

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



**TESIS**

---

**“Evaluación de la calidad biológica del río higueras como fuente de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Huánuco mediante el método ABI 2024”**

---

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

**AUTORA: Chávez Amado, Yazmin**

**ASESOR: Vasquez Baca, Yasser**

**HUÁNUCO – PERÚ**

**2024**

# U

**TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

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

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Meteorología, hidrología y climatología

**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)**

**CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:**

**Área:** Ingeniería, Tecnología

**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): 73104315

**DATOS DEL ASESOR:**

Documento Nacional de Identidad (DNI): 42108318

Grado/Título: Título oficial de master universitario en planificación territorial y gestión ambiental

Código ORCID: 0000-0002-7136-697X

**DATOS DE LOS JURADOS:**

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Tarazona Mirabal, Herman Atilio	Magister en salud pública y gestión sanitaria gestión y planeamiento educativo	22411008	0000-0001-5319-4708
2	Camara Llanos, Frank Erick	Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria	44287920	0000-0001-9180-7405
3	Valdivia Martel, Perfecta Sofia	Maestro en Ingeniería con mención en: gestión ambiental y desarrollo sostenible	43616954	0000-0002-7194-3714

# D

# H



# 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 17:00 horas del día 09 del mes de octubre del año 2024, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el sustentante y el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

- Mg. Herman Atilio Tarazona Mirabal (Presidente)
- Mg. Frank Erick Camara Llanos (Secretario)
- Mg. Perfecta Sofia Valdivia Martel (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 2187-2024-D-FI-UDH**, para evaluar la Tesis intitulada: **"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD BIOLÓGICA DEL RIO HIGUERAS COMO FUENTE DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE HUÁNUCO MEDIANTE EL MÉTODO ABI 2024"**, presentado por el (la) Bach. **CHAVEZ AMADO, YAZMIN**, 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) APROBADO.... Por UNANIMIDAD... con el calificativo cuantitativo de...15... y cualitativo de...BUENO..... (Art. 47)

Siendo las 18:20 horas del día 09 del mes de OCTUBRE del año 2024, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

  
Mg. Herman Atilio Tarazona Mirabal  
DNI: 22411008  
ORCID: 0000-0001-5319-4708  
Presidente

  
Mg. Frank Erick Camara Llanos  
DNI: 44287920  
ORCID: 0000-0001-9180-7405  
Secretario

  
Mg. Perfecta Sofia Valdivia Martel  
DNI: 43616954  
ORCID: 0000-0002-7194-3714  
Vocal



# UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: YAZMIN CHÁVEZ AMADO, de la investigación titulada “Evaluación de la calidad biológica del río higuera como fuente de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Huánuco mediante el método ABI 2024”, con asesor YASSER VÁSQUEZ BACA, designado mediante documento: RESOLUCIÓN N° 2257-2023-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA AMBIENTAL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 18 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

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, 10 de septiembre de 2024



RICHARD J. SOLIS TOLEDO  
D.N.I.: 47074047  
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO  
D.N.I.: 40618286  
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

# CHÁVEZ AMADO, YAZMIN.docx

## INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

9%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[alicia.concytec.gob.pe](http://alicia.concytec.gob.pe)

Fuente de Internet

1%

2

[apirepositorio.unh.edu.pe](http://apirepositorio.unh.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

3

[idoc.pub](http://idoc.pub)

Fuente de Internet

1%

4

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

Fuente de Internet

1%

5

[revistas.unimilitar.edu.co](http://revistas.unimilitar.edu.co)

Fuente de Internet

1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO

D.N.I.: 47074047

cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO

D.N.I.: 40618286

cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de tesis se lo dedico a Dios por la guía infinita, para no rendirme y seguir adelante, a mi padre Jorge F. que me enseñó a darme fuerzas y la voluntad y luchar por lo que quiero, a mi hermana Saraí por su apoyo y hacer de mí una mejor persona, por sus enseñanzas y consejos. A todos aquellos, gracias por su apoyo y cariño.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darme una vida y regalarme bendiciones, una de esas bendiciones es mi familia, gracias a ellos pude culminar mi carrera, a mis padres que son el motivo de mi lucha y mi vida, a mi hermana Saraí por su apoyo, sus enseñanzas y hacer de mí una mejor persona.

A los docentes por brindarme sus conocimientos y enseñanzas, a mis asesores y jurados por disponer de su tiempo.

A mis jurados, al Mg Herman Tarazona, Miraval que me ayudó en la orientación y desarrollo de mi proyecto de mi investigación, al Mg Cámara Llanos, Frank que me aconsejo y guio, a la Ing. Miranda Perfecta, Sofía que me apoyo durante la elaboración del proyecto.

Al laboratorio de Biotecnología de la Universidad de Huánuco por brindarme las facilidades para llevar a cabo la investigación.

A mis amigos, darles las gracias por las certezas totalmente necesarias con los mensajes de apoyo que haya sido capaz de poder terminar esta carrera de fondo

# ÍNDICE

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	X
ABSTRACT.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	XIV
CAPÍTULO I.....	15
PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION .....	15
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	17
1.2.1. PROBLEMA GENERAL .....	17
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	17
1.3. OBJETIVOS.....	17
1.3.1. OBJETIVO GENERAL .....	17
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	18
1.4.1. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA .....	18
1.4.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL .....	18
1.4.3. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL.....	19
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	19
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
1.6.1. VIABILIDAD TÉCNICA.....	20
1.6.2. VIABILIDAD ECONÓMICA .....	20
CAPÍTULO II.....	21
MARCO TEÓRICO .....	21
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	21
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES .....	21
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES .....	24
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.....	27
2.2. BASES TEÓRICA.....	30

