efemerópteros, plecópteros y tricópteros. Al analizar los datos con los índices de muestreo de Shannon weaver, y para la biodiversidad también se analizaron parámetros físicos químicos y microbiológicos del agua. Estos estudios fueron derivados al instituto "Water quality Index", dónde se derivaron las muestras recolectadas entre los meses de noviembre a enero. Los resultados indican lo siguiente se utilizó para medir los parámetros en ICA, a través de este parámetro se determinó que la calidad de agua es media un promedio de 52.11. Inmediatamente estos datos fueron comparados por la legislación vigente en el Ecuador ellos límites máximos permisibles aplican para Esta técnica. El ABI demostró una puntuación 56 y 48 de promedio lo que identificó que el agua está moderadamente contaminada. Finalmente se concluye que a través del índice de shannon-weaver El Promedio para la diversidad de especies es de 1.4 lo que indica una baja diversidad biológica y una contaminación que fue realmente moderada.

Matus, (2020); Nicaragua. En su investigación titulada: "Análisis de las comunidades de macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua en tres microcuencas en el Territorio Indígena Rama Kriol". El objetivo de la presente investigación fue analizar la calidad de agua de los ríos chacalín limonero y moga en el país de Nicaragua en esta investigación se evaluó la distribución de macroinvertebrados que se comportan como bioindicadores actualmente Se desconoce la calidad

de estas Fuentes hídricas lo que resulta muy importante en realizar dicha investigación la calidad de agua que sigue tífcico se rigió al protocolo de programa de evaluación y monitoreo de ecosistemas de la EPA de Estados Unidos. La metodología que se implementó fue en un primer momento se selecciono 11 transectos en los cuales se recolectaron las muestras entre los transectos 1 - 3, 5 - 7, y 9 - 11 estás muestras se recolectaron corre de mano para luego derivar las directamente al centro de investigación acuático BICU En dónde se realizó la taxonomía específica para cada una de las especies recolectadas a la vez se determinó el índice de la calidad de agua a través del IBMWP. Los resultados demuestran que estos ríos de chacalín y moga tiene una regular calidad de agua no pues viene sufriendo alteraciones en su trayecto debido a la poca salud ecológica que se practica en esas son finalmente se concluye que estos sistemas hídricos han sido poco intervenidos y que si es posible determinar la calidad de agua conociendo más de los macroinvertebrados bentónicos.

### **2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES**

Custodio y Chanamé (2016); Junín. Es su estudio; *Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín-Perú*; La investigación tuvo como objetivo hacer una evaluación de los macroinvertebrados bentónicos en cuanto a su biodiversidad en el río cunas para de esta manera considerarlo como indicadores ambientales. Se determinaron tres sectores para realizar los respectivos muestreos en dos épocas del año. También se identificó las características antrópicas que hacen daño a la zona de estudio por lo cual se determinó el DBO, presente en estas aguas residuales. En cuanto a la metodología de estudio se llevaron muestras de agua a laboratorio en donde se analizaron nitratos, coliformes termotolerantes, y fosfatos. Los indicadores que arrojaron valores medios fueron pH, sólidos totales disueltos, la conductividad y la turbidez. El procedimiento que se utilizó para identificar los macroinvertebrados bentónicos fue a través de las redes surber está Maya Tuvo una longitud de 250 micras para poder capturar a las

muestras biológicas. Los resultados indican que las características antrópicas han afectado a los macroinvertebrados bentónicos siendo algunos resultados como la DBO<sub>5</sub>; de 7,70 miligramos por litro. Cuando se analizaron los parámetros bacteriológicos y fisicoquímicos demostraron diferencias significativas sobre todos los parámetros de temperatura y conductividad además al analizar a los macroinvertebrados se identificaron 4 Filum, 7 clases, 12 órdenes, 6 familias de bentónicos en muestras biológicas. Finalmente, la investigación concluye que las actividades antrópicas de descargas de aguas residuales afectan la vida de estos macroinvertebrados a la vez Los indicadores fisicoquímicos que se visualizaron y analizaron en los ríos en las épocas de muestreo están dentro del Rango del ECA, y al momento de evaluar las características de biodiversidad riqueza y abundancia todos estos datos dan a conocer diferencias significativas.

Bazán, (2020); la investigación titulada *“Determinación de la calidad del agua de los humedales de ETEN utilizando macroinvertebrados odonata, coleóptera, díptera y hemíptera durante septiembre 2019 – abril 2020”*. La zona de los humedales de Eten hoy en día son un ecosistema de Gran relevancia sobretodo en la ecología de la región sin embargo existen problemas que afronta uno de ellos la acción del hombre y los problemas ambientales que esté produce. Este tipo de ecosistema ha sido la mira de varios investigadores te han dado a conocer qué las variables biológicas tienen una relación directa a las actividades antrópicas que se suscitan en esa zona es por ello que se decidió a realizar esta investigación cuyo objetivo fue evaluar y determinar la calidad de agua de estos humedales utilizando bioindicadores que ya se habían reportado en anteriores investigaciones como el orden odonato; díptero; coleóptero y los hemípteros. Alabes de monitorear a los macroinvertebrados también Se realizaron análisis fisicoquímicos evaluando sé que está agua de estos lugares Es buena calidad teniendo como datos principales un promedio en la temperatura de 24.24 grados centígrados, se determinó que el pH promedio en la información recolectada fue de 8.1; la conductividad eléctrica fue de

11853uS/cm; también se evalúa oxígeno disuelto siendo 5.33 el resultado y el DBO5 que fue de 125 mg O<sub>2</sub>/L. Para el método de la recolección de los macroinvertebrados se utilizó la red surber en esta investigación se le llegaron a recolectar 11,552 los especímenes, de los cuales 13 especies de macroinvertebrados se agruparon en 9 familias y 4 órdenes se consideró el estudio de shannon-wiener para la biodiversidad y a la vez se utilizó el BMWP/COL, con estos se determinaron la calidad del agua. Finalmente, esta investigación llega a la conclusión que los humedales de te llevan consigo un cierto grado de contaminación pues las familias de macroinvertebrados se han visto alteradas por la disminución de la biodiversidad que fue tabulada con Shannon Wiener por lo cual se obtiene una calidad de agua crítica y una biodiversidad alterada.

La Matta, (2020); Ancash, realizó la investigación titulada *“Influencia del drenaje ácido de roca en la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, índices bióticos de calidad de agua y grupos funcionales alimenticios en ríos y cabeceras de la cordillera blanca (subcuenca de Quillcay, Ancash)”*. La siguiente investigación consiste en evaluar la calidad de Agua de la Cordillera Blanca específicamente de una subcuenca denominada Quillcay, los meses que se evaluaron para esta investigación fueron marzo julio y noviembre del año 2020 se realizó los siguientes análisis uno de ellos el análisis de los parámetros fisicoquímicos y metales el otro el cálculo del índice biológico (BMWP); y el índice biótico andino. Los resultados mostraron diferencias significativas para varios parámetros evaluados la biodiversidad de los macroinvertebrados demostró una menor abundancia en los taxones que eran especies muy tolerantes a los contaminantes los parámetros fisicoquímicos han variado en los respectivos muestreos y estas especies de macroinvertebrados han visto alterado la calidad de su alimento entre estas temporadas finalmente se concluye que a través del índice biótico andino se puede evaluar la calidad de agua ya que se encuentran las familias de macroinvertebrados en los lugares en esas respectivas temporadas que sirven como Data Para futuras

investigaciones más adelante en estas subcuencas de la Cordillera blanca.

### **2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES**

Morales (2019). Huánuco; en su investigación, titulada: “Relación de macroinvertebrados acuáticos como indicador de la calidad del agua en la quebrada uchpas, en el centro poblado de san juan de miraflores, distrito de san francisco de Cayran, provincia y región Huánuco, mayo – julio 2019”; Morales en la presente investigación Busco el objetivo de determinar si existe una relación entre los macroinvertebrados acuáticos y la calidad de Agua de la quebrada Uchpas, qué se encuentra ubicado en el distrito de San Francisco de cayran en la localidad de huánuco para la metodología que implementó se hizo 7 puntos de monitoreo que fueron ubicados en la parte baja de la microcuenca que hizo su evaluación los resultados más relevantes de esta presente investigación son las familias de macroinvertebrados que se identificaron se pudo visualizar 7 órdenes destacando sobre todo a los coleópteros, dípteros plecópteros; tricopteros como los principales en este grupo de análisis también a los efemerópteros. Del mismo modo se evalúa la calidad de agua de esa quebrada los parámetros que fueron sometidos a la evaluación fueron nitratos nitritos conductividad demanda bioquímica de oxígeno bacterias heterotróficas todo esto para corroborar y comparar con los estándares de calidad de agua, del mismo modo se llevó a la comparación de los macroinvertebrados identificados con el índice biótico andino en los resultados más relevantes se muestran que los que tienen un nivel de significancia del 5% lo cual hace inferir que la calidad de agua de estas quebradas se relaciona directamente a los macroinvertebrados encontrados bajo las condiciones estudiadas de agua. Finalmente se concluye que se pudo demostrar que hay una relación entre estas variables lo que hace que los macroinvertebrados se conviertan en un instrumento vital de la biodiversidad para evaluar la calidad de agua y evaluar los sucesos que puedan ocurrir en torno al tiempo.

Alomia (2017). Huánuco; en su investigación titulada “Macroinvertebrados bentónicos para evaluar la calidad de las aguas de la cuenca alta del río Huallaga, Perú”. En la siguiente investigación los bentónicos se utilizaron con el objetivo de evaluar la calidad del Río huallaga teniendo como límites cerro de Pasco la región quinua a 3655 msnm hasta la ciudad de Huánuco que fue su altura 1886 metros sobre el nivel del mar. La metodología que se implementó para esta investigación fue determinar 12 puntos de muestreo que fueron analizados durante la temporada seca y lluviosa del mismo modo se analizaron los parámetros fisicoquímicos del agua y si utilizó el índice de calidad de la vegetación de Ribera andina para este estudio. Los resultados más relevantes fueron que se evidenciaron 30 taxas siendo las familias más representativas la chironomidae y la batidae al aplicar el índice biológico andino (ABI) se concluye que en estos monitoreos se llega a encontrar cierto grado de alteración en los macroinvertebrados bentónicos que se analizar lo que se encuentra también al aplicar el índice de calidad de vegetación de Ribera andina que presenta una calidad de Ribera intermedia y al aplicar el índice biótico andino Presenta una buena calidad biológica de agua estos son los resultados más relevantes de esta investigación realizada Durante los años 2016 y 2017.

Cavero (2016). Huánuco; en su investigación titulada: “Lagunas altoandinas de Huánuco evaluadas para el desarrollo de acuicultura, 2016” Entre los meses de abril y Julio del 2016 el gobierno regional a través del programa presupuestal 04 2016 realizaron investigaciones como la que se escribe con el objetivo de identificar los posibles potenciales a acuicolas de la región de Huanuco para la investigación, se tomaron las lagunas de Huascacocha y kimahuanca en el distrito de San Rafael, Mancapozo en Amarilis y Grimalma, Quiuullacocha y Guanpo en el distrito de ambo. Las especies que se monitorearon en estas lagunas fueron los macroinvertebrados bentónicos y el plato a la vez se hizo un registro de los parámetros fisicoquímicos tales como temperatura pH, nitratos, alcalinidad, cloruro y co<sub>2</sub>. Los parámetros ecológicos que se verificaron fueron en la biodiversidad de margalef ya

no y el parámetro de equidad de pielou. Los **resultados** fueron Los valores promedio de pH para cada una de las lagunas evaluadas se encuentran dentro del rango establecido por el MINAM (2015) que indica que el límite permisible para el cultivo de especies hidrobiológicas debe variar entre 6 y 9 y FONDEPES (2014) indica que con el rango entre 6,6 y 7,9 se logra un óptimo cultivo de trucha. Situación similar se da con el oxígeno disuelto ya que los valores registrados de este parámetro son mayores a 5 mg/L.

Los valores de nitrógeno amoniacal registrados en las seis lagunas se encuentran dentro de los rangos establecidos por MINAM (2008) que indica que el límite permisible para la conservación del medio acuático debe ser  $<0,02$ ; Ragash (2009) indica que no debe ser mayor 0,012 mg/L para el cultivo de la trucha y en el caso de los nitritos el límite permisible no debe ser mayor a 0,055 mg/L. Los valores de CO<sub>2</sub>, se encuentran dentro del rango sugerido por el autor antes mencionado quien indica que valores  $< 7$  ppm permiten el desarrollo de la acuicultura. La composición taxonómica del fitoplancton y el perifiton presente en las seis lagunas evaluadas se caracterizó por los grupos taxonómicos Bacillariophyta, Chlorophyta, Charophyta, Chrysophyta, Cyanophyta, Dinophyta y Euglenophyta. En relación al fitoplancton y perifiton, los resultados del Índice de biodiversidad de Margalef (DMg) indican de baja a mediana biodiversidad de organismos y el Índice de Diversidad Específica Shannon - Wiener (H') los valores fluctúan de poca a mediana diversidad. En el caso de zooplancton y macrobentos el índice de biodiversidad de Margalef (DMg) reportaron baja biodiversidad de organismos y el Índice de Diversidad Específica Shannon - Wiener (H') reveló poca diversidad. Con respecto al índice Diatómico General (IDG), los valores fluctuaron entre una polución fuerte y una calidad biológica óptima. Se **concluye**; que de acuerdo a las características morfológicas (profundidad - área) y los índices de biodiversidad, las lagunas Quiullaccocha, Mancapozo y Huampo podrían ser consideradas como potenciales ámbitos para realizar la actividad acuícola.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. CARACTERÍSTICAS DE MACROINVERTEBRADOS**

Los macroinvertebrados son especies como su mismo nombre lo indica invertebrados cuyo tamaño es de 0.5 mm gran parte de la mayoría de estas especies viven los ecosistemas acuáticos y por ende desempeñan su ciclo biológico dentro de estos ecosistemas; son especies muy importantes para la cadena trófica dentro de estas fuentes de agua. (Roldan y Ramírez, 2008).

Los macroinvertebrados bentónicos se alimentan bajo el agua de gran cantidad de materia orgánica también parte de su alimentación especies briofitas y algas acuáticas de las zonas de la Ribera de los ríos también sirven de fuente a los peces a las aves y algunos mamíferos que son semiacuáticos (Ladera, 2012). La gran mayoría de macroinvertebrados está representado por la clase insecta sin embargo hay un grupo reducido que está representado por el grupo de moluscos anélidos y turbelarios.

### **2.2.2. GRUPOS FUNCIONALES TRÓFICOS DE MACROINVERTEBRADOS (GFT)**

Los macroinvertebrados tienen hábitos alimenticios particulares de acuerdo a la taxonomía de cada una de las especies su hábito alimenticio Es diferente ya que las condiciones ambientales En dónde vive también es diferente. Los grupos tróficos cumplen un papel importante en la ecología de la especie dependiendo de ello los macroinvertebrados se desempeñan en un determinado ambiente. (Tommanova et al.; 1980).

Según Vannote et al.,1980 evalúa la relación entre la estructura trófica de los macroinvertebrados bentónicos conjuntamente con el agua y concluyen que el nutriente encontrado en el agua para estas especies varía de acuerdo a la zona altitudinal. Tomando consigo a que la relación entre el cuerpo del agua y las características fisiológicas de los macroinvertebrados estén ligadas. (Ramírez y Gutierrez, 2014).

### **Trituradores.**

Se asigna como nombres trituradores aquel organismo que trosa todo contenido orgánico o vegetal para poder alimentarse de esta manera disgrega la materia en pequeñas partículas tanto finas o gruesas para el alimento o para beneficiar a otros consumidores, algunos organismos beneficiados de los trituradores son los consumidores microbianos que aprovechan la disponibilidad de alimento para poder nutrirse bajo el agua.

### **Raspadores.**

Estas especies se alimentan de biopelículas de bacterias hongos azúcares que se encuentran bajo el agua y algas. Los raspadores crecen en sustratos como rocas y su característica relevante son sus piezas bucales que desempeñan un papel relevante en toda la biomasa que consumen el objetivo de estas especies es controlar la eutrofización de aguas consumiendo controladamente la formación de algas.

### **Colectores filtradores**

Instrumentos que sirven para retener las partículas que se encuentran en una columna de agua a través de estos filtradores permite filtrar el agua y a la vez reduce la salida de partículas lo que se trabaja con mayor eficiencia para la colección de muestras biológicas.

### **Colectores recolectores**

Son especímenes que conectan a través de sus piezas bucales. Qué son modificadas partículas menores de 1 mm que se van a encontrar en zonas benthicas. Estas especies cumplen la función de acumular partículas orgánicas y consumirlas en su gran mayoría habitan en ríos que son calmados y con una corriente pequeña generando una suspensión de las partículas del agua para de esta manera poder alimentarse.

### **Depredadores.**

Especies que cumplen un rol importante en la cadena trófica ya que tienen estrategias especiales para alimentarse algunas capturar su presa utilizando Las piezas bucales que poseen. Al ser especies que muestra una relevante actividad en la cadena trófica cumplen una función importante en los ecosistemas hay adaptaciones que clasifican a los macroinvertebrados del neotrópico y se lleva a contrastar con estudios que han realizado en Norteamérica bien dos diferencias significativas entre ambos depredadores debido a la flexibilidad de sus taxones estas especies se alimentan de diversos recursos y de material particulado en las fuentes de agua lo que hace indicar su relación estrecha con la calidad de agua en dónde viven. (Merrit y Cummins, 1996).

### **2.2.3. CALIDAD DE HÁBITAT DE LOS RÍOS**

(Perez., 1992) Los hábitats lóticos en su gran mayoría resulta siendo los ríos riachuelos y quebradas estos tienen diferentes características Como algunos corrientosos rápidos y remansos que ofrecen un lugar de hábitat para los macroinvertebrados bentónicos.

- La relevancia de las Riberas de los ríos son los siguientes:
- Son áreas de mucha biodiversidad biológica y aquí encontramos diferentes tipos de especies.
- Aportan a la geología de la zona cómo también dan material orgánico al área.
- Crea un ambiente de adecuado para que prosperen otros organismos como bacterias y hongos cuya finalidad es degradar el material orgánico.
- Son áreas que sirven de corredores donde interactúan los organismos terrestres conjuntamente con los acuáticos.

Son áreas que gracias a la sombra que se proyecta mantiene la temperatura del agua en valores tolerantes para las especies que se

encuentran dentro de ese ecosistema hídrico la protección que brinda el sistema acuático es de Gran importancia ya que la zona ribereña actuará como contenedor de los sedimentos de los nutrientes como también de algunos contaminantes que precisamente alteran Lagunas y quebradas de todas estas áreas en mención. (Palma et al., 2002).

#### **2.2.4. CALIDAD DE AGUA**

La calidad de agua de cualquier fuente hídrica siempre dependerá de la acción antrópica o de las características naturales de la zona sin la acción directa de la actividad humana las aguas serán cristalinas y de buena calidad en algunos casos estarán influenciadas por los procesos atmosféricos y procesos de mineralización de la erosión del sustrato además en cuanto a la lixiviación natural de la roca orgánica y los nutrientes del suelo también afectarán directamente a las características del agua El Proceso biológico del medio acuático conllevará a diferencias en la calidad de agua por lo cual se podrán hacer características físico y químicas para visualizar los estándares en gran medida. Una vez de haber diagnosticado una fuente hídrica ideal está podrá ser potabilizada y podrá ser declarada apta para consumo humano siguiendo las normas más representativas de cada país o nación. (Pérez, 2003).

Según Calderón en el 2004 definir calidad de agua es hablar de sus componentes tanto como la hidrología la parte fisicoquímica y la masa o cuerpo de agua como tal teniendo en cuenta las acciones antrópicas que recaen directamente sobre la Fuente hídrica, resulta difícil elegir el concepto ideal de buena calidad de agua ya que la complejidad de varios factores juega un rol determinante para poder definir esta conceptualización. (Chapman, 2016).

#### **2.2.5. MACROINVERTEBRADOS**

Una de las características de los vertebrados es que carecen de una espina dorsal, son especies grandes que resultan siendo fácilmente observables a través del estereoscopio además debido a su alta sensibilidad sirven para realizar Bio monitoreos que van a dar lugar a

diferentes conceptualizaciones de calidad de agua también es muy interesante hablar de estos especímenes cuando su población se ve afectada. (Perez, 2003).

Los macroinvertebrados tienen hábitos de vivir en el fondo del sedimento Marino es decir en la parte más del fondo de la Fuente hídrica y por lo general estos organismos se encuentran adheridos a las rocas o a la vegetación que se encuentra sumergida dentro. Estos especímenes tienen un tamaño que varía de 0.5 hasta 5 mm y son observables directamente.

Estas especies son parte importante de los ecosistemas acuáticos ya que la gran mayoría pertenecen a insectos crustáceos y moluscos a la vez participan en los procesos ecológicos que se suscitan en un lecho Marino. (Rueda; 2013).

Los ecosistemas acuáticos muestran a los macroinvertebrados bentónicos como especies bioindicadoras de calidad de agua las familias más representativas que se estudian actualmente son los que pertenecen al grupo de Hydrometridae, Gerridae, Vellidae (Hemipteros). Existe también otro grupo que es considerado en el grupo de los nectónicos en estas especies ya se encuentran en su gran mayoría coleópteros hemípteros y dytiscidae. Por último cabe mencionar que estas especies se encuentran adheridas a las piedras y en su gran mayoría las que indican una buena calidad de agua pertenecen a los órdenes efemerópteros plecópteros tricópteros megalópteros y dípteros además existe la presencia de moluscos o platelmintos que también son indicadores de mala calidad de agua en el transcurso de los años ha aumentado el interés en verificar las características de estas especies realizando inventarios previos que sirve como base de datos para analizar lo que vienen pasando en estos ecosistemas.

#### **2.2.6. MODOS DE VIDA DE LOS MACROINVERTEBRADOS**

Los macroinvertebrados bentónicos prosperan libremente en las Riberas de los ríos en el fondo de las rocas y su denominación hace

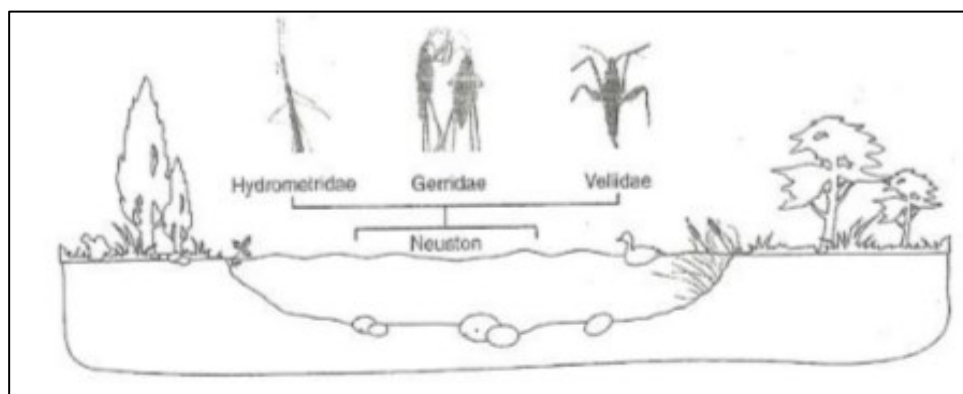
referencia al tipo de adaptación que tiene. Pérez en el 2003 menciona las siguientes características de los macroinvertebrados en relación a la evaluación de la calidad de agua:

## 1. Neuston

Estas especies viven en la superficie del agua muchas veces brinca y caminan gracias a la tensión superficial la característica más relevante es que presentan uñas en las patas y tienen un exoesqueleto que los hace impermeables al agua y sin ellos no pueden fundirse las especies más representativas de este grupo son: Gerridae; Hydrometridae y Mesoveliidae.

**Figura 1**

*Ciclo de vida de Neuston*

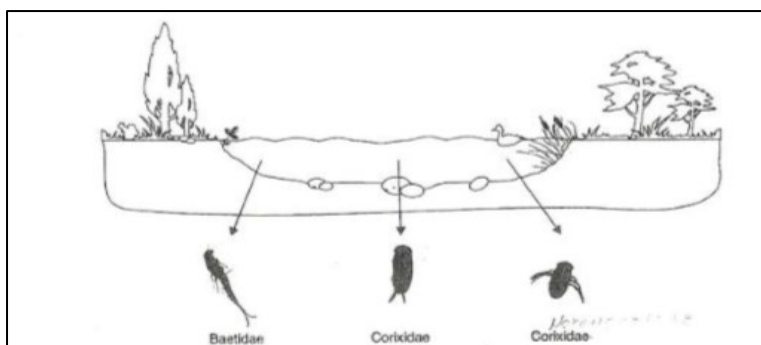


**Nota.** La figura 1 muestra a los macroinvertebrados mas representantes del grupo Neuston en un ecosistema acuático. La Calidad del Agua en Colombia, citado por Roldan Pérez, 2003.

## 2. Necton

Estas especies nadan dentro del derecho de agua entre las más representativas están los del orden hemíptera de igual manera el orden hidrophilidae en dónde se encuentran los coleópteros también el orden baetidae y el orden efemeróptera todas estas especies pueden nadar dentro del agua sin tener ningún inconveniente.

**Figura 2**  
*Características de los Nectonicos*

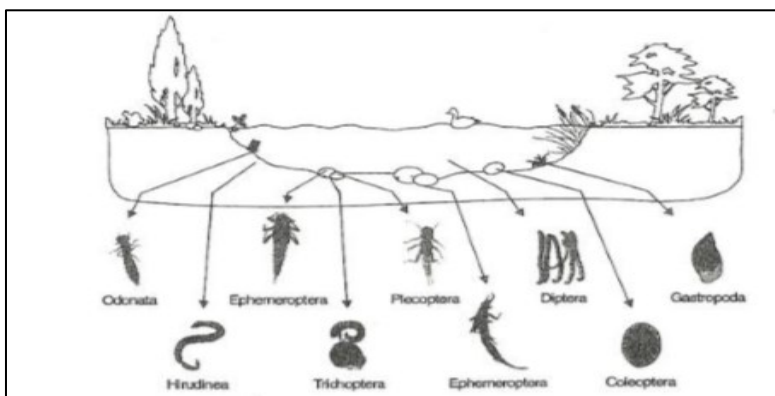


**Nota.** En la figura 2 se muestra a los Macroinvertebrados mas respresentativos del grupo de los nectonicos en un ecosistema acuático. Bioindicación de la Calidad del Agua en Colombia, citado por Roldan Pérez, 2003.

### 3. Bentos

Los bentonicos son aquellas especies que viven en el fondo del agua y están adheridos en las piedras y en las rocas troncos o en estructuras orgánicas qué sirven como sustrato para estas especies las especies más representativas de este grupo pertenecen al grupo de los tricópteros, efemerópteros y plecópteros a la vez dos grupos muy representativos de estas son los megalópteros y los dípteros. Algunas características relevantes del grupo Blephariceridae (Diptero) es que se pegan fuertemente a las rocas con estructuras corpóreas denominadas ventosas y abdomen.

**Figura 3**  
*Ciclo de vida de los Bentos*



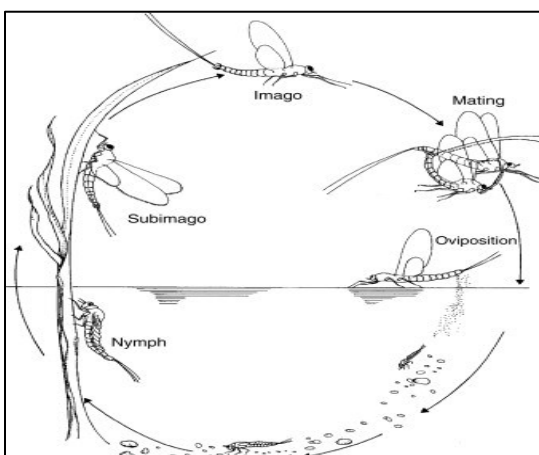
**Nota.** La figura 3 muestra que los Macroinvertebrados representantes del Bentos en un ecosistema acuático. Son indicadores de la Calidad del Agua en Colombia, citado por Roldan Pérez, 2003.

## 2.3. DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES ÓRDENES DE MACROINVERTEBRADOS

### 1. Ephemeroptera

Denominadas también moscas de mayo estas especies se caracterizan porque tienen múltiples hábitats acuáticos. El grupo de los efemerópteros en la cadena trófica resultan siendo los consumidores primarios y su relevancia radica es que son base importante de la fauna bentónica y con ellos forman gran parte de la biomasa presente en ríos y lagos. La característica de estas especies es que se alimentan de gran cantidad de materia orgánica lo que trituran directamente del medio pequeñas partículas estos tipos de macroinvertebrados también sirven de alimento a otros predadores cómo son aves murciélagos y otros insectos la característica reproductiva que tienen estos es que presenta un vuelo nupcial durante el proceso de la ovoposición. Debido a sus diferentes comportamientos frente a contaminantes estas especies son consideradas como bioindicadores ya que tienen una tolerancia a los diferentes compuestos que causan daño o impacto ambiental por ello son considerados como bioindicadores de calidad de agua (Domínguez, E. Hurbbard, M. Pescador, M. & Molineri, C., 2001).