2.2.1.	CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA .....	30
2.2.2.	BIOINDICADORES .....	31
2.2.3.	¿QUÉ ES UN INDICADOR BIOLÓGICO? .....	32
2.2.4.	CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS QUE CUMPLE LOS TAXONES COMO BIOINDICADORES .....	32
2.2.5.	MACROINVERTEBRADOS .....	33
2.2.6.	BENTOS .....	34
2.2.7.	EL HÁBITAT EN EL AGUA .....	34
2.2.8.	TIPOS DE HÁBITATS DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS .....	35
2.2.9.	ECOSISTEMA LÓTICO .....	35
2.2.10.	EL AGUA .....	35
2.2.11.	CICLO HIDROLÓGICO Y CONTAMINACIÓN.....	36
2.2.12.	CONTAMINACIÓN DEL AGUA .....	37
2.2.13.	CAMBIOS EN LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA EN LOS ECOSISTEMAS DE AGUAS CONTINENTALES.....	37
2.2.14.	EUTROFIZACIÓN.....	38
2.2.15.	ALTERACIÓN MORFOLÓGICA .....	38
2.2.16.	ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN DEL CAUDAL .....	38
2.2.17.	CAUSAS DE LA CONTAMINACIÓN DEL RÍO .....	38
2.2.18.	PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL AGUA.....	39
2.2.19.	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5).....	39
2.2.20.	DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO).....	40
2.2.21.	CALIDAD DEL AGUA .....	40
2.2.22.	ABI (ÍNDICE BIÓTICO ANDINO) .....	41
2.2.23.	PUNTAJE DEL ÍNDICE BIÓTICO ANDINO .....	41
2.2.24.	MARCO LEGAL SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA.....	42
2.2.25.	MARCO INSTITUCIONAL MONITORIO BIOLÓGICO.....	44
2.2.26.	MINAN-2022 .....	45
2.3.	DEFINICIONES CONCEPTUALES .....	46
2.4.	HIPÓTESIS.....	51
2.4.1.	HIPÓTESIS GENERAL .....	51
2.4.2.	HIPÓTESIS ESPECÍFICA.....	51
2.5.	VARIABLES.....	51

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE .....	51
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	51
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	52
CAPITULO III.....	53
MARCO METODOLOGICO .....	53
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	53
3.1.1. ENFOQUE .....	53
3.1.2. ALCANCE O NIVEL .....	53
3.1.3. DISEÑO .....	53
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA .....	53
3.2.1. POBLACIÓN .....	53
3.2.2. MUESTRA.....	54
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS... 54	
3.3.1. PUNTOS DE MUESTREO PARA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS DEL RÍO HIGUERAS .....	55
3.3.2. EQUIPOS Y MATERIALES .....	56
3.3.3. MUESTREO Y TRASLADO .....	57
3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	59
CAPITULO IV.....	60
RESULTADOS.....	60
4.1. MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS .....	60
4.2. CALIDAD DEL AGUA .....	66
4.3. RESULTADOS INTERFERENCIALES DE ACUERDO A LA HIPÓTESIS ESPECÍFICO.....	72
CAPITULO V.....	74
DISCUSION DE RESULTADOS.....	74
CONCLUSIONES .....	77
RECOMENDACIONES.....	79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
ANEXOS.....	84

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Establecimiento de la Calidad de Agua Mediante el Índice ABI.....	41
Tabla 2 Operacionalización de Variables.....	52
Tabla 3 Coordenadas UTM de los 3 Puntos Sacados de Google Earth .....	54
Tabla 4 Resultado de la Biodiversidad de Macroinvertebrados Acuáticos Presentes en el río Higueras.....	61
Tabla 5 Sumatoria de los taxones de las familias de macroinvertebrados acuáticos para determinar la calidad del agua.....	62
Tabla 6 Familias Identificadas en el Punto 1 .....	63
Tabla 7 Familias Identificadas en el Punto 2 .....	64
Tabla 8 Identificación de la Familia en el Punto 3 del río Higueras.....	65
Tabla 9 Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos .....	67
Tabla 10 Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos .....	67
Tabla 11 Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos .....	68
Tabla 12 Macroinvertebrados registrados en el río Higueras .....	92
Tabla 13 Rango de Valores de Familia del 1al 10 .....	94

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Comunidad de macroinvertebrados acuáticos .....	34
Figura 2 Ciclo Hidrológico del Agua, Influencia de las Actividades Antropogénicas .....	37
Figura 3 Calidad del agua en los 3 puntos.....	63
Figura 4 Familias más abundantes .....	64
Figura 5 Familias más abundantes .....	65
Figura 6 Familias más abundantes .....	66
Figura 7 DQO.....	68
Figura 8 DBO .....	69
Figura 9 PH.....	69
Figura 10 Conductividad conductividad .....	70
Figura 11 Solidos totales disueltos .....	70
Figura 12 Coliformes totales .....	71
Figura 13 Coeficiente de correlación de Pearson .....	72
Figura 14 Género: Maruina .....	96
Figura 15 Género: Macrelmis.....	96
Figura 16 Género: Nectopsyche .....	97
Figura 17 Género: Molophilus.....	97
Figura 18 Género: Molophilus.....	98
Figura 19 Género: Lumbriculidae.....	98
Figura 20 Género: Naididae.....	99
Figura 21 Género: Polypedilum .....	99
Figura 22 Género: Smicridea .....	100
Figura 23 Género: Psephenus .....	100
Figura 24 Género: Myrocylloepus .....	101
Figura 25 Género: Meridialis.....	101
Figura 26 Género: Huleechius .....	102
Figura 27 Género: Mortoniella .....	102
Figura 28 Género: Erpopdella.....	103
Figura 29 Género: Alluaudomya .....	103
Figura 30 Género: Dasybasis .....	104
Figura 31 Género: Leptphyphes .....	104

Figura 32 Género: Heterelmis.....	105
Figura 33 Género: Leptohyphes .....	105
Figura 34 Género: Heterelmys.....	106
Figura 35 Género: Atopsyche .....	106
Figura 36 Género: Anacroneuria.....	107
Figura 37 Género: camelobaetidius .....	107
Figura 38 Género: Andesiops .....	108
Figura 39 Género: Similium .....	108
Figura 40 Género: Corydalis.....	109
Figura 41 Género: Limonicola.....	109
Figura 42 Género: Leptonema.....	110
Figura 43 Género: Smicridea.....	110
Figura 44 Tomando coordenadas con el GPS del celular.....	111
Figura 45 Recolección de invertebrados acuáticos con la malla Red de Net .....	112
Figura 46 El ing Yasser Supervisando el monitoreo de los invertebrados .	113
Figura 47 Visita del ing Yasser en el río Higueras .....	113
Figura 48 Presencia de huevos de invertebrados debajo de la piedra .....	114
Figura 49 Llenado de invertebrados en los frascos de vidrios .....	114
Figura 50 Toma de muestras del río Higueras.....	115
Figura 51 Etiquetado de frascos de vidrio de 500 ml .....	115
Figura 52 Muestra de la calidad del agua del río Higueras.....	116
Figura 53 Llenado de cadena de custodia para entrega al laboratorio biotecnología UDH.....	116
Figura 54 Monitoreo de la calidad del agua en el laboratorio de biotecnología UDH .....	117

## RESUMEN

Se realizó una evaluación de la calidad biológica del río Higueras como fuente de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Huánuco mediante el método Índice biótico andino ABI- 2024 donde el objetivo fue evaluar la calidad biológica del río Higueras en la ciudad de Huánuco a través de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos utilizando el método índice biótico andino (ABI), el área de estudio inicio en el punto 1 en la localidad del centro poblado de Higueras bajando a una distancia de 5km a la localidad de pucuchinche, terminando en el punto 3 de los carrizales durante los meses de febrero, marzo y abril del 2024 para valorar la calidad biológica del río higueras se consideró la metodología propuesta por el índice biótico andino (ABI), para lo cual se recolectaron macroinvertebrados utilizando un esfuerzo multihabitat por medio de una malla tipo D-net, respecto a los resultados para el análisis de la calidad del agua en relación con la comunidad de los macroinvertebrados utilizando el índice ABI se obtuvo de forma general una buena calidad de agua, porque el tramo evaluado en los 3 puntos del río higueras en total salió una puntuación total de 75 como bueno, que está dentro del rango establecido para la calidad del agua de acuerdo del índice biótico andino (ABI) y la comunidad estuvo compuesta por 27 géneros, 2 phylum, 2 clases, 9 órdenes y 21 familias, a nivel de familia los más abundantes fueron leptophlebiidae, leptohyphidae y hydropsychidae, respecto a los índices de diversidad alfa se consideraron los índices de diversidad de Shannon y Margalef, la dominancia de Simpson (1-D) y la equidad de pielou, respecto a ellos la mayor diversidad de Shannon se observó en el punto 1 con valor de 1.995 ,por otra parte el valor mayor del índice de Margalef se evidencio en el punto 2 con valor de 3.08 , mientras que la mayor dominancia de Simpson (1-D) se evidencio en el punto 3 con valor de 0.726 destacando la abundancia de familia leptoplebiidae, respecto a la equidad de pielou se observó en el punto 1 con valor de 0.737 que es más cercano a la unidad ,es decir donde existió menor presencia de familias dominantes, de de igual manera se evaluaron los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos los cuales incluyeron demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), demanda química de oxígeno (DQO), potencial de hidrogeno (pH), conductividad eléctrica (CE), Sólidos totales

disueltos (STD) y coliformes totales los cuales fueron comparados utilizando el Estándar de calidad ambiental (ECA) para agua categoría 4: conservación del ambiente y categoría 1 poblacional y recreacional específicamente en la subcategoría A: aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable estando todos dentro de los estándares vigentes, para ello se consideraron los valores de demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) siendo en todos los casos mayores para el ambiente evaluado, mientras que el potencial de hidrogeno (pH) estuvo dentro del rango establecido, por otra parte la conductividad eléctrica (CE) en todos los casos estuvo dentro del rango y finalmente los coliformes totales (CT) superaron el límite establecido, evidenciando cierta contaminación orgánica en el área evaluada, respecto a la correlación entre factores fisicoquímicos-microbiológicos con la comunidad de macroinvertebrados e índices comunitarios utilizando el índice de correlación de Pearson se observó la mayor correlación positiva entre los parámetros de potencial de hidrogeno (pH) y solidos totales disueltos (STD) con la riqueza, abundancia, dominancia de Simpson (1-D), diversidad de Shannon y diversidad de Margalef.

**Palabras claves:** macroinvertebrados acuáticos, índice ABI, índices de biodiversidad, calidad del agua, río Higueras.

## ABSTRACT

An evaluation of the biological quality of the Higueras River as a source of drinking water supply for the city of Huánuco was carried out using the Andean Biotic Index method ABI-2024 where the objective was to evaluate the biological quality of the Higueras River in the city of Huánuco through the community of aquatic macroinvertebrates using the Andean Biotic Index (ABI) method, the study area began at point 1 in the town of the Higueras town center going down to a distance of 5km to the town of Pucuchinche, ending at point 3 of the carrizales during the months of February, March and April 2024 to assess the biological quality of the Higueras River, the methodology proposed by the Andean Biotic Index (ABI) was considered, for which macroinvertebrates were collected using a multihabitat effort by means of a D-net type mesh, regarding the results for the analysis of water quality in relation to the community of macroinvertebrates using the ABI index, it was obtained in a In general, good water quality, because the section evaluated at the 3 points of the Higueras River in total came out with a total score of 75 as good, which is within the range established for water quality according to the Andean biotic index (ABI) and the community was composed of 27 genera, 2 phyla, 2 classes, 9 orders and 21 families, at the family level the most abundant were Leptophlebiidae, Leptohyphidae and Hydropsychidae, regarding the alpha diversity indices the Shannon and Margalef diversity indices were considered, the Simpson dominance (1-D) and Pielou equity, regarding them the highest Shannon diversity was observed at point 1 with a value of 1.995, on the other hand the highest value of the Margalef index was evidenced at point 2 with a value of 3.08, while the highest Simpson dominance (1-D) was evidenced at point 3 with a value of 0.726 highlighting the abundance of the leptoplebiidae family, regarding the pielou equity it was observed at point 1 with a value of 0.737 which is closer to unity, that is, where there was a lower presence of dominant families, in the same way the physicochemical and microbiological parameters were evaluated which included biochemical oxygen demand (BOD5), chemical oxygen demand (COD), hydrogen potential (pH), electrical conductivity (EC), total dissolved solids (TDS) and total coliforms which were compared using the Standard of Environmental quality (ECA) for water

category 4: environmental conservation and category 1 population and recreational specifically in subcategory A: surface waters intended for the production of drinking water, all being within the current standards, for this the values of biochemical oxygen demand (BOD<sub>5</sub>) were considered, being in all cases higher for the evaluated environment, while the hydrogen potential (pH) was within the established range, on the other hand the electrical conductivity (EC) in all cases was within the range and finally the total coliforms (CT) exceeded the established limit, evidencing some organic contamination in the evaluated area, regarding the correlation between physicochemical-microbiological factors with the community of macroinvertebrates and community indices using the Pearson correlation index the highest positive correlation was observed between the parameters of hydrogen potential (pH) and total dissolved solids (TDS) with richness, abundance, Simpson dominance (1-D), Shannon diversity and Margalef diversity.