**Figura 4**  
*Ciclo de vida de las Efímeras*

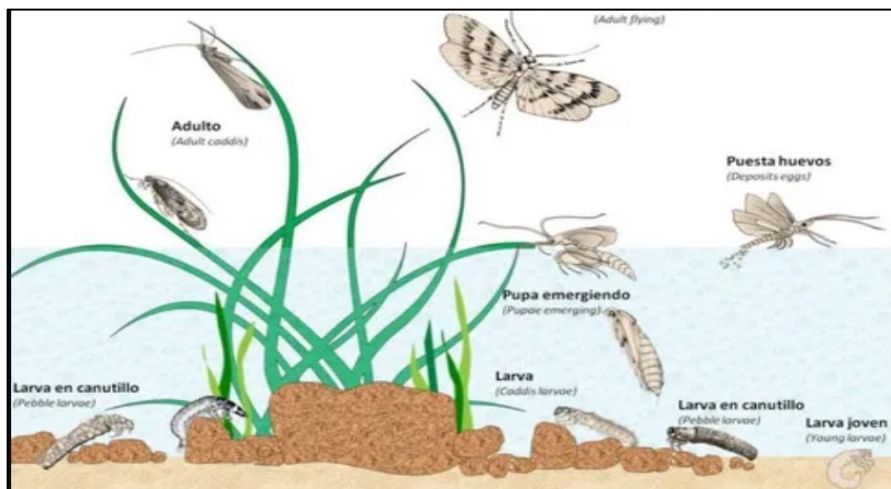


**Nota.** Ciclo de vida de las efímeras (Brittain & Sartori, 2009)

## 2. Trichoptera

Estas especies se utilizan para medir el grado de contaminantes de las fuentes hídricas y aguas corrientes. Estas especies se consideran insectos holometábolos, que viven en ecosistemas hídricos de tipo lénticos y lóticos pero su mayor diversidad se ve distribuida en sistemas fríos y lóticos. Estas especies construyen sus propias casas sus propios refugios a partir de cualquier tipo de materia orgánica o residuo vegetal presente en el lugar donde viven acumula pequeñas piedrecillas y arena en forma de gránulos con la finalidad de formar sus casas estas especies de estructuras sirven de protección cuándo salen en busca de alimento. Las características del agua de estas especies son ampliamente oxigenadas limpia y corrientes debajo de las piedras viven con material acumulado para la fabricación de las estructuras dónde vivirán largos periodos de tiempo. (Domínguez, E. Hurbbard, M. Pescador, M. & Molineri, C., 2001).

**Figura 5**  
*Ciclo de vida de los Tricópteros*



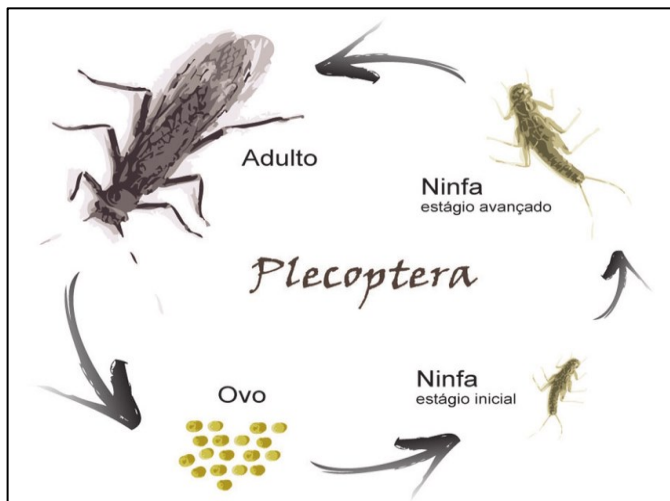
**Nota.** Ciclo biológico del Orden Trichoptera (Pescata, 2018) p.29

## 3. Plecóptera

Son especies que se encuentran solamente en el trópico y tienen un grupo pequeño de importancia. En cuanto a su ciclo de vida las ninfas de los plecópteros son especies muy vivaces y rápidas bajo el agua y predominan en lugares donde el agua es limpia y de buena calidad estas especies son cosmopolitas se caracterizan por ser diurnos crepusculares y nocturnos el

lugar donde prosperan es en la elevada vegetación y en las rocas debajo del agua cuándo son adultos estas especies vuelan largos tramos el territorio con la finalidad de depositar los huevos sin embargo el periodo de longevidad es relativamente corto Pues solamente maduran en 5 semanas la gran mayoría de adultos tiene lugar casi en todo el año su supervivencia dependerá de la altura de la latitud y la temperatura del agua en dónde se encuentra los machos copulan con las hembras en lugares de abundante vegetación estos realizan el cortejo golpeando el abdomen de la hembra Qué es una superficie dura al cual el proceso se le denomina drumming, este comportamiento va a dar origen a la cópula de esta especie sin embargo en ciertas especies de plectros aún no se ha visualizado este cortejo sin embargo la gran mayoría se caracteriza por qué tienen colores muy vivas es que van a dar origen al dimorfismo sexual (Domínguez, E. Hurbbard, M. Pescador, M. & Molineri, C., 2001).

**Figura 6**  
*Ciclo de vida de orden plecóptera*



**Nota.** Ciclo de vida esquemático dos plecópteros, extraído de *Conhecendo os artrópodes do semiárido*. (Bravo; 2016, p.78).

Los plecópteros tienen un importante papel en los ecosistemas lóticos, ya que desempeñan un papel vital en la estructura y la producción secundaria de la comunidad de macro-invertebrados bentónicos. Varios autores han estudiado la diversidad y la distribución del orden en Sudamérica durante la última década y se ha incrementado el interés por su utilización en el campo

de la bioindicación, debido a su sensibilidad a cambios de hábitat, calidad del agua, intervención antrópica susceptibilidad al enriquecimiento de carga orgánica residual y déficit de oxígeno (Ballesteros, N. & Zuñiga, M., 2005).

#### **4. Coleóptera**

Los coleópteros acuáticos son importantes en las cadenas tróficas; muchas especies son fuente de alimento para peces y anfibios, mientras que otras son importantes como predadores, y otras especies se alimentan de algas o de detrito orgánico. La importancia de otras especies radica en su utilidad como bioindicadores de calidad de aguas; si bien grupos como los efemerópteros, tricópteros y plecópteros suelen ser más utilizados, los coleópteros están ganando reconocimiento para evaluar ambientes acuáticos (Archangelsky, 2001).

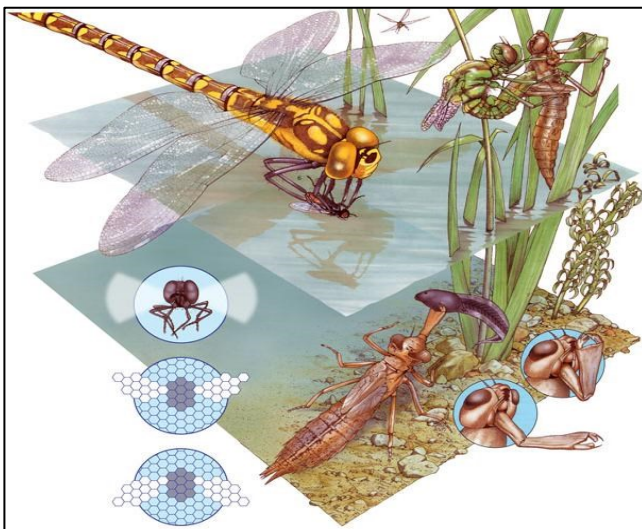
La mayoría de los coleópteros acuáticos viven en aguas continentales loticos y lenticas, representados en ríos, quebradas, riachuelos, charcas, lagunas, aguas temporales, embalses y represas. También se les encuentra en zonas ribereñas tanto de ecosistemas loticos como lenticos. Es difícil hacer generalizaciones respecto de la biología de los coleópteros acuáticos ya que la colonización de los ambientes acuáticos se ha producido, independientemente, varias veces, y de diferentes maneras. Se encuentran familias que son completamente acuáticas, mientras que otras lo son solo en el estado larval, o en el adulto. Otras familias son más bien riparias y ocasionalmente pueden encontrarse en el agua. Por otro lado, las adaptaciones respiratorias también son muy variadas, hay coleópteros que obtienen el oxígeno de la atmósfera, mientras que otros lo hacen directamente del agua, algunas especies incluso pueden obtener el oxígeno directamente de tejidos vegetales. Los tipos de alimentación también son muy variados, por ejemplo en muchas familias tanto los adultos como las larvas son predadores (Dytiscidae, Noteridae, Gyrinidae), en otras familias los adultos se alimentan de material vegetal o detritus mientras que las larvas son predadoras (Hydrophiloidea), en otros casos tanto larvas como adultos se alimentan de algas o detritus. Los métodos de locomoción que utilizan son diversos, las familias de adéfagos y muchos hidrofílicos son buenos nadadores, otros

grupos no nadan, y caminan sobre el sustrato, larvas como las de los Psephenidae y Torridincolidae suelen encontrarse adheridas al sustrato y se mueven muy poco (Archangelsky, 2001).

## 5. Odonata

En este orden se incluyen los insectos denominados como libélulas o caballitos del diablo. Son hemimetábolos. Presentan larvas acuáticas, llamadas "nayades", en esta fase pueden durar desde dos meses a tres años hasta completar su desarrollo hasta adulto, de acuerdo con la especie y condiciones físicas del ecosistema. En el estado adulto viven desde pocos días hasta tres meses. Los odonatos constituyen un grupo en estudio por los taxónomos y muchas especies aún no se han descrito. Las hembras ovipositan sobre la vegetación flotante o emergente. Los huevos eclosionan entre 5 a 40 días, después de la postura. La mayoría de especies neotropicales completan su desarrollo larval entre 100 a 200 días. Las larvas poseen una visión aguda y son depredadoras en su gran mayoría. Intercambian gases a través de la piel y agallas anales. Estos insectos viven en pozos, pantanos, márgenes de los lagos y corrientes lentas y poco profundas; por lo regular, rodeados de abundante vegetación acuática sumergida o emergente. Se les encuentra en aguas limpias o ligeramente eutrofizadas (Roldan, 1996).

**Figura 7**  
*Ciclo de vida de los odonatos*



**Nota.** Representación del ciclo de vida de los odonatos; imagen extraída de Iberian Odonata, 2021.

## **6. Hemíptera**

Los insectos de este orden, se les conoce como "chinche de agua". Los hemípteros son hemimetábolos, su metamorfosis es simple y gradual, pasando por las fases de huevo, ninfa y adulto. Las hembras ovipositan sobre el sustrato, el suelo, plantas y en casos especiales, sobre el dorso de los machos, como es el caso de *Belostoma* sp. Los hemípteros constituyen el grupo más importante de insectos acuáticos y sus especies se incluyen en las familias Notonectidae, Pleidae, Nepidae, Naucoridae, Belastomatidae y Corixidae estos insectos, viven en remansos de ríos y quebradas; pocos resisten las corrientes rápidas. Son frecuentes también en lagos, ciénagas y pantanos. Algunas especies resisten condiciones de salinidad y temperaturas de las aguas termales (Roldan, 1996).

## **7. Díptera**

Los dípteros constituyen uno de los órdenes de insectos más complejos, más abundantes y más ampliamente distribuidos en el mundo. Los dípteros son insectos holometábolos y su ciclo de vida es muy variable, dependiendo de las especies; puede ser de semanas en unos y hasta de cerca de un año en otros. Las hembras ovipositan bajo la superficie del agua, adheridas a rocas o vegetación flotante. La mayoría de las especies tienen de tres a cuatro instares larvales. Se sabe que en Simuliidae, duran en este estado ocho días y en la Tipulidae, hasta un año. Las larvas no poseen patas torácicas. El cuero es blando, formado por tres segmentos torácicos y nueve abdominales. Están cubiertos de cerdas, espinas apicales o corona de ganchos en prolongaciones que ayudan a la locomoción y adhesión al sustrato. La coloración es amarillenta, blanca o negra. Se les encuentra en ríos, arroyos, quebradas, lagos a todas las profundidades, depósitos de agua en las brácteas de muchas plantas y en orificios de troncos viejos y aún en las costas marinas (Roldan, 1996).

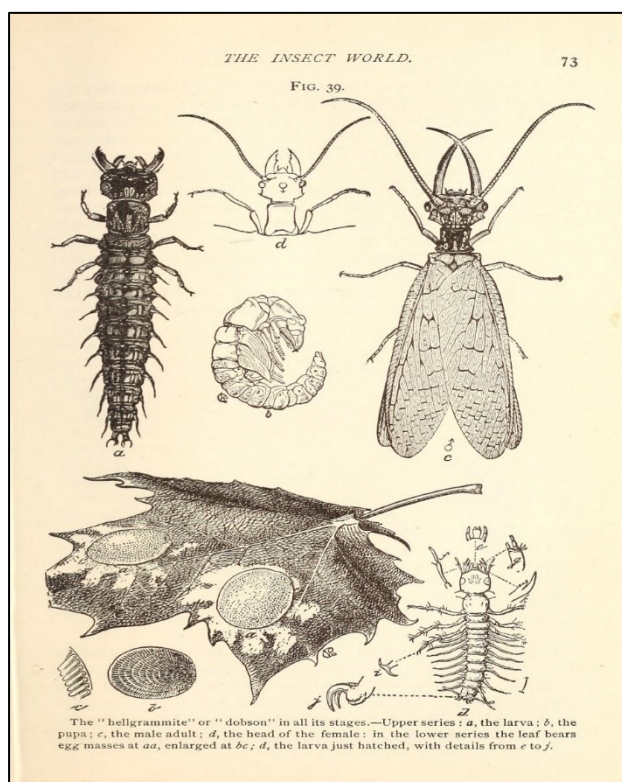
## **8. Megaloptera**

El orden Megaloptera es uno de los miembros más primitivos del grupo de insectos holometábolos. Considerado el grupo hermano de Raphidioptera,

sus alas prácticamente duplican los patrones de las especies fósiles. Se caracterizan por su gran tamaño y por presentar uno de sus estadios inmaduros acuático (larva), tanto en ambientes loticos como lenticos de áreas tropicales y templadas mientras que los restantes (huevos, pupas y adultos) son terrestres. Los adultos se encuentran generalmente en las proximidades de los cuerpos de agua, emergen preferentemente en la época cálida (primavera-verano), viven brevemente (entre 8 días y una semana) y prácticamente no se alimentan durante el día se encuentran sobre piedras, ramas o troncos con sus alas plegadas sobre el abdomen, la mayoría de las especies incrementan su actividad a partir del crepúsculo, pero son malos voladores. El comportamiento de cortejo y cópula se conoce mejor en Sialidae que en Corydalidae. Varios estudios indican que la cópula ocurre sobre la vegetación cerca del agua. Ambos sexos se comunicarían por señales vibratorias verticales del abdomen que les permite el reconocimiento mutuo a las especies. Los machos maduros atraen a las hembras secretando una sustancia con fuerte olor de un par de glándulas eversibles ubicadas entre el octavo y el noveno segmento abdominal (Roldan, 1996).

### Figura 8

*Características de los megalopteros según sus estadios de vida*



**Nota.** Ilustración de un megaloptero. a-larva; b-pupa; c-macho adulto; d-femenino adulta. Debajo de la hoja se visualiza una masa de huevos.

### **2.3.1. RESPUESTA DE LAS COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS A LA CONTAMINACIÓN**

Las comunidades de macroinvertebrados presentan diferentes respuestas a la contaminación. (Metcalf, 1989), distingue tres enfoques principales para evaluar la respuesta de las comunidades de macroinvertebrados a la contaminación. Estos son: el sapróbico, la diversidad y el biótico.