**Keywords:** aquatic macroinvertebrates, ABI index, biodiversity indices, water quality, Higueras River.

## INTRODUCCIÓN

La utilización del recurso hídrico proporcionado por el río Higuera es crucial para los habitantes de las áreas de Huánuco. En la actualidad, este río está experimentando una contaminación significativa debido a los elevados niveles de polución, que incluyen el vertido de aguas residuales por parte de los residentes locales. Dada la importancia crítica de este recurso hídrico superficial a nivel regional, es imperativo implementar estrategias de manejo integrales para este cuerpo de agua. Estas estrategias deben ser tanto ecológicas como holísticas, lo que significa que deben abordar no solo las principales comunidades bióticas, sino también incluir más que solo los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Estos últimos pueden mostrar una variabilidad considerable, especialmente teniendo en cuenta la naturaleza lítica y continua del río. En consecuencia, los macroinvertebrados acuáticos se destacan como un foco clave de estudio debido a su estrecha relación con el río y sus cambios estacionales, así como con los impactos antropogénicos. Grupos específicos de macroinvertebrados acuáticos son especialmente vulnerables a la contaminación orgánica. Además, estos organismos están estrechamente ligados a su sustrato y, por lo tanto, están constantemente expuestos a fluctuaciones en las condiciones fisicoquímicas y biológicas de su entorno. Otra ventaja de monitorear estos macroinvertebrados es el costo relativamente bajo que implica, especialmente en comparación con la inversión necesaria para el equipo de recolección y el tratamiento de los organismos. El esfuerzo humano juega un papel significativo en su análisis, ya que la identificación se basa en métodos tradicionales de taxonomía, y el nivel de detalle requerido para aplicar los índices generalmente se limita al nivel taxonómico de familia.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION

### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El crecimiento poblacional asociado a la urbanización de los recursos hídricos de los países, la urbanización provoca incremento de los vertidos urbanos, acumulación de sustancias tóxicas. El agua se considera como vulnerable, durante muchos años determinaron la calidad del agua y se basaron en comportamientos de parámetros fisicoquímicos, en últimos tiempos destacaron la cualidad de los organismos que habitan en cuerpos de agua revela las condiciones ecológicas y la relación con los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos con insitu. (Merino, & Solís, 2020)

Nuestro país enfrenta un problema ambiental crítico que enfrenta la degradación de la calidad de los recursos hídricos, ya que un gran porcentaje de los ríos sobrepasan los estándares establecidos de calidad del agua (ECA-2017), siendo la contaminación industrial y minera algunas de las principales causas, una forma complementaria y eficaz de evaluar la calidad de los cuerpos de agua es mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos (Hellawell, 1986; Roldan, 1988).

En nuestro país evaluaron los recursos hídricos con los organismos que habitan en los cuerpos de agua para hacer frente a las condiciones ambientales, los efectos de la contaminación alteran el régimen de temperatura, alteración de hábitat, variación en la disponibilidad de recurso trófico, las consecuencias de los organismos afectan en la regulación del caudal, algunos taxones desaparecen o reducen la abundancia, algunos aumentan. (Merino, & Solís, 2020)

Para Rojas (2022) a nivel continental, la contaminación de los ríos ha experimentado un incremento del 50%, de acuerdo con un informe del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). El aumento de contaminantes patógenos severos se debe principalmente a la expansión de sistemas de alcantarillado que vierten aguas residuales sin

tratar en cuerpos de agua superficiales.

Los ríos a lo largo de su trayectoria reciben diversos vertimientos de aguas residuales domésticas, industriales, comerciales e instituciones que caen en la calidad de sus aguas. Con la actividad de inspección sanitaria y georreferenciación espacial que obtuvieron el área de influencia en 15 puntos de vertimiento. (Autoridad Nacional del Agua, 2015, 22 de junio)

Para Rojas (2022) En la actualidad se realiza un monitoreo de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de los ríos para evaluar la calidad ambiental, el gobierno peruano contribuye este labor mediante la legislación vigente sobre el agua, en particular el D.S.N° 004-2017 MINAM ECA-Agua y protocolo del Monitoreo Nacional del Agua, existen diversos métodos para evaluar la calidad del agua , por lo que es el uso de macroinvertebrados que se basa en su abundancia, presencia, desempeñan un papel importante en mantener la integridad biológica, Perú empezó a tomar estas medidas de conservación para preservar del recurso hídrico y las especies.

Para Chávez (2019) determinó en su estudio sobre los niveles de hidrocarburos en el río Higuera que las concentraciones superaron el límite de 0.5 mg/L establecido por los ECA para agua de categoría 4, lo que provocó graves impactos ambientales, afectando la biodiversidad y provocando la extinción de organismos, alterando el ecosistema acuático.

Estos organismos funcionan como indicadores confiables de las condiciones ambientales del agua, ya que su sensibilidad a la contaminación varía según las especies en ríos y lagos (Hellawell, 1986), considerando el papel fundamental que cumple el recurso hídrico en el río Higuera es importante evaluarlo de una forma integral, es decir relacionando los parámetros fisicoquímicos/microbiológicos tradicionalmente utilizados según la normativa vigente con las comunidades bióticas del cuerpo de agua, especialmente con los macroinvertebrados acuáticos los cuales se encuentran constantemente expuestos a los cambios ambientales, y de esta forma tener información holística del ecosistema y poder tomar medidas de gestión adecuadas que nos lleven a la conservación de este recurso.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. PROBLEMA GENERAL**

¿Cuál es la calidad biológica de las aguas del río Higueras en la ciudad de Huánuco usando el método índice biótico andino (ABI)?

### **1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

¿Qué familias de macroinvertebrados acuáticos existen en el río Higueras?

¿Cuál es la diversidad de macroinvertebrados acuáticos presentes en el río Higueras?

¿Cuál es el nivel de concentración de los parámetros fisicoquímicos y parámetros microbiológicos en el río Higueras?

¿Cómo se determina la correlación de los parámetros fisicoquímicos y parámetros microbiológicos de acuerdo a los ECA categoría 4 agua con las variables biológicas?

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la calidad biológica del río Higueras en la ciudad de Huánuco a través de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos utilizando el índice biótico andino (ABI).

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Determinar la riqueza de familias de macroinvertebrados acuáticos presentes en el río Higueras.

Determinar la diversidad de macroinvertebrados acuáticos presentes en el río Higueras.

Determinar el nivel de concentración de los parámetros fisicoquímicos y parámetros microbiológicos en el tramo evaluado en el

río Higueras.

Determinar la correlación de los parámetros fisicoquímicos y parámetros microbiológicos de acuerdo a los ECA categoría 4 agua con las variables biológicas

#### **1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **1.4.1. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA**

El monitoreo de calidad de agua tradicional en muchos casos puede llegar a ser económicamente costoso dado que requiere de equipos sofisticados y laboratorios de ensayo implementados y respecto al análisis en sí, estos están enfocados en analitos presentes principalmente en la columna de agua la cual tiene un alto dinamismo sobre todo en ambientes lóticos en donde el flujo es continuo, en contraposición a esto, destaca el uso de los macroinvertebrados acuáticos como una alternativa viable para monitorear la salud ambiental en ecosistemas acuáticos y más considerando que estos organismos viven en su gran mayoría en ambientes bentónicos y poseen una movilidad reducida, de igual manera es importante considerar que el muestreo y el posterior análisis en laboratorio no requiere grandes inversiones económicas, ya que la materia prima principal es la humana, dado que el punto crítico es la elección de los hábitats para la colecta y la posterior determinación taxonómica por el especialista en donde a diferencia de los métodos analíticos para variables fisicoquímicas o microbiológicas, el análisis es morfológico por microscopía óptica, inclusive cuando se tiene la suficiente pericia se puede realizar la determinación taxonómica a nivel de familia en campo, el cual es el nivel taxonómico requerido por la gran mayoría de índices bióticos de calidad de agua que consideran a estos organismos.

##### **1.4.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL**

El río Higueras es una de las principales fuentes de agua superficial de la ciudad de Huánuco, este recurso hídrico es utilizado por la

población para su uso y consumo de forma directa o posterior a tratamientos por empresas prestadoras de servicio, así como por la población aledaña con fines agrícolas, de igual manera este cuerpo de agua es receptor de efluentes principalmente domésticos los cuales pueden ser fuente de contaminación orgánica. una alternativa para estimar la contaminación en los cuerpos de agua es el uso macroinvertebrado acuáticos, dado que estos organismos tienen distintos grados de tolerancia y susceptibilidad con base a su presencia, ausencia o en algunos casos a su abundancia dependiendo del índice biótico específico se puede estimar la calidad de agua.

### **1.4.3. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL**

Los macroinvertebrados acuáticos incluye a una comunidad de organismos importantes en el ensamblaje ecosistémico en ambientes acuáticos, destacando por su gran diversidad de grupos tróficos que incluye una gran variedad de nichos ecológicos, también destaca su uso como bioindicadores de calidad de agua, dado que a diferencia de los indicadores tradicionales la información brindada por los macroinvertebrados es espacio-temporal ya que el restablecimiento de las comunidades biológicas es un proceso largo y complejo, es decir nos brinda información a través del tiempo ya que estos organismos en su gran mayoría viven asociados al sustrato y se encuentran constantemente expuestos a perturbaciones ambientales, considerando esto, es importante tener información integral que brinde herramientas para un manejo sostenible de los recursos hídricos, relacionado a ello toma relevancia el uso de indicadores biológicos y muy particularmente a los macroinvertebrados acuáticos.

### **1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

La limitación del tiempo de estudio de la tesis fue en época lluviosa, durante los 3 meses de febrero, marzo, abril, debido a la disponibilidad de recursos para realizar el monitoreo y el análisis posterior de las muestras, se priorizó este periodo dado que se esperaba una mayor cantidad de

contaminación por efluentes en el cuerpo de agua tanto de origen antropogénico principalmente doméstico, así como por escorrentía.

## **1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.6.1. VIABILIDAD TÉCNICA**

La viabilidad técnica de la tesis está garantizada gracias a la mentoría brindada por un docente, quien estuvo activamente involucrado durante todo el proceso de investigación. Esta orientación aseguró la correcta aplicación del método descriptivo y ofreció el respaldo teórico necesario para fundamentar el estudio.