#### **El enfoque sapróbico**

El término saprobio, para referirse a la capacidad que tenían ciertos organismos de vivir en determinados niveles de contaminación, fue designado en Alemania por (Kolkwitz & Marsson, 1909). Definieron tres niveles de saprobiedad:

- Zona polisapróbica, predominantemente de procesos reductivos
- Zona mesosapróbica, parcialmente reductiva con procesos predominantemente oxidativos
- zona oligosapróbica, exclusivamente procesos oxidativos

#### **El enfoque de la diversidad**

Incluye tres componentes fundamentales de las comunidades naturales: riqueza, uniformidad o equidad y un indicativo de abundancia (en el caso de macroinvertebrados, el más usado es de la densidad, pero bien podría ser biomasa, para describir la respuesta de la comunidad a la calidad ambiental.

#### **El enfoque biótico**

Incluye los aspectos esenciales de la saprobiedad, combinando una medida cuantitativa de diversidad de especies con la información cualitativa sobre la sensibilidad ecológica de taxones de individuos en una expresión numérica simple. (Beck, 1955), propuso el índice biótico en los Estados Unidos basado en la relación entre especies intolerantes

y tolerantes a la contaminación; los valores se encuentran entre 0 y 10.

### **Índice Biótico Andino (ABI)**

- Es una propuesta de índice biótico cualitativo usado para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental y estudios ecológicos (Acosta, 2009).
- Este índice es una adaptación del BMWP (Biological Monitoring Working Party) para ríos de la zona de los andes con altitudes mayores a 2000 msnm, que cuenta con una lista taxonómica de macroinvertebrados bentónicos para esta zona (Prat, Ríos, Acosta, & Rieradevall, 2009)
- Para la aplicación de este índice se debe realizar un muestreo multihábitat en campo, no se pueden usar datos de un solo tipo de hábitat debido que la intención es obtener la representación de casi todo el área de estudio y el muestreo debe de seguir hasta no encontrar nuevas familias (Acosta, 2009).

## **2.4. DEFINICIONES CONCEPTUALES**

### **Bentos**

Es una comunidad ya sea de animales invertebrados o no, los cuales se caracterizan por habitar el fondo y la superficie de un hábitat acuático. (Gonzales & Maestre, 2014)

### **Bioindicador**

Un vindicador puede ser una especie o especies que en su presencia o ausencia indica variables físicas o químicas en los requerimientos que estas poseen en cuanto a su límite de tolerancia (Álvarez, 2007).

### **Calidad biológica**

Se considera que un medio acuático presenta una buena calidad biológica cuando tiene unas características naturales que permiten que en su

seno se desarrollen las comunidades de organismos que les son propias (Alba Tercedor, 1996)

Caudal:

El caudal de un río y/o quebrada es la cantidad, o volumen, de agua que pasa por una sección determinada en un tiempo dado. El caudal, pues, está en función de la sección (metros cuadrados) a atravesar por la velocidad a la que atraviese la sección metros/segundo (Fernández Estela, Huamaní Alfaro, Rojas Ramos, & Lavado Baldeón, 2007).

### **Comunidad**

Todos los organismos que conforman las diversas poblaciones de un área conocida y que al funcionar en conjunto con el medio inerte constituyen el Ecosistema. (Gonzales, 2014).

### **Ecosistema**

Conjunto de seres vivos en un mismo medio y el medio ambiente que le es propio, constituye la unidad funcional básica de la ecología. (Gonzales & Maestre, 2014).

### **Especie**

Se define a especie como un conjunto de individuos que viven en una misma área, las cuales tienen características físicas comunes, así también igual número de cromosomas, por lo tanto se pueden reproducir entre ellas. (Gonzales & Maestre, 2014)

### **Eutrofización**

Consiste en forzar un sistema acuático desde el exterior, con la incorporación de más nutrientes, y también de materia orgánica, que alteran temporalmente las condiciones de equilibrio, induciendo desviaciones en las características del sistema, en su composición biótica y en su sucesión. Estos procesos introducen cambios físicos, químicos y biológicos en la calidad del agua. (Margalef, Planas, Armengol, Vidal, & Prat).

## **Fauna bentónica**

En ecología se llama bentos a la comunidad formada por los organismos que habitan el fondo de los ecosistemas acuáticos. Los bentos se distinguen del plancton y del necton, formados por organismos que habitan en la columna de agua. (Gonzales & Maestre, 2014).

## **Diversidad biológica**

Es el término por el que se hace referencia a la amplia variedad de seres vivos sobre la Tierra y lo que sucede con los patrones naturales que la conforman, resultado de miles de millones de años de evolución según procesos naturales y también de la influencia creciente de las actividades del ser humano. La biodiversidad comprende igualmente la variedad de ecosistemas y las diferencias genéticas dentro de cada especie (diversidad genética) que permiten la combinación de múltiples formas de vida, y cuyas mutuas interacciones con el resto del entorno fundamentan el sustento de la vida sobre el mundo. (García; 2009).

## **2.5. SISTEMA DE HIPÓTESIS**

### **2.5.1. HIPÓTESIS GENERAL**

H1: Existe la posibilidad de hacer un análisis comparativo de la calidad de agua haciendo uso del IBA

H0: No existe la posibilidad de hacer un análisis comparativo de la calidad de agua haciendo uso del IBA

## **2.6. SISTEMA DE VARIABLES**

### **2.6.1. VARIABLE CARACTERIZACIÓN**

Índice biótico andino

### **2.6.2. VARIABLE INTERÉS**

Ríos de Huánuco

## 2.7. CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

### “ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE EL USO DEL ÍNDICE BIÓTICO ANDINO PARA TRES RÍOS DE LA CIUDAD HUÁNUCO 2021.”

| VARIABLE                                                            | DIMENSION                               | INDICADOR          | UNIDAD         | ESCALA                | INSTRUMENTO                     |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------|----------------|-----------------------|---------------------------------|
| Variable<br>caracterización<br><br><b>ÍNDICE BIÓTICO<br/>ANDINO</b> | FAMILIAS EN CONDICION<br>OPTIMA         | EXCELENTE          | ➤ 70 puntos    | CATEGORICA<br>ORDINAL | GUIA ABI Y<br>FICHA DE<br>CAMPO |
|                                                                     |                                         | BUENA              | 45 – 70 puntos |                       |                                 |
|                                                                     | FAMILIAS EN<br>CONDICIONES<br>REGULARES | REGULAR            | 27 – 44 puntos |                       |                                 |
|                                                                     |                                         | MALA               | 11 – 26 puntos |                       |                                 |
|                                                                     | FAMILIAS EN<br>CONDICIONES ADVERSAS     | MUY MALA           | < 11 puntos    |                       |                                 |
| Variable Interés                                                    | DIMENSION                               | INDICADOR          | UNIDAD         | ESCALA                | INSTRUMENTO                     |
| <b>RIOS DE HUANUCO</b>                                              | Huallaga                                | Puntos de Muestreo | Punto 1        | CATEGORICA<br>NOMINAL | FICHA DE<br>CAMPO               |
|                                                                     | Huancachupac                            |                    | Punto 2        |                       |                                 |
|                                                                     | Higueras                                |                    | Punto 3        |                       |                                 |

**Nota.** Caracterización de las dimensiones y escalas que representa las variables que se midieron en el presente estudio de investigación.

## **CAPITULO III**

### **MARCO METODOLOGICO**

#### **3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El tipo de investigación que se plantío fue según el número de variables analíticas es descriptivo, porque solo analizaremos las familias encontradas de macroinvertebrados bioindicadores y según ello describiremos la calidad de agua; según la intervención del investigador, es una investigación sin intervención; según el control de los sesgos de medición es prospectivo; según el número de mediciones de la variable de estudio es transversal. (Supo,2020).

##### **3.1.2. ENFOQUE**

Según supo (2020) la presente investigación presentara un enfoque cuantitativo ya que requiere necesariamente de la estadística. De manera que la estadística como herramienta aparece en todos los estudios cuantitativos, y ello implica que para poder demostrar la hipótesis tendremos que echar mano de la estadística. Aquí aparece el concepto de hipótesis estadística, y la podemos definir como aquella que requiere de la estadística para poder probarse.

##### **3.1.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

Es un estudio de nivel descriptivo ya que describe fenómenos que ocurren en una circunstancia temporal y geográfica determinada. Su finalidad fue describir y/o estimar parámetros. (Supo,2020).

##### **3.1.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

Diseño de investigación no experimental del tipo transeccional ya que se recopilan los datos en un momento único, es propio de los estudios descriptivos. (Supo;2020).

## 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

### 3.2.1. POBLACIÓN

La investigación no considera la población de personas, motivo por el cual no se utiliza fórmulas para cálculo de población. Se considera como población a todos los macroinvertebrados que viven en las 3 fuentes superficiales.

### 3.2.2. MUESTRA

El muestreo consistió en recolectar la mayor diversidad posible de macroinvertebrados. Para ello se determinó cuidadosamente cada uno de los hábitats posibles en cada lugar de muestreo, esto incluye el sustrato de fondo (piedra, arena, lodo, restos de vegetación), macrofitas acuáticas (flotantes, emergentes y sumergidas), raíces sumergidas de árboles y sustratos artificiales (restos de basura que puedan estar presentes, diques, etc.). Se tomaron 6 puntos de muestreo por cada fuente hídrica, en total 18 puntos de muestreo se evaluaron para determinar la diversidad biológica presente en cada fuente hídrica durante el estudio.

**Tabla 1**

*Lugar para monitorear la población de macroinvertebrados*

| P    | Altura   | Sur         | Oeste        | Entre | Altura    | Sur         | Oeste        |
|------|----------|-------------|--------------|-------|-----------|-------------|--------------|
| R.Hg | 1894msnm | 9°55'59.89" | 76°14'14.60" |       | 1899 msnm | 9°56'02.41" | 76°14'16.52" |
| R.Hg | 1899msnm | 9°56'05.69" | 76°14'18.61" |       | 1901 msnm | 9°56'08.24" | 76°14'20.73" |
| R.Hg | 1902msnm | 9°56'09.46" | 76°14'21.80" |       | 1900 msnm | 9°56'10.88" | 76°14'24.76" |
| R.Hg | 1894msnm | 9°55'59.64" | 76°14'14.29" |       | 1914 msnm | 9°56'02.41" | 76°14'16.52" |
| R.Hg | 1899msnm | 9°56'05.69" | 76°14'18.61" |       | 1916 msnm | 9°56'09.54" | 76°14'25.79" |
| R.Hg | 1902msnm | 9°56'09.46" | 76°14'21.97" |       | 1921 msnm | 9°56'10.88" | 76°14'21.73" |
| R.H  | 1905mnsn | 9°56'19.09" | 76°15'12.49" |       | 1907msnm  | 9°56'18.25" | 76°15'15.70" |
| R.H  | 1909mnsn | 9°56'17.13" | 76°15'19.79" |       | 1913msnm  | 9°56'16.45" | 76°15'23.02" |
| R.H  | 1912mnsn | 9°56'19.05" | 76°15'31.75" |       | 1913msnm  | 9°56'18.89" | 76°15'35.03" |
| R.H  | 1907mnsn | 9°56'19.09" | 76°15'12.29" |       | 1910msnm  | 9°56'18.25" | 76°15'15.07" |

|               |          |             |              |          |             |              |
|---------------|----------|-------------|--------------|----------|-------------|--------------|
| <b>R.H</b>    | 1911mnsn | 9°56'17.12" | 76°15'21.69" | 1909msnm | 9°56'16.45" | 76°15'23.04" |
| <b>R.H</b>    | 1914mnsn | 9°56'19.05" | 76°15'31.75" | 1911msnm | 9°56'18.89" | 76°15'35.07" |
| <b>R.Hpac</b> | 1955mnsn | 9°58'29.88" | 76°14'43.94" | 1962msnm | 9°58'32.03" | 76°14'46.37" |
| <b>R.Hpac</b> | 1970mnsn | 9°58'34.52" | 76°14'48.36" | 1973msnm | 9°58'36.24" | 76°14'51.18" |
| <b>R.Hpac</b> | 1977mnsn | 9°58'37.34" | 76°14'55.27" | 1985msnm | 9°58'38.05" | 76°14'58.50" |
| <b>R.Hpac</b> | 1978mnsn | 9°58'29.88" | 76°14'43.94" | 1979msnm | 9°58'32.08" | 76°14'46.30" |
| <b>R.Hpac</b> | 1979mnsn | 9°58'34.52" | 76°14'48.36" | 1981msnm | 9°58'36.27" | 76°14'51.38" |
| <b>R.Hpac</b> | 1985mnsn | 9°58'37.34" | 76°14'55.27" | 1989msnm | 9°58'38.15" | 76°14'58.60" |

Nota: Las siglas P = punto de monitoreo para:

- R.Hg: Rio Huallaga
- R.H: Rio Higuera
- R.Hpac: Rio Huancachupac

### 3.2.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica que se empleara para la ejecución de la tesis son:

Técnica: *Observación de campo*.

La técnica de observación de campo sirve al investigador para relacionarse con el objeto y construir por sí mismo la realidad estudiada. Tienen el propósito de recopilar información empírica sobre la realidad del fenómeno a estudiar (Rodríguez, 1982). Es muy útil para estudiar a fondo un fenómeno en un ambiente determinado. Para realizar este estudio se procederá de la siguiente manera:

#### 1. Periodo de recolección de datos de muestreo en campo

Se empleará el método de recolección manual y red tipo D- net, los cuales son sugeridos en el protocolo de Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas establecido por el MINAN y a Universidad Nacional Mayor de San Marcos el año 2014.

Para facilitar el recojo de las muestras se necesita la ayuda de un kit de que se detalla a continuación. Protección personal (botas,

traje para agua, chalecos salvavidas, línea de vida, etc.).

- Redes de muestreo.
- Bandejas blancas (mínimo 20 x 30 cm).
- Pinzas entomológicas.
- Frascos de plástico con tapón hermético de ¼ de litro como mínimo.
- Viales de plástico o vidrio (para el recojo de ejemplares aislados).
- Bolígrafo o rotulador permanente (para etiquetar las muestras).
- Etiquetas de papel vegetal u otro resistente a la humedad.
- Lápiz, tijeras, cinta aislante.
- Alcohol 70 %.

**Para el recojo de nuestras muestras biológicas se necesitaría:**

**a. Red tipo D-net**

Esta red se usa para hacer un “barrido” a lo largo de las orillas o recodos de la corriente donde no es posible llegar con la red de pantalla. Tiene la ventaja de que su forma triangular se adapta bien a las superficies irregulares de las orillas. Su uso debe ser intensivo hasta cubrir un área representativa del lugar de muestreo (10 m a lo largo de ambas orillas). El material recolectado se vacía sobre un cedazo, o simplemente sobre una red, para lavar el exceso de lodo o arena, luego se guarda en una bolsa plástica o un recipiente de plástico con alcohol al 70% para ser examinado posteriormente en el laboratorio.

**b. Recolección manual**

Consistió en levantar rocas, piedras, ramas sumergidas y troncos en cuya superficie se encuentran numerosos organismos adheridos. Los organismos deben ser tomados con pinzas de aluminio u otro material

suave o con la ayuda de pinceles con el fin de no dañar las estructuras externas de los organismos recolectados. El material se guarda directamente en frascos pequeños con alcohol al 70%. Esta práctica debe repetirse muchas veces hasta cubrir un área que se considere representativa de 100 metros según protocolo del MINAN. El muestreo se considera suficiente cuando comienzan a aparecer de manera repetitiva los mismos organismos.