### **1.6.2. VIABILIDAD ECONÓMICA**

El éxito de la investigación de la tesis fue posible gracias al apoyo técnico crucial proporcionado por un biólogo externo. El biólogo externo contaba con el equipo y los recursos esenciales, incluidos estereoscopios necesarios para examinar macroinvertebrados, también se utilizó un laboratorio de biotecnología de la Universidad de Huánuco para realizar los análisis fisicoquímicos y análisis microbiológicos necesarios para evaluar la calidad del agua para la tesis. Esta combinación de recursos y experiencia garantizó que la investigación fuera exhaustiva y confiable.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Escobar y Montoya (2019) en su tesis denominada “Los macroinvertebrados acuáticos y la calidad biológica del agua en una quebrada andina, Antioquia, Universidad de Antioquia, Colombia” tuvo como objetivo la evaluación de la calidad del agua en la quebrada La Chaparrala, basada en el estudio de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos. Analizó el agua entre febrero y noviembre de 2014. Esta quebrada es una fuente para el acueducto municipal de Andes-Antioquia. La metodología entre febrero y noviembre de 2014 llevó a cabo un análisis fisicoquímico y biológico del agua. Las variables medidas, como la turbiedad, DQO, alcalinidad, nitratos, nitrógeno amoniacal, nitrógeno total, fósforo total, ortofosfatos y dureza total, mostraron una variabilidad significativa y superaron los límites aceptables para el consumo humano seguro. En el resultado, el estudio identificó una amplia variedad de 37 géneros de insectos acuáticos, distribuidos en 27 familias diferentes y cinco filos distintos, con un total de 1,189 organismos individuales recolectados. Entre estos, el orden Díptera emergió como el más prevalente, representando el 25.9% del total de los especímenes recolectados. Específicamente, las familias Chironomidae, Baetidae, Simuliidae y Physidae fueron las más representadas, contribuyendo de manera significativa al conteo total, con Chironomidae por sí sola comprendiendo el 38.77%, Baetidae el 21.03%, Simuliidae el 12.03% y Physidae el 7.74%. Juntas, estas familias constituyeron un 79.56% sustancial de todos los organismos recolectados. A pesar de la notable presencia de estos taxones, la calidad biológica general del cuerpo de agua se encontró cuestionable, como lo indican los índices bióticos (BMWP/Col medio = 46.33 y EPT = 48.83%). Esto sugiere un declive gradual en la calidad del agua, a pesar

de que ciertas familias conocidas por habitar en aguas limpias y bien oxigenadas, como Leptophlebiidae, Perlidae y Hydropsychidae, aún estaban presentes. Estos hallazgos indican que la quebrada continúa exhibiendo cierta capacidad de autodepuración, a pesar de la presencia de contaminantes orgánicos provenientes de las industrias cafeteras y agrícolas cercanas. La habilidad de la quebrada para recuperarse de la contaminación refleja su continua resiliencia y capacidad para la remediación natural, aunque el declive observado en la calidad del agua resalta el impacto de las actividades humanas en su ecosistema.

Franco (2020) en su tesis denominada “Estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad del agua en el tramo urbano del río David y tributarios, Universidad Autónoma de Chiriquí, República de Panamá” tuvo como objetivo el estudio analizó la estructura taxonómica de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, con énfasis en su papel como indicadores de la calidad del agua y la influencia de las áreas urbanas en 14 sitios a lo largo del río David y sus afluentes, de febrero a septiembre de 2018. En la metodología, durante cada sesión de muestreo, se recolectaron especímenes de diferentes sustratos, incluidos los fondos rocosos, arenosos, hojarasca, superficie y columna de agua, durante un período de 60 minutos. Las muestras recolectadas fueron preservadas e identificadas con la ayuda de guías taxonómicas. También se midieron los niveles de pH, temperatura, conductividad y oxígeno disuelto. En el resultado, un esfuerzo de recolección exhaustivo resultó en un total de 4,133 especímenes, que fueron sistemáticamente clasificados en 13 órdenes diferentes, 44 familias y 77 géneros distintos. Entre estos especímenes, los insectos surgieron como el grupo más dominante, representando el 83.11% de los géneros identificados. Los órdenes de insectos más prevalentes fueron Ephemeroptera, representando el 46.46% del total de géneros, seguido por Hemiptera con el 21.24%, Trichoptera con el 13.57% y Odonato con el 6.19%. En general, la diversidad de macroinvertebrados acuáticos fue relativamente alta, con un índice de diversidad (H) de 2.97. Esta diversidad fue notablemente mayor durante la estación seca, con

un valor del índice de 2.81, en comparación con la estación lluviosa, que presentó un índice de diversidad más bajo de 2.65. Entre los diferentes sitios de muestreo, la mayor diversidad se observó en la quebrada San Cristóbal, específicamente en el sector de San Pablo, que tuvo un índice de diversidad de 2.91. En contraste, los otros 13 sitios mostraron niveles moderados de diversidad, con valores del índice que varían entre 1.64 y 2.67. El índice biótico BMWP/Pan reveló que ocho de los sitios muestreados tenían aguas de mala calidad y contaminadas (S1 a S12), mientras que seis sitios adicionales reportaron aguas de calidad regular, caracterizadas como eutróficas y moderadamente contaminadas. Septiembre fue el único mes en el que la calidad del agua fue clasificada como buena o mínimamente alterada (BMWP/Pan = 102). En contraste, la calidad del agua durante los otros meses varió entre regular y moderadamente contaminada, con valores de BMWP/Pan entre 64 y 95. Estos datos destacan una disminución preocupante y significativa en la calidad del agua del río David y sus tributarios, subrayando la necesidad urgente de atención y esfuerzos de remediación.

Bravo y Restrepo (2021) en su tesis denominada “Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en dos ecosistemas loticos en el Doncello, Caquetá, universidad de Manizales, Colombia” tuvo como objetivo el análisis de los macroinvertebrados acuáticos es un método efectivo para evaluar la salud de los ecosistemas, ya que pueden indicar los efectos de varios tipos de contaminación. El estudio tuvo como objetivo medir la diversidad de estos macroinvertebrados en dos ecosistemas de aguas corrientes en el municipio de Doncello, Caquetá, desde agosto de 2019 hasta marzo de 2020, lo que incluyó períodos de aguas altas, de transición y de aguas bajas. Se establecieron tres sitios de muestreo a lo largo del río Doncello y la quebrada Anaya, ambos ubicados en el mismo municipio. La metodología utilizó una red tipo D, aplicando un enfoque de muestreo intensivo en los diferentes microhábitats identificados. Los datos recolectados se procesaron con los programas estadísticos PAST y EstimateS, que se emplearon para calcular los índices de diversidad y evaluar la representatividad del

muestreo. En el resultado, el análisis realizado reveló la presencia de 95 géneros diferentes, que abarcan 56 familias y 15 órdenes. Entre estas, la familia Chironomidae, perteneciente al orden Díptera, fue la más abundante. Siguiéndola en prevalencia, se encontraron las familias Philopotamidae del orden Trichoptera y Leptophlebiidae del orden Ephemeroptera. El uso de índices bióticos como BMWP, ASPT y EPT fue fundamental para evaluar los efectos de la contaminación, en particular la derivada de los residuos orgánicos domésticos, sobre la calidad del agua. Estos índices también destacaron la capacidad natural de la quebrada Anaya para la autodepuración, lo que indica su habilidad para recuperarse de ciertos niveles de contaminación con el tiempo. Los datos del estudio sugieren que la comunidad de macroinvertebrados es un indicador confiable de las perturbaciones ecológicas causadas por las actividades humanas en los ecosistemas observados. Las áreas con una mínima influencia humana se caracterizaron por una mayor riqueza de especies, lo que significa que había una mayor variedad de organismos presentes. Por otro lado, las ubicaciones que experimentaron un impacto humano más significativo, particularmente en forma de contaminación, mostraron una reducción en la biodiversidad. En estos sitios más afectados, se observó un aumento notable en la dominancia de ciertas especies, lo que indica que unas pocas especies tolerantes prosperaban a expensas de la diversidad general. Este patrón refleja la clara relación entre la intervención humana y la salud de los ecosistemas acuáticos, ya que las mayores perturbaciones conducen a una disminución en el equilibrio ecológico y la variedad de especies.

### **2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES**

Ponce (2019) en su tesis denominada “Evaluación de la diversidad de macroinvertebrados bentónicos en principales zonas de contaminación de la bahía de Puno – lago Titicaca, Universidad nacional del altiplano, Puno” tuvo como objetivo la presencia de macroinvertebrados bentónicos ofrece información sobre las condiciones ambientales en las que viven (incluidos factores físicos,

químicos y biológicos) y el grado de degradación ambiental ocasionado por las actividades humanas. La Bahía de Puno está notablemente afectada por la contaminación proveniente de aguas residuales y residuos sólidos urbanos, lo que deteriora la calidad ambiental. Por lo tanto, se estudió la diversidad de macroinvertebrados bentónicos en las principales áreas contaminadas de la Bahía de Puno – Lago Titicaca, en 11 ubicaciones durante los meses de febrero, abril, junio, agosto y octubre de 2016. La metodología las muestras fueron recolectadas a bordo del Buque de Investigación Científica IMARPE utilizando una draga tipo Vam Veen, y los organismos fueron clasificados hasta el nivel de género y especie. En el resultado se identificaron y documentaron un total de 22 especies distintas durante el período de estudio. La temperatura máxima registrada fue de 18.6 °C en febrero, mientras que la temperatura mínima se observó en junio con 10.1 °C, lo que resultó en una temperatura promedio de 14.1 °C. El nivel más alto de oxígeno disuelto registrado fue de 15.31 mg/L en agosto, en contraste con el nivel más bajo observado en octubre, que fue de solo 1.25 mg/L, dando una concentración promedio de oxígeno disuelto de 6.9 mg/L. Los niveles de pH alcanzaron su punto máximo en octubre con 10.17, siendo el valor más alto registrado, mientras que el pH más bajo se midió en abril con 7.76, lo que llevó a un promedio de pH de 8.9. Las mediciones de conductividad mostraron la lectura más alta en octubre con 1899  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , siendo la más baja en agosto con 648  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , resultando en una conductividad promedio de 1543.1  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . En resumen, la comunidad de macroinvertebrados mostró una composición diversa durante los meses de evaluación, lo que podría servir como base para futuros estudios en la región. Las variaciones de temperatura siguieron los patrones estacionales, especialmente notables a partir de agosto. Los niveles de oxígeno disuelto confirmaron estudios anteriores que sugieren que estos niveles se ven significativamente afectados por la presencia de material orgánico. Los valores elevados de pH indicaron alcalinidad en el agua, y los datos de conductividad, aunque útiles, carecieron de datos comparativos previos para un análisis más completo.

Córdova (2021) en su tesis denominada “Relación de los parámetros fisicoquímicos con las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en la cuenca baja del río, Osmore Ilo – Moquegua, Universidad Cesar Vallejo, Lima ” tuvo como objetivo el estudio se llevó a cabo en agosto de 2021, analizando diez ubicaciones de muestreo en la sección inferior de la cuenca del río Osmore, en la metodología se evaluaron parámetros fisicoquímicos como pH, temperatura, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto para determinar la calidad del agua en relación con las comunidades de macroinvertebrados acuáticos y sus métricas biológicas (Diversidad, Abundancia y el índice BMWP/Col). Como resultado la evaluación de los parámetros fisicoquímicos se realizó siguiendo las categorías ECA 3 y 4. Los niveles de pH variaron entre 7.97 y 8.52; las temperaturas oscilaron de 22.55 °C a 24.93 °C; la conductividad eléctrica se midió entre 2335 y 2662  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; y los niveles de oxígeno disuelto variaron de 0.33 a 5.54 mg/L. Durante el estudio se recolectaron un total de 24,463 macroinvertebrados, distribuidos en 15 familias diferentes y 9 órdenes distintas. Entre estos, las familias más comunes fueron Simuliidae, Chironomidae y Baetidae, mientras que las familias Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Hydrophilidae, Stratiomyidae, Thiaridae y Veliidae fueron menos observadas. Los índices de biodiversidad y dominancia fueron notablemente bajos, sugiriendo que tanto las actividades humanas como los factores ambientales relacionados con las condiciones acuáticas fueron contribuyentes significativos a estos patrones. En general, se observó una correlación destacada entre dos variables fisicoquímicas específicas y tanto la diversidad de macroinvertebrados como la evaluación biológica usando BMWP/Col