## **2. Traslado de muestras biológicas al laboratorio donde se realizará lo siguiente:**

- Limpieza y determinación taxonómica en el laboratorio mediante microscopia y guía de (Hanson; 2010).
- Conservación de los macroinvertebrados acuáticos.
- Determinación de la valoración de los macroinvertebrados acuáticos y su relación con la calidad del agua.

Instrumento: hoja o ficha de registro de datos.

### **3.2.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN**

Para el análisis de la información nos apoyamos de la Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. (Anexo 4). Y para el procesamiento y evaluación los datos obtenidos se realizarán a través del programa SPSS26, y para la presentación de los datos se recurrió al apoyo de la estadística descriptiva, ya que esta se constituye como una herramienta importante en la labor de investigación.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. PROCESAMIENTOS DE DATOS

Para el procesamiento de datos se consideró la siguiente información de acuerdo a los objetivos de estudio.

#### Familias de macroinvertebrados y número de individuos por muestreo en el río Higuera (Puntos)

**Tabla 2**

*Familias Identificados en el río Higuera Punto 1*

| <b>FAMILIAS</b><br><b>P1</b> | <b>N° de Individuos</b><br><b>por muestreo</b> |
|------------------------------|------------------------------------------------|
| Chironomidae                 | 10                                             |
| Oligochaeta                  | 3                                              |
| Hidrophilidae                | 3                                              |
| Simuliidae                   | 14                                             |
| Leptoceridae                 | 8                                              |
| Baetidae                     | 3                                              |
| Ephemeridae                  | 4                                              |
| Hydrobiosidae                | 3                                              |
| Gripopterygidae              | 5                                              |
| Muscidae                     | 15                                             |
| Scirtidae                    | 7                                              |

*Nota.* En la tabla 2 se muestra que la familia Muscidae es la predominante en este primer punto de muestreo.

**Tabla 3**

*Familias Identificados en el río Higuera Punto 2*

| <b>FAMILIAS</b><br><b>P2</b> | <b>N° de Individuos</b><br><b>por muestreo</b> |
|------------------------------|------------------------------------------------|
| Muscidae                     | 10                                             |
| Leptoceridae                 | 8                                              |
| Ephemeridae                  | 5                                              |
| Simuliidae                   | 10                                             |
| Baetidae                     | 4                                              |
| Eimidae                      | 3                                              |
| Scirtidae                    | 5                                              |
| Gripopterygidae              | 4                                              |
| Hidrophilidae                | 13                                             |

*Nota.* En la tabla 3 se muestra que la familia Hidrophilidae y Simuliidae son las que reportan mayor número de individuos en el punto de muestro 2.

**Tabla 4***Familias Identificados en el rio Higuera Punto 3*

| <b>FAMILIAS</b><br><b>P3</b> | <b>N° de Individuos</b><br><b>por muestreo</b> |
|------------------------------|------------------------------------------------|
| Chironomidae                 | 10                                             |
| Hidrophillidae               | 8                                              |
| Leptoceridae                 | 5                                              |
| Ephemeraeidae                | 4                                              |
| Scirtidae                    | 7                                              |
| Baetidae                     | 9                                              |
| Gripopterygidae              | 3                                              |

*Nota.* En la tabla 4 se muestra que la familia Chironomidae es la predominante en este punto de muestreo al mismo tiempo las familias Baetidae y Hidrophillidae se reportaron.

**Tabla 5***Familias Identificados en el rio Higuera Punto 4*

| <b>FAMILIAS</b><br><b>P4</b> | <b>N° de Individuos</b><br><b>por muestreo</b> |
|------------------------------|------------------------------------------------|
| Simuliidae                   | 3                                              |
| Ephemeraeidae                | 5                                              |
| Tabanidae                    | 5                                              |
| Hidrophillidae               | 3                                              |
| Leptoceridae                 | 4                                              |
| Oligochaeta                  | 7                                              |
| Gripopterygidae              | 2                                              |
| Baetidae                     | 6                                              |

*Nota.* En la tabla 5 se muestra que la familia Baetidae es la predominante en este punto de muestreo.

**Tabla 6***Familias Identificados en el rio Higuera Punto 5*

| <b>FAMILIAS</b><br><b>P5</b> | <b>N° de</b><br><b>Individuos por</b><br><b>muestreo</b> |
|------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Gripopterygidae              | 1                                                        |
| Ephemeraeidae                | 2                                                        |
| Leptoceridae                 | 1                                                        |
| Muscidae                     | 8                                                        |
| Scirtidae                    | 5                                                        |
| Chironomidae                 | 10                                                       |

*Nota.* En la tabla 6 se muestra que la familia Chironomidae es la predominante en este punto de muestreo

**Tabla 7***Familias Identificados en el rio Higuera Punto 6*

| <b>FAMILIAS</b><br><b>P6</b> | <b>N° de Individuos</b><br><b>por muestreo</b> |
|------------------------------|------------------------------------------------|
| Leptoceridae                 | 4                                              |
| Gripopterygidae              | 3                                              |
| Hidrophillidae               | 3                                              |
| Ephemeridae                  | 1                                              |
| Baetidae                     | 5                                              |
| Chironomidae                 | 9                                              |
| Scirtidae                    | 6                                              |
| Muscidae                     | 5                                              |
| Simuliidae                   | 12                                             |
| Empididae                    | 7                                              |

*Nota.* En la tabla 7 se muestra que la familia Simuliidae es la predominante en este punto.

#### **4.1.2. Familias de macroinvertebrados y número de individuos por muestreo en el rio Huallaga (Puntos)**

**Tabla 8***Familias Identificados en el rio Huallaga Punto 1*

| <b>FAMILIAS</b><br><b>P1</b> | <b>N° de Individuos</b><br><b>por muestreo</b> |
|------------------------------|------------------------------------------------|
| Simuliidae                   | 10                                             |
| Elmidae                      | 14                                             |
| Gripopterygidae              | 3                                              |
| Muscidae                     | 8                                              |
| Lymnaeidae                   | 8                                              |
| Oligochaeta                  | 10                                             |
| Hirudidae                    | 5                                              |

*Nota.* En la tabla 8 se muestra que la familia Elmidae es la predominante en este punto.

**Tabla 9***Familias Identificados en el rio Huallaga Punto 2*

| <b>FAMILIAS</b><br><b>P2</b> | <b>N° de</b><br><b>Individuos por</b><br><b>muestreo</b> |
|------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Hirudidae                    | 5                                                        |
| Chironomidae                 | 7                                                        |
| Tabanidae                    | 2                                                        |
| Lymnaeidae                   | 10                                                       |
| Empididae                    | 5                                                        |
| Muscidae                     | 4                                                        |
| Oligochaeta                  | 15                                                       |
| Elmidae                      | 6                                                        |

*Nota.* En la tabla 9 se muestra que la familia Oligochaeta es la predominante en este punto.

**Tabla 10***Familias Identificados en el rio Huallaga Punto 3*

| <b>FAMILIAS</b><br><b>P3</b> | <b>N° de Individuos<br/>por muestreo</b> |
|------------------------------|------------------------------------------|
| Lymnaeidae                   | 8                                        |
| Hirudidae                    | 3                                        |
| Elmidae                      | 4                                        |
| Muscidae                     | 3                                        |
| Simulidae                    | 8                                        |
| Griopterygidae               | 1                                        |

*Nota.* En la tabla 10 se muestra que la familia Lymnaeidae y Simulidae predominan en este punto.

**Tabla 11***Familias Identificados en el rio Huallaga Punto 4*

| <b>FAMILIAS</b><br><b>P4</b> | <b>N° de Individuos<br/>por muestreo</b> |
|------------------------------|------------------------------------------|
| Oligochaeta                  | 8                                        |
| Simulidae                    | 5                                        |
| Chironomidae                 | 6                                        |
| Elmidae                      | 4                                        |
| Lymnaeidae                   | 5                                        |

*Nota.* En la tabla 11 se muestra que la familia Oligocheta predominan en este punto.

**Tabla 12***Familias Identificados en el rio Huallaga Punto 5*

| <b>FAMILIAS</b><br><b>P5</b> | <b>N° de Individuos<br/>por muestreo</b> |
|------------------------------|------------------------------------------|
| Planariidae                  | 3                                        |
| Simulidae                    | 2                                        |
| Lymnaeidae                   | 6                                        |
| Griopterygidae               | 2                                        |
| Chironomidae                 | 5                                        |
| Culicidae                    | 3                                        |
| Oligochaeta                  | 5                                        |

*Nota.* En la tabla 12 se muestra que la familia Oligocheta y chironomidae predominan en este punto, lo que muestra individuos que se relacionan con mala calidad de agua para este grupo.

**Tabla 13***Familias Identificados en el rio Huallaga Punto 6*

| <b>FAMILIAS</b><br><b>P6</b> | <b>N° de Individuos<br/>por muestreo</b> |
|------------------------------|------------------------------------------|
| Hirudidae                    | 7                                        |
| Muscidae                     | 6                                        |
| Lymnaeidae                   | 6                                        |
| Chironomidae                 | 3                                        |
| Oligochaeta                  | 5                                        |
| Tabanidae                    | 3                                        |
| Planariidae                  | 2                                        |

*Nota.* En la tabla 13 se muestra que la familia Hirudidae predominan en este punto, lo que muestra individuos que se relacionan con mala calidad de agua para este grupo.

### **FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS Y NÚMERO DE INDIVIDUOS POR MUESTREO EN EL RIO HUANCACHUPAC (PUNTOS)**

**Tabla 14***Familias Identificados en el rio Huancachupac Punto 1*

| <b>FAMILIAS</b><br><b>P1</b> | <b>N° de<br/>Individuos por<br/>muestreo</b> |
|------------------------------|----------------------------------------------|
| Simuliidae                   | 9                                            |
| Hydrobiosidae                | 8                                            |
| Blepharoceridae              | 6                                            |
| Leptoceridae                 | 2                                            |
| Staphylinidae                | 8                                            |
| Tipulidae                    | 1                                            |
| Physidae                     | 3                                            |
| Baetidae                     | 8                                            |
| Ceratopogonidae              | 10                                           |
| Dytiscidae                   | 1                                            |
| Oligochaeta                  | 2                                            |
| Hirudidae                    | 3                                            |
| Caenidae                     | 4                                            |
| Muscidae                     | 1                                            |
| Chiliniidae                  | 24                                           |

*Nota.* En la tabla 14 se muestra gran variedad de especies encontradas en este punto, siendo las de principal relevancia las familias Ceratopogonidae y Chiliniidae.

**Tabla 15***Familias Identificados en el rio Huancachupac Punto 2*

| <b>FAMILIAS</b><br><b>P2</b> | <b>N° de</b><br><b>Individuos por</b><br><b>muestreo</b> |
|------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Muscidae                     | 5                                                        |
| Ephemeraidae                 | 6                                                        |
| Simuliidae                   | 5                                                        |
| Physidae                     | 6                                                        |
| Lymnaeidae                   | 4                                                        |
| Baetidae                     | 7                                                        |
| Tipulidae                    | 4                                                        |
| Hirudidae                    | 5                                                        |
| Blepharoceridae              | 4                                                        |
| Oligochaeta                  | 3                                                        |
| Hydropsychidae               | 2                                                        |
| Baetidae                     | 3                                                        |
| Dytiscidae                   | 1                                                        |

*Nota.* En la tabla 15 se muestra gran variedad de especies encontradas en este punto, siendo las de principal relevancia las familias Ceratopogonidae y Chilinidae.

**Tabla 16***Familias Identificados en el rio Huancachupac Punto 3*

| <b>FAMILIAS</b><br><b>P3</b> | <b>N° de Individuos</b><br><b>por muestreo</b> |
|------------------------------|------------------------------------------------|
| Tipulidae                    | 5                                              |
| Baetidae                     | 5                                              |
| Ceratopogonidae              | 3                                              |
| Hirudidae                    | 7                                              |
| Simuliidae                   | 7                                              |
| Blepharoceridae              | 4                                              |
| Hydrobiosidae                | 6                                              |
| Staphylinidae                | 3                                              |
| Leptoceridae                 | 5                                              |
| Physidae                     | 8                                              |

*Nota.* En la tabla 16 se muestra gran variedad de especies encontradas en este punto, siendo las de principal relevancia las familias Physidae y Hirudidae.

**Tabla 17***Familias Identificados en el rio Huancachupac Punto 4*

| <b>FAMILIAS</b><br><b>P4</b> | <b>N° de</b><br><b>Individuos por</b><br><b>muestreo</b> |
|------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Leptoceridae                 | 5                                                        |
| Ceratopogonidae              | 3                                                        |
| Oligochaeta                  | 3                                                        |
| Tipulidae                    | 4                                                        |
| Baetidae                     | 5                                                        |
| Blepharoceridae              | 3                                                        |
| Physidae                     | 5                                                        |
| Lymnaeidae                   | 3                                                        |
| Ephemeraidae                 | 5                                                        |

*Nota.* En la tabla 17 se muestra gran variedad de especies encontradas en este punto, siendo las de principal relevancia las familias Leptoceridae, Baetidae, Physidae, y Ephemeraidae.

**Tabla 18***Familias Identificados en el rio Huancachupac Punto 5*

| <b>FAMILIAS</b><br><b>P5</b> | <b>N° de Individuos</b><br><b>por muestreo</b> |
|------------------------------|------------------------------------------------|
| Staphylinidae                | 6                                              |
| Hirudidae                    | 4                                              |
| Simuliidae                   | 3                                              |
| Hydrobiosidae                | 6                                              |
| Physidae                     | 3                                              |
| Baetidae                     | 6                                              |
| Tipulidae                    | 5                                              |
| Ceratopogonidae              | 2                                              |
| Leptoceridae                 | 6                                              |
| Gripopterygidae              | 5                                              |
| Lymnaeidae                   | 2                                              |

*Nota.* En la tabla 18 se muestra gran variedad de especies encontradas en este punto, siendo las de principal relevancia las familias Staphylinidae Hydrobiosidae, Baetidae, y Leptoceridae

**Tabla 19***Familias Identificados en el rio Huancachupac Punto 6*

| <b>FAMILIAS</b> | <b>N° de Individuos</b> |
|-----------------|-------------------------|
| <b>P6</b>       | <b>por muestreo</b>     |
| Gripopterygidae | 7                       |
| Baetidae        | 6                       |
| Hydrobiosidae   | 5                       |
| Staphylinidae   | 4                       |
| Lymnaeidae      | 6                       |
| Empididae       | 5                       |
| Muscidae        | 3                       |
| Blepharoceridae | 8                       |
| Ephemeraidae    | 10                      |

*Nota.* En la tabla 19 se muestra gran variedad de especies encontradas en este punto, siendo la de principal relevancia la familia Ephemeraidae.

## 4.2. BIODIVERSIDAD DE LOS RÍOS EVALUADOS

**Tabla 20**

*Resultado de la Diversidad biológica con el Índice de Shannon para Rio Huancachupac*

| Macroinvertebrados<br>HUANCACHUPAC | Diversidad de especies         | Logaritmo natural del total de<br>individuos de la muestra | Equidad          |
|------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------|
|                                    | $H = -\sum p_i \cdot \ln(p_i)$ | $\ln(S)$                                                   | $E = H / \ln(S)$ |
| P1                                 | 2.337134584                    | 4.49980967                                                 | 0.51938521       |
| P2                                 | 2.482286753                    | 4.007333185                                                | 0.61943608       |
| P3                                 | 2.255060761                    | 3.970291914                                                | 0.56798362       |
| P4                                 | 2.169149962                    | 3.583518938                                                | 0.60531282       |
| P5                                 | 2.32940838                     | 3.871201011                                                | 0.60172757       |
| P6                                 | 2.142331058                    | 3.988984047                                                | 0.53706183       |
| <b>PROMEDIO</b>                    | 2.28589525                     | 3.986856461                                                | 0.575151188      |

**Nota.** En la tabla N° 20 se visualiza el nivel de biodiversidad evaluado con el índice de Shannon. El punto 2 muestra mayor biodiversidad, lo que es indicativo de una diversidad biológica en equilibrio, seguido del punto 1, y el índice de equidad significa que las características de los organismos encontrados son medianamente abundantes, en relación a su variable abundancia.

**Tabla 21***Resultado de la Diversidad biológica con el Índice de Shannon para Rio Higueras*

| Macroinvertebrados RIO<br>HIGUERAS | Diversidad de especies         | Logaritmo natural del<br>total de individuos de<br>la muestra | Equidad          |
|------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------|
|                                    | $H = -\sum p_i \cdot \ln(p_i)$ | $\ln(S)$                                                      | $E = H / \ln(S)$ |
| P1                                 | 2.215807788                    | 4.317488114                                                   | 0.51321688       |
| P2                                 | 1.73215924                     | 4.127134385                                                   | 0.41970023       |
| P3                                 | 1.873294019                    | 3.828641396                                                   | 0.48928427       |
| P4                                 | 2.012792275                    | 3.555348061                                                   | 0.56613087       |
| P5                                 | 1.477508452                    | 3.295836866                                                   | 0.44829538       |
| P6                                 | 2.149204837                    | 4.007333185                                                   | 0.53631798       |
| <b>PROMEDIO</b>                    | 1.91012777                     | 3.855297001                                                   | 0.53631798       |

**Nota.** En la tabla N° 21 se visualiza el nivel de biodiversidad evaluado con el índice de Shannon. El punto 1 muestra mayor biodiversidad, lo que es indicativo de una diversidad biológica en equilibrio, seguido del punto 4, y el índice de equidad significa que las características de los organismos encontrados son medianamente abundantes; sin embargo, hay puntos, en relación a su variable abundancia es menor a la media. El promedio para el rio higueras, es 1.9 lo que indica una diversidad baja con una equidad medianamente abundante

**Tabla 22***Resultado de la Diversidad biológica con el Índice de Shannon para Rio Huallaga*

| <b>Macroinvertebrados HUALLAGA</b> | Diversidad de especies         | Logaritmo natural del total de individuos de la muestra | Equidad          |
|------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------|
|                                    | $H = -\sum p_i \cdot \ln(p_i)$ | $\ln(S)$                                                | $E = H / \ln(S)$ |
| <b>P1</b>                          | 1.860225846                    | 4.060443011                                             | 0.45813372       |
| <b>P2</b>                          | 1.932606589                    | 3.988984047                                             | 0.48448592       |
| <b>P3</b>                          | 1.614062205                    | 3.295836866                                             | 0.48972758       |
| <b>P4</b>                          | 1.581288592                    | 3.33220451                                              | 0.47454728       |
| <b>P5</b>                          | 1.865435061                    | 3.258096538                                             | 0.57255365       |
| <b>P6</b>                          | 1.86737208                     | 3.465735903                                             | 0.53880969       |
| <b>PROMEDIO</b>                    | 1.786831729                    | 3.566883479                                             | 0.503042973      |

**Nota.** En la tabla N° 22 se visualiza el nivel de biodiversidad evaluado con el índice de Shannon. Según el promedio se observa una diversidad baja, con una equidad que define a los organismos con una mediana abundancia en esta zona de muestreo, lo que significa que el número de familias identificadas en estas zonas son menores a las encontradas en la tabla 20 y 19.

### 4.3. CALIDAD DE AGUA SEGÚN PUNTO DE MONITOREO EVALUADO

**Tabla 23**

*Índice Biótico Andino para el Rio Higuera*

| FAMILIAS        | Puntaje según sumatoria de ABI | FAMILIAS        | Puntaje según sumatoria de ABI | FAMILIAS        | Puntaje según sumatoria de ABI | FAMILIAS        | Puntaje según sumatoria de ABI | FAMILIAS        | Puntaje según sumatoria de ABI | FAMILIAS        | Puntaje según sumatoria de ABI |
|-----------------|--------------------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------|--------------------------------|
| P1              |                                | P2              |                                | P3              |                                | P4              |                                | P5              |                                | P6              |                                |
| Chironomidae    | 2                              | Muscidae        | 2                              | Chironomidae    | 2                              | Simuliidae      | 2                              | Gripopterygidae | 10                             | Leptoceridae    | 8                              |
| Oligochaetidae  | 1                              | Leptoceridae    | 8                              | Hidrophillidae  | 6                              | Ephemeridae     | 10                             | Ephemeridae     | 10                             | Gripopterygidae | 10                             |
| Hidrophillidae  | 6                              | Ephemeridae     | 10                             | Leptoceridae    | 8                              | Tabanidae       | 4                              | Leptoceridae    | 8                              | Hidrophillidae  | 6                              |
| Simuliidae      | 2                              | Simuliidae      | 2                              | Ephemeridae     | 10                             | Hidrophillidae  | 6                              | Muscidae        | 2                              | Ephemeridae     | 10                             |
| Leptoceridae    | 8                              | Baetidae        | 4                              | Scirtidae       | 3                              | Leptoceridae    | 8                              | Scirtidae       | 3                              | Baetidae        | 4                              |
| Baetidae        | 4                              | Eimidae         | 5                              | Baetidae        | 4                              | Oligochaetidae  | 1                              | Chironomidae    | 2                              | Chironomidae    | 2                              |
| Ephemeridae     | 10                             | Scirtidae       | 3                              | Gripopterygidae | 10                             | Gripopterygidae | 10                             |                 |                                | Scirtidae       | 3                              |
| Hydrobiosidae   | 3                              | Gripopterygidae | 10                             |                 |                                | Baetidae        | 5                              |                 |                                | Muscidae        | 2                              |
| Gripopterygidae | 10                             | Hidrophilidae   | 6                              |                 |                                |                 |                                |                 |                                | Simuliidae      | 2                              |
| Muscidae        | 2                              |                 |                                |                 |                                |                 |                                |                 |                                | Empididae       | 4                              |
| Scirtidae       | 3                              |                 |                                |                 |                                |                 |                                |                 |                                |                 |                                |
| <b>TOTAL</b>    | <b>51</b>                      |                 | <b>50</b>                      |                 | <b>43</b>                      |                 | <b>46</b>                      |                 | <b>35</b>                      |                 | <b>51</b>                      |
| <b>BUENA</b>    |                                | <b>BUENA</b>    |                                | <b>REGULAR</b>  |                                | <b>BUENA</b>    |                                | <b>REGULAR</b>  |                                | <b>Buena</b>    |                                |

**Nota.** En la tabla 23 se muestra el índice biótico andino evaluado para los 6 puntos de muestreo donde se verifica que el promedio es 46, que es indicativo de una calidad de agua *Buena*, según el ABI (índice biótico andino). Información que fue recolectada de la ficha de campo.

**Tabla 24**  
*Índice Biótico Andino para el Río Huallaga*

| FAMILIAS       | Puntaje según sumatoria de ABI | FAMILIAS     | Puntaje según sumatoria de ABI | FAMILIAS       | Puntaje según sumatoria de ABI | FAMILIAS     | Puntaje según sumatoria de ABI | FAMILIAS       | Puntaje según sumatoria de ABI | FAMILIAS     | Puntaje según sumatoria de ABI |
|----------------|--------------------------------|--------------|--------------------------------|----------------|--------------------------------|--------------|--------------------------------|----------------|--------------------------------|--------------|--------------------------------|
| P1             |                                | P2           |                                | P3             |                                | P4           |                                | P5             |                                | P6           |                                |
| Simuliidae     | 2                              | Hirudidae    | 5                              | Lymnaeidae     | 3                              | Oligochaeta  | 1                              | Planariidae    | 5                              | Hirudidae    | 3                              |
| Elmidae        | 5                              | Chironomidae | 2                              | Hirudidae      | 3                              | Simuliidae   | 2                              | Simuliidae     | 2                              | Muscidae     | 2                              |
| Griopterygidae | 10                             | Tabanidae    | 4                              | Elmidae        | 5                              | Chironomidae | 2                              | Lymnaeidae     | 3                              | Lymnaeidae   | 3                              |
| Muscidae       | 2                              | Lymnaeidae   | 3                              | Muscidae       | 2                              | Elmidae      | 5                              | Griopterygidae | 10                             | Chironomidae | 2                              |
| Lymnaeidae     | 3                              | Empididae    | 4                              | Simuliidae     | 2                              | Lymnaeidae   | 3                              | Chironomidae   | 2                              | Oligochaeta  | 1                              |
| Oligochaeta    | 1                              | Muscidae     | 2                              | Griopterygidae | 10                             |              |                                | Culicidae      | 2                              | Tabanidae    | 4                              |
| Hirudidae      | 3                              | Oligochaeta  | 1                              |                |                                |              |                                | Oligochaeta    | 1                              | Planariidae  | 5                              |
|                |                                | Elmidae      | 5                              |                |                                |              |                                |                |                                |              |                                |
|                | 26                             |              | 26                             |                | 25                             |              | 13                             |                | 25                             |              | 20                             |
|                | <b>MALA</b>                    |              | <b>MALA</b>                    |                | <b>MALA</b>                    |              | <b>MALA</b>                    |                | <b>MALA</b>                    |              | <b>MALA</b>                    |

**Nota.** En la tabla 24 se muestra el índice biótico andino evaluado para los 6 puntos de muestreo donde se verifica que el promedio es 22.5, que es indicativo de una calidad de agua *Mala*, según el ABI (índice biótico andino). Información que fue recolectada de la ficha de campo. Lo que nos permite inferir de un ambiente altamente contaminado con materia orgánica.

**Tabla 25**  
*Índice Biótico Andino para el Río Huancachupac*

| FAMILIAS<br>P1   | Puntaje<br>según<br>sumatoria<br>de ABI | FAMILIAS<br>P2  | Puntaje<br>según<br>sumatoria<br>de ABI | FAMILIAS<br>P3  | Puntaje<br>según<br>sumatoria<br>de ABI | FAMILIAS<br>P4  | Puntaje<br>según<br>sumatoria<br>de ABI | FAMILIAS<br>P5  | Puntaje<br>según<br>sumatoria<br>de ABI | FAMILIAS<br>P6  | Puntaje<br>según<br>sumatoria<br>de ABI |
|------------------|-----------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------|
| Simuliidae       | 2                                       | Muscidae        | 2                                       | Tipulidae       | 5                                       | Leptoceridae    | 8                                       | Staphylinidae   | 8                                       | Gripopterygidae | 10                                      |
| Hydrobiosidae    | 8                                       | Ephemeridae     | 10                                      | Baetidae        | 10                                      | Ceratopogonidae | 4                                       | Hirudidae       | 3                                       | Baetidae        | 10                                      |
| Blepharoceridae  | 8                                       | Simuliidae      | 2                                       | Ceratopogonidae | 4                                       | Oligochaeta     | 1                                       | Simuliidae      | 2                                       | Hydrobiosidae   | 8                                       |
| Leptoceridae     | 8                                       | Physidae        | 3                                       | Hirudidae       | 3                                       | Tipulidae       | 5                                       | Hydrobiosidae   | 8                                       | Staphylinidae   | 8                                       |
| Staphylinidae    | 8                                       | Lymnaeidae      | 3                                       | Simuliidae      | 2                                       | Baetidae        | 10                                      | Physidae        | 3                                       | Lymnaeidae      | 3                                       |
| Tipulidae        | 5                                       | Baetidae        | 10                                      | Blepharoceridae | 8                                       | Blepharoceridae | 8                                       | Baetidae        | 10                                      | Empididae       | 4                                       |
| Physidae         | 3                                       | Tipulidae       | 5                                       | Hydrobiosidae   | 8                                       | Physidae        | 3                                       | Tipulidae       | 5                                       | Muscidae        | 2                                       |
| Baetidae         | 10                                      | Hirudidae       | 3                                       | Staphylinidae   | 8                                       | Lymnaeidae      | 3                                       | Ceratopogonidae | 4                                       | Blepharoceridae | 8                                       |
| Ceratopogonidae  | 4                                       | Blepharoceridae | 8                                       | Leptoceridae    | 8                                       | Ephemeridae     | 10                                      | Leptoceridae    | 8                                       | Ephemeridae     | 10                                      |
| Dytiscidae       | 3                                       | Oligochaeta     | 1                                       | Physidae        | 3                                       |                 |                                         | Gripopterygidae | 10                                      |                 |                                         |
| Oligochaeta      | 1                                       | Hydropsychidae  | 5                                       |                 |                                         |                 |                                         | Lymnaeidae      | 3                                       |                 |                                         |
| Hirudidae        | 3                                       | Baetidae        | 10                                      |                 |                                         |                 |                                         |                 |                                         |                 |                                         |
| Caenidae         | 4                                       | Dytiscidae      | 3                                       |                 |                                         |                 |                                         |                 |                                         |                 |                                         |
| Muscidae         | 2                                       |                 |                                         |                 |                                         |                 |                                         |                 |                                         |                 |                                         |
| Chiliniidae      | 5                                       |                 |                                         |                 |                                         |                 |                                         |                 |                                         |                 |                                         |
| 74               |                                         | 62              |                                         | 59              |                                         | 52              |                                         | 64              |                                         | 63              |                                         |
| <b>EXCELENTE</b> |                                         | <b>BUENA</b>    |                                         | <b>BUENA</b>    |                                         | <b>BUENA</b>    |                                         | <b>BUENA</b>    |                                         | <b>Buena</b>    |                                         |

En la tabla 25 se observa el biótico andino evaluado para los 6 puntos de muestreo donde se verifica que el promedio es 62.33, que es indicativo de una buena calidad de agua, según el ABI (índice biótico andino). Información que fue recolectada de la ficha de campo. Lo que nos permite inferir de un ambiente en buena condición.

#### 4.4. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

**Tabla 26**

*comparativa de las 3 fuentes superficiales*

| <b>Puntos</b>    | <b>ABI</b>   | <b>CALIDAD</b> | <b>BIODIVERSIDAD</b> | <b>EQUIDAD</b>     |
|------------------|--------------|----------------|----------------------|--------------------|
| HIGUERAS (P1)    | 51           | Buena          | 2.215807788          | 0.51321688         |
| HIGUERAS (P2)    | 50           | Buena          | 1.73215924           | 0.41970023         |
| HIGUERAS (P3)    | 43           | Regular        | 1.873294019          | 0.48928427         |
| HIGUERAS (P4)    | 46           | Buena          | 2.012792275          | 0.56613087         |
| HIGUERAS (P5)    | 35           | Regular        | 1.477508452          | 0.44829538         |
| HIGUERAS (P6)    | 51           | Buena          | 2.149204837          | 0.53631798         |
| <i>Promedio</i>  | <i>46</i>    | <i>Buena</i>   | <i>1.91012777</i>    | <i>0.53631798</i>  |
| HUALLAGA (P1)    | 26           | Mala           | 1.860225846          | 0.45813372         |
| HUALLAGA (P2)    | 26           | Mala           | 1.932606589          | 0.48448592         |
| HUALLAGA (P3)    | 25           | Mala           | 1.614062205          | 0.48972758         |
| HUALLAGA(P4)     | 13           | Mala           | 1.581288592          | 0.47454728         |
| HUALLAGA (P5)    | 25           | Mala           | 1.865435061          | 0.57255365         |
| HUALLAGA (P6)    | 20           | Mala           | 1.86737208           | 0.53880969         |
| <i>Promedio</i>  | <i>22.5</i>  | <i>Mala</i>    | <i>1.786831729</i>   | <i>0.503042973</i> |
| HUANCACHUPA (P1) | 74           | Excelente      | 2.337134584          | 0.51938521         |
| HUANCACHUPA (P2) | 62           | Buena          | 2.482286753          | 0.61943608         |
| HUANCACHUPA (P3) | 59           | Buena          | 2.255060761          | 0.56798362         |
| HUANCACHUPA (P4) | 52           | Buena          | 2.169149962          | 0.60531282         |
| HUANCACHUPA (P5) | 64           | Buena          | 2.32940838           | 0.60172757         |
| HUANCACHUPA (P6) | 63           | Buena          | 2.142331058          | 0.53706183         |
| <i>Promedio</i>  | <i>62.33</i> | <i>Buena</i>   | <i>2.28589525</i>    | <i>0.575151188</i> |

En la tabla 26 se muestra un resumen de las variables evaluadas en toda la investigación donde se visualiza que el río Huancachupa muestra una biodiversidad en equilibrio y a la vez una buena calidad de agua haciendo uso de los macroinvertebrados bentónicos como Bioindicadores.

## **CAPITULO V**

### **DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

La ejecución de la presente investigación trajo consigo resultados muy interesantes, fue una de las primeras investigaciones que Revela la biodiversidad y la calidad de agua haciendo uso de macroinvertebrados bentónicos en la ciudad de Huánuco.

Según Orrego y Hernández en su investigación lograron describir a los macroinvertebrados del Parque Nacional selva de Florencia en Colombia dónde encontraron resultados muy variados ya que recolectaron 534 individuos representados en 10 órdenes 41 géneros y 57 morfo especies un estudio realmente complejo en donde las Ephemeras fueron los principales organismos encontrados describiéndose en este grupo de efemerópteros una nueva especie; en la investigación realizada en los Tres Ríos de Huánuco muestra un gran número de individuos que se puede contabilizar siendo 300 individuos para el río Higuera, 225 para el río Huallaga y 336 para el río Huancachupa, también se logró identificar 14 familias de macroinvertebrados para el río Higuera, 12 familias para el río Huallaga y un total de 18 familias para el río Huancachupa.

El investigador Pilaguano en el 2020 realizó una tesis en el río Jambelí con macroinvertebrados en Ecuador los resultados más relevantes de su investigación es que haciendo uso del índice biótico logro demostrar que las microcuencas de Chacalín y Morgan tienen una calidad de agua regular con una contaminación poco alterada mientras que la microcuenca del Limonero a través de su índice biótico demostró una agua totalmente contaminada esto asemeja bastante a los resultados obtenidos en la investigación desarrollada ya que los ríos Huancachupa e Higuera muestran agua de buena calidad sin embargo el río Huallaga tiene un agua de mala calidad y a la vez con baja biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos.

Custodio y Chanamé en el departamento de Junín hicieron análisis de agua y de la biodiversidad de macroinvertebrados en el río Cunas para ello

lo primero que evaluaron fue los parámetros fisicoquímicos del agua, la actividad piscícola, actividad pecuaria y actividad urbana y evaluaron la taxonomía de los macroinvertebrados; en sus análisis detectaron cuatro filum; 7 clases; 12 órdenes y 26 familias de macroinvertebrados. La presente investigación que desarrollamos no hizo un análisis tan profundo sin embargo llegamos a monitorear la biodiversidad a través del índice de Shannon y la equidad. Qué son parámetros que indican cómo estas aguas alteran la biodiversidad biológica de estas especies.

Bazan en el 2020 evaluó los humedales de Eten en el cual utilizó a los macroinvertebrados identificando a los odonatos, coleópteros, dípteros y hemípteros. Los resultados más relevantes de esta investigación es que utilizó la red surber y logró recolectar 11552 individuos identificando 13 especies que se agruparon en 9 familias y 4 órdenes todo esto utilizando el índice biótico andino para ver biodiversidad utilizó shannon-wiener, finalmente llegó a la conclusión que a través de las métricas biológicas determinó la calidad de agua de los humedales de Eten sin embargo obtuvo una calidad de agua crítica en mal estado. En la investigación realizada se utilizó el índice de Shannon para determinar la diversidad de especies y se evaluó también el parámetro de equidad para el río Higuera se obtuvo una diversidad de 1.91; para el río Huallaga se obtuvo una diversidad de 1.78 y para el Huancachupa, se obtuvo una biodiversidad de 2.28. Esto es indicativo que la mayor biodiversidad se encuentra en el río Huancachupa y muestra un agua de buena calidad; sin embargo, lo contrario a ello se encuentra en el río Huallaga cuyas aguas solamente se identificaron especies de macroinvertebrados que crecen y prosperan en condiciones malas lo que conlleva a inferir un agua de mala calidad.

Para Morales en la ciudad de Huánuco realizó su estudio de análisis de macroinvertebrados en la quebrada de Ushpa en el distrito de San Francisco de Cayran; cuyo objetivo fue analizar la relación de los macroinvertebrados con la calidad de agua. Los resultados que da a conocer identifica 17 familias de macroinvertebrados en su monitoreo haciendo uso del índice biótico andino logra determinar la calidad de agua. La metodología que utilizó fue la de 7 puntos de monitoreo respectivamente en la quebrada y finalmente concluye

que las variables en estudio dan a conocer la calidad de agua de dicha quebrada. Para la investigación realizada se utilizaron dos metodologías la D-net y la búsqueda manual debajo de las rocas a través de estas dos metodologías se pudo recolectar a los macroinvertebrados para el caso de mi estudio Se tomaron seis muestras por cada Río identificándose también el número de familias más representativas para poder evaluar el índice biótico andino cabe recalcar qué la evaluación realizada en la presente investigación es de tipo descriptiva donde se evalúa abundancia; equidad; índice biótico andino y la condición en la que la familia de estas especies se encuentran.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIONES**

#### **De acuerdo al objetivo específico 1**

Se llegó a determinar la biodiversidad siendo la siguiente: Para Huancachupa se determinó que el nivel de biodiversidad evaluado con el índice de Shannon. fue mayor, fue de 2.29 lo que es indicativo de una diversidad biológica en equilibrio, seguido del punto 1, y el índice de equidad significa que las características de los organismos encontrados son medianamente abundantes, en relación a su variable abundancia.

Para el río Higuera se determinó que el nivel de biodiversidad evaluado con el índice de Shannon. El punto 1 muestra mayor biodiversidad, lo que es indicativo de una diversidad biológica en equilibrio, seguido del punto 4, y el índice de equidad significa que las características de los organismos encontrados son medianamente abundantes; sin embargo, hay puntos, en relación a su variable abundancia es menor a la media. El promedio para el río Higuera, es 1.9 lo que indica una diversidad baja con una equidad medianamente abundante.

Para el río Huallaga se determinó el nivel de biodiversidad evaluado con el índice de Shannon. Según el promedio se observa una diversidad baja, con una equidad que define a los organismos con una mediana abundancia en esta zona de muestreo, lo que significa que el número de familias identificadas en estas zonas son menores a las encontradas en la tabla 20 y 19.

#### **De acuerdo al objetivo específico 2**

Las familias identificadas para el río Huallaga fueron 12; para el río Higuera 14 y para el río Huancachupa fueron 18, como se describe en la siguiente tabla:

**Tabla 27***Familias identificadas en los ríos monitoreados*

| N°<br>FAMILIAS | RIO HIGUERAS   | RIO HUALLAGA   | RIO HUANCACHUPA |
|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| 1              | Chironomidae   | Simulidae      | Simulidae       |
| 2              | Oligochaeta    | Elmidae        | Hydrobiosidae   |
| 3              | Hidrophillidae | Griopterygidae | Blepharoceridae |
| 4              | Leptoceridae   | Muscidae       | Leptoceridae    |
| 5              | Ephemeridae    | Lymnaeidae     | Staphylinidae   |
| 6              | Hydrobiosidae  | Oligochaeta    | Tipulidae       |
| 7              | Griopterygidae | Hirudidae      | Physidae        |
| 8              | Muscidae       | Chironomidae   | Baetidae        |
| 9              | Scirtidae      | Tabanidae      | Ceratopogonidae |
| 10             | Simulidae      | Empididae      | Dytiscidae      |
| 11             | Baetidae       | Planariidae    | Oligochaeta     |
| 12             | Eimidae        | Culicidae      | Hirudidae       |
| 13             | Tabanidae      |                | Caenidae        |
| 14             | Empididae      |                | Muscidae        |
| 15             |                |                | Chiliniidae     |
| 16             |                |                | Ephemeridae     |
| 17             |                |                | Lymnaeidae      |
| 18             |                |                | Hydropsychidae  |

*Nota:* En la tabla N° 27 se observa las familias que fueron identificadas en los seis muestreos de cada río evaluado, información extraída de la ficha de recolección de datos en Excel.

### De acuerdo al objetivo específico 3

Al evaluar la condición en la que se encuentran las familias de macroinvertebrados se puede decir lo siguiente: en el río Huallaga la condición que mostraron cada uno de estos macroinvertebrados fue indicativo de una mala calidad de agua en los 6 puntos de muestreo; para el río Higuera la condición de estas familias mostraron en 4 puntos una buena calidad de agua y en 2 puntos la condición de calidad de agua fue regular. Finalmente, para el río Huancachupa uno de sus puntos Mostró una condición de una excelente calidad de agua, seguido de los 5 puntos cuya condición mostraba buena calidad de agua.

#### **De acuerdo al objetivo específico 4**

Al realizar el análisis comparativo de la calidad de agua se concluye que el río Huancachupa en relación a los macroinvertebrados identificados en los seis puntos de muestreo, el agua de esos puntos goza de una buena calidad, teniendo un punto que bajo la condición del biomonitoreo se infiere que tiene excelente calidad. Seguidamente el río Higuera también manifiesta tener una buena calidad de agua en base al Biomonitoreo realizado por los macroinvertebrados; finalmente el río Huallaga muestra un agua de mala calidad en relación a los macroinvertebrados identificados en los 6 puntos de muestreo cabe Resaltar que la biodiversidad en este río está por debajo del punto de Equilibrio lo que se pone en manifiesto en la mala calidad de agua que este río tiene.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer estudios más puntos de muestreo e implementar este tipo de estudio para la vigilancia anual de la calidad de agua de nuestros ríos dentro de la ciudad de Huánuco.
- Hacer un estudio más profundo de la clase y órdenes de macroinvertebrados y diversa fauna que tienen nuestros ríos.
- Hacer un estudio comparativo con la calidad de agua que reporta los análisis fisicoquímicos de estas Fuentes superficiales.
- Proponer una investigación que consolide los tipos de microorganismos e insectos que existen bajo el agua para esta zona de Huánuco.
- Monitorear con estos estudios las nacientes de estos Ríos para tener una idea de lo que sucede en determinados tramos específicos.
- Proponer investigaciones de este tipo a los jóvenes que salen a campo con los cursos de monitoreo de agua u otros afines En beneficio a la universidad de Huánuco y beneficio Al cuidado de estas Fuentes hídricas
- Crear una base de datos donde anualmente se pueda hacer estos biomonitoreos y se pueda tomar acciones que beneficien a estas Fuentes superficiales.

## REFERENCIAS

- Acosta R., R. T. (2009). Propuesta de un protocolo de evaluacion de la calidad ecologica de los rios andinos (CERA-S) y su uso en dos cuencas en Ecuador y Peru Limnetica.
- Acosta, R. (2009). Estudio de la cuenca alto andina del rio Cañete (Perú): distribución altitudinal de la comunidad de Macroinvertebrados bentónicos y caracterización hidroquinona de sus cabeceras cársticas. . Perú: Universidad de Barcelona .
- Alba Tercedor, J. (1996). Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. Universidad de Granada: En IV Simposio del Agua en Andalucía (pp. 203-213). Almería: Departamento de Biología Animal y Ecología. .
- Álvarez, S. &. (2007). Evaluación de la calidad de agua mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del Yeguaré, Honduras. Honduras: Universidad de Zamorano.
- Archangelsky, M. (2001). Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Investigaciones de la UNT, Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Tucuman, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto M. Lillo, Argentina. 282 pp.
- Ballesteros, N. & Zuñiga, M. (2005). Contribución al conocimiento del género *Anacroneuria* (Plecoptera: Perlidae) y su relación con la calidad del agua en el río Riofrío (Valle del Cauca). Universidad del Valle. Posgrado en Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2 pp.
- Costas, G. (2019). Ciencia y Biología. Obtenido de Portal de biología y ciencias relacionadas: divulgación, noticias, curiosidades y apuntes.: <https://cienciaybiologia.com/fitoplancton/>
- Fernández, E. D. (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología. Argentina: Fundacion Miguel Lilo.

Gonzales Ramirez, A. (2006). Metodologia de la Investigacion Cientifica. Pontificia Universidad la Javeriana.

Gonzales, C., & Maestre, J. (2014). Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. Universidad Nacional de San Marcos -Lima: Zona de comunicaciones S.A.C.

Guareschi, S. (2015). Retos para la conservación de los macroinvertebrados acuáticos y sus hábitats en la península ibérica. REVISTA CIENTÍFICA DE ECOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE- ECOSISTEMAS .

Hanson, P. (2010). Introduccion a los grupos de macroinvertebrados acuaticos.

Hernández Sampieri; Fernández Collado & Baptista Lucio. (2016). Metodologia de la investigacion sexta edicion Mexico. Mexico: INTERAMERICA EDITORES, S.A DE C.V.

Kolkwitz, R., & Marsson, W. (1909). Ökologie der tierischen Saprobien. Beiträge zur Lehre von der biologische Gewässerbeuteilung. Internationale Reveu der gesamten Hydrobiologie. 2: 126-152.

Liñero Arana, I., & Balarezzo, V., & Eraso, H., & Pacheco, F., & Ramos, C., & Muzo, R., & Calva, C.

Margalef, R., Planas, A., Armengol, J., Vidal, A., & Prat, N. (s.f.). Limnologia de los embalsees españoles. Madrid.

Metcalf, J. L. (1989). "Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrate communities history and present status I, Europe".

Ríos-Touma, B. R. (2009). Distribucion de las comunidades de macroinvertebrados en los altos Andes y su tolerancia a la contaminacion. Una revision y propuesta de un indice biotico para

corrientes andinas altas (Indice Biotico Andino ABI) .

Roldán Perez, G. (1992). Fundamentos de la Limnología Neotropical Medellin. Colombia: Universidad de Antioquia.

Roldan, G. (1996). Guía para el estudio de los macro-invertebrados acuáticos del Departamento de Antioquía. FEN . Colombia. Medellin 217 pp: Universidad de Antioquia.

Romero Gonzales, D., & Tarrillo Sanchez, H. (2017). Evaluación de la calidad del agua utilizando macroinvertebrados bentónicos como indicadores bióticos en la quebrada Chambag, Santa Cruz, Cajamarca. Chiclayo : Universidad de Lambayeque- Facultad de Ciencias de la Ingenieria .

Rueda, J. (2015). Biodiversidad y ecología de metacomunidades de macroinvertebrados acuáticos de las malladas de la Devesa y del Racó de l'Olla. Universidad de Valencia.

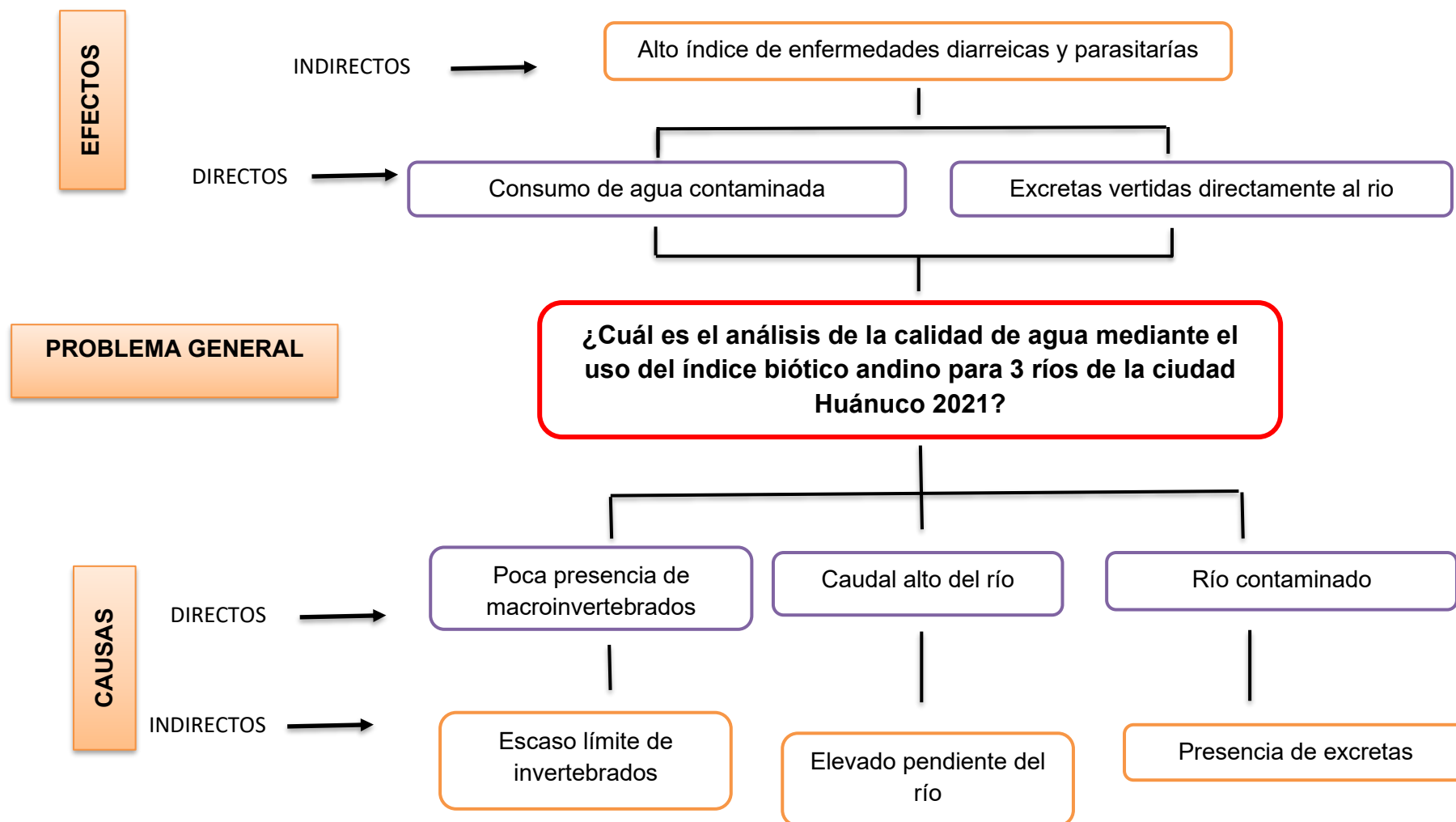
## **COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

Fabian Mariño, R. (2022). *Evaluación comparativa del análisis de calidad de agua haciendo uso del índice biótico andino en tres ríos de la ciudad Huánuco 2022* [Tesis de pregrado, Universidad de Huànuco]. Repositorio institucional UDH. <http://...>



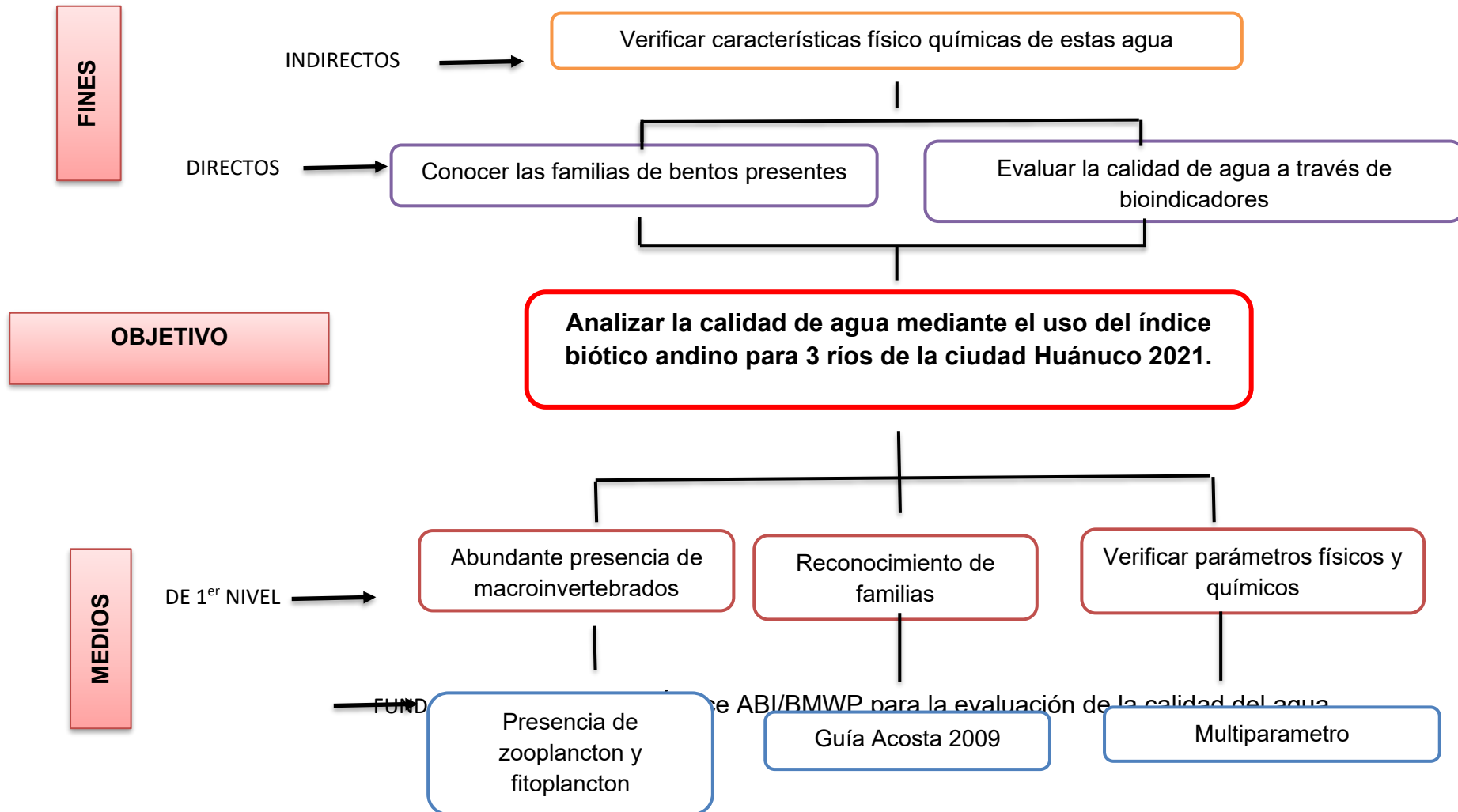
## **ANEXOS**

## Anexo 1 Diagrama de causa y efecto



## Anexo 2 Diagrama de medios y fines

### ANEXO 1. ÁRBOL DE OBJETIVO - MEDIOS - FINES



| Familias                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Puntaje |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Siphonuridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Potamanthidae, Ephemeridae Taeniopterygidae, Leuctridae, Capniidae, Perlodidae, Perlidae Chloroperlidae, Aphelocheiridae Phryganeidae, Molannidae, Beraeidae, Odontoceridae, Leptoceridae, Goeridae Lepidostomatidae, Brachycentridae, Sericostomatidae Athericidae, Blephariceridae  | 10      |
| Astacidae, Lestidae, Calopterygidae, Gomphidae, Cordulegasteridae, Aeshnidae Corduliidae, Libellulidae Psychomyiidae, Philopotamidae, Glossosomatidae                                                                                                                                                                               | 8       |
| Ephemerellidae Prosopistomatidae, Nemouridae, Rhyacophilidae, Polycentropodidae, Limnephilidae, Ecnomidae                                                                                                                                                                                                                           | 7       |
| Neritidae, Viviparidae, Ancyliidae, Thiaridae Hydroptilidae, Unionidae, Corophiidae, Gammaridae, Atyidae Platycnemididae, Coenagrionidae                                                                                                                                                                                            | 6       |
| Oligoneuriidae, Polymitarcidae Dryopidae, Elmidae, Helophoridae, Hydrochidae, Hydraenidae, Clambidae Hydropsychidae, Tipulidae, Simuliidae Planariidae, Dendrocoelidae, Dugesiidae                                                                                                                                                  | 5       |
| Baetidae, Caenidae, Haliplidae, Curculionidae, Chrysomelidae, Tabanidae, Stratiomyidae, Empididae, Dolichopodidae, Dixidae, Ceratopogonidae, Anthomyidae, Limoniidae, Psychodidae, Sciomyzidae Rhagionidae, Sialidae, Piscicolidae, Hidracarina                                                                                     | 4       |
| Mesoveliidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Naucoridae, Pleidae, Veliidae Notonectidae, Corixidae Helodidae, Hydrophilidae, Hygrobiidae, Dytiscidae, Gyrinidae Valvatidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae Bithyniidae, Bythinellidae, Sphaeridae Glossiphoniidae, Hirudidae, Erpobdellidae Asellidae, Ostracoda | 3       |
| Chironomidae, Culicidae, Ephydriidae, Thaumaleidae                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 2       |
| Oligochaeta (toda la clase), Syrphidae                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1       |

**más  
sensible**



**sensibilidad a la  
contaminación**



**más  
tolerante**

**Anexo 4** Ficha de recolección de datos para macroinvertebrados bentónicos. Para cada punto de muestreo

| ORDEN                            | FAMILIA | PUNTUACION<br>ABI | PUNTOS DE MUESTREO |    |    |    |    |    |    |    |    | TOTAL DE MACROS POR FAMILIA<br>TAXONOMICA |
|----------------------------------|---------|-------------------|--------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------------------------------------|
|                                  |         |                   | P1                 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 |                                           |
|                                  |         |                   |                    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                           |
|                                  |         |                   |                    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                           |
|                                  |         |                   |                    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                           |
|                                  |         |                   |                    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                           |
|                                  |         |                   |                    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                           |
|                                  |         |                   |                    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                           |
|                                  |         |                   |                    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                           |
|                                  |         |                   |                    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                           |
| TOTAL DE MACROINVERTEBRADOS      |         |                   |                    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                           |
| CALIDAD DEL AGUA (Cuantitativos) |         |                   |                    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                           |
| CALIDAD DEL AGUA (Cualitativo)   |         |                   |                    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                           |

## Anexo 5 Mapa de ubicación del río Huallaga a monitorear



## Anexo 7 Mapa de ubicación del rio Higueras a monitorear

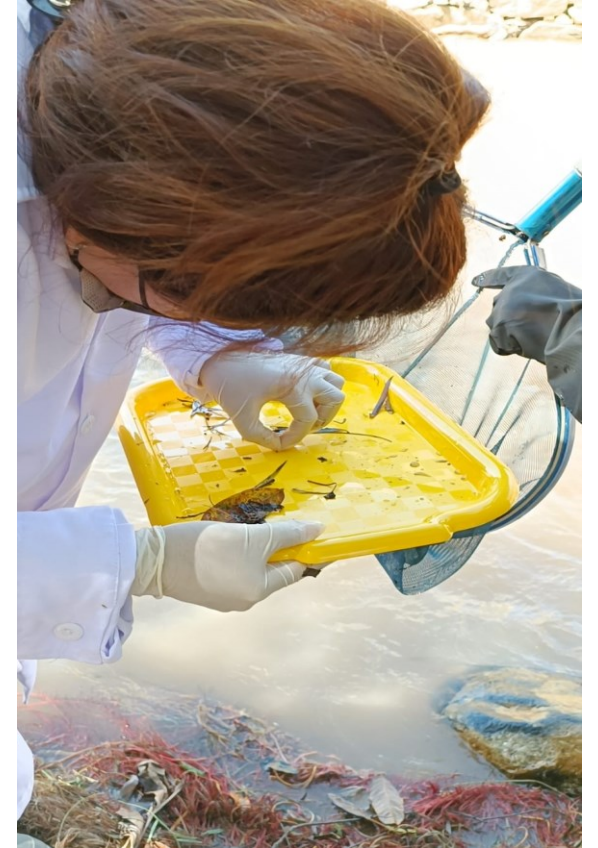


## Anexo 8 Mapa de ubicación del río Huancachupac a monitorear



*Panel fotográfico Río Higueras*







*Panel fotográfico Rio Huallaga*







*Panel fotográfico Rio Huancachupa*





*Panel fotográfico Identificación de familias*