Torpoco (2022) en su trabajo de investigación denominado “Diversidad de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de calidad del agua en la laguna choclococha, provincia de castrovirreyna, Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica ” tuvo como objetivo evaluar la diversidad de macroinvertebrados acuáticos para usarlos como bioindicadores en la evaluación de la calidad del agua en

la Laguna Choclococha, ubicada en la Provincia de Castrovirreyna, Huancavelica, La metodología adoptada fue la investigación aplicada, centrada en el análisis correlacional. El método general fue científico, mientras que el enfoque específico fue cuantitativo. El estudio utilizó un diseño no experimental y transversal. La población fue el agua de la Laguna Choclococha, y la muestra consistió en 4 puntos de muestreo. La técnica de muestreo empleada fue no probabilística y basada en conveniencia. Los resultados demostraron que la comunidad de macroinvertebrados acuáticos estuvo compuesta por el género Hyalellidae, que representó el 20.5% del total, la familia Chironomidae con un 8.4%, la especie Rhhinnoeshna con un 8.2% y la especie Allopetalia con un 5.5%. Por otro lado, las especies menos comunes incluyeron el género Crambidae con solo un 0.6%, el género Sphaeriidae con un 0.8%, el género Palaemonidae también con un 0.8% y el género Rhamtus con un 0.9%. Se documentaron un total de 1,818 macroinvertebrados acuáticos a lo largo del período de estudio. Los recuentos de especies fueron los siguientes: se registraron 600 especies en marzo, representando una variedad de tres filos; 460 especies en abril; 468 especies en mayo; y 290 especies en junio. Los parámetros promedio de calidad del agua observados fueron los siguientes: la temperatura varió entre 14.7 y 18.7 °C, los niveles de oxígeno disuelto oscilaron entre 19.17% y 21.11%, la conductividad eléctrica varió de 0.303 a 0.323  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , y los valores de pH fueron de 7.85 a 8.2. El análisis concluyó que existe una correlación positiva significativa entre la presencia de macroinvertebrados acuáticos y la calidad del agua. Además, tanto los índices de diversidad específica como biológica mostraron una fuerte correlación con los parámetros de calidad del agua.

### **2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES**

Morales (2019) en su trabajo de investigación denominado "Relación de macroinvertebrados acuáticos como indicador de la calidad del agua en la quebrada Uchpas, distrito de san francisco de Cayrán", Universidad de Huánuco, Huánuco tuvo como objetivo la recolección de

los macroinvertebrados acuáticos establecidos en los 7 puntos de monitoreo ubicados en la parte baja de la microcuenca donde el análisis reveló la presencia de 17 familias taxonómicas de macroinvertebrados que se clasificaron en 7 órdenes distintas, destacándose Coleóptera, Ephemeroptera, Díptera, Trichoptera y Plecóptera. Se realizó una comparación exhaustiva entre las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del agua y los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), que incluyen parámetros como los niveles de oxígeno, temperatura, demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno (DBO), coliformes totales, nitratos, nitritos y bacterias heterotróficas. Todos estos parámetros se encontraron dentro de los límites aceptables para sus respectivas categorías. El estudio utilizó el método del Índice Biótico Andino (ABI) para su análisis, que consiste en asignar valores numéricos a cada familia taxonómica, donde un valor de 1 indica alta tolerancia y un valor de 10 indica mayor sensibilidad. Los resultados mostraron que la calidad del agua, basándose en los puntos evaluados y las familias taxonómicas presentes, fue calificada como buena, con una significancia estadística del 5%. Además, el estudio concluyó que no hubo una correlación significativa entre la cantidad de macroinvertebrados y la calidad del agua.

Cajas (2022) En su trabajo de investigación denominado “Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua en la microcuenca la pavas distrito de Mariano Dámaso Beraun Provincia de Leoncio Prado región Huánuco, Universidad de Huánuco, Huánuco” tuvo como objetivo evaluó la relación de macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua de la microcuenca las pavas, Justificó que a la sociedad apporto nuevos conocimientos teóricos y prácticos en relación a la calidad del agua que tomo en cuenta a los macroinvertebrados acuáticos, en su metodología Investigó con estudios similares en el ámbito internacional, nacional, local, su investigación tiene un alcance no experimental, descriptivo, correlacional, analizó 5 puntos de monitoreo realizado en la microcuenca de las pavas. El análisis, que se realizó mediante el uso de tablas estadísticas detalladas

y representaciones gráficas, corresponde a la Categoría 4: conservación del ambiente acuático, según lo establecido en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Los hallazgos de este análisis concluyeron que la evaluación de los macroinvertebrados acuáticos, utilizados como indicadores de la calidad del agua, proporcionó una evaluación integral de la abundancia y sensibilidad del agua. Los resultados de esta evaluación mostraron que la calidad del agua fue clasificada como buena a muy buena. Además, el análisis incluyó una revisión exhaustiva de los parámetros fisicoquímicos, químicos y microbiológicos del agua, los cuales fueron considerados para evaluar la calidad general del entorno acuático.

Fabián (2022) en su trabajo de investigación denominado “Evaluación comparativa del análisis de la calidad del agua haciendo uso del índice biótico andino en tres ríos de la ciudad de Huánuco”, Universidad de Huánuco, Huánuco tuvo como objetivo comparar la calidad del agua, utilizó la metodología del índice biótico andino (ABI) en tres ríos Huallaga, Huanca chupa, Higueras. La metodología que empleo en su estudio de investigación fue un enfoque cuantitativo, nivel de investigación descriptiva que verifico los invertebrados en un área geográfica determinada, muestreó y recolectó los macroinvertebrados en 18 puntos los macroinvertebrados, realizó los métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas guía del MINAN propuesto en el año 2014 para evaluación de bentos, resultó a través de la metodología el índice Shannon lo cual demostró la existencia de una baja biodiversidad con promedio de 1.78 para el río Huallaga, un promedio de biodiversidad de 1.9 para el río Higueras, y un promedio de biodiversidad de 2.29 para el río Huanca chupa, que hace un comparativo en los tres ríos. El análisis demostró que el río Huanca Chupa presenta un nivel superior de biodiversidad en un estado equilibrado, lo cual se confirmó al evaluar la calidad del agua utilizando el índice biótico andino. En particular, en el punto 5 del río Higueras, la calidad del agua se determinó como buena. En contraste, para el río Huallaga, la evaluación en el punto 1 indicó que la calidad del agua era

solo regular, mientras que en el punto 6, los macroinvertebrados encontrados estaban en malas condiciones, lo que señala un deterioro en la calidad del agua. Por otro lado, en el río Huanca Chupa, la evaluación mostró que, en puntos específicos, particularmente en el punto 5, la calidad del agua fue calificada como excelente con condiciones óptimas. La biodiversidad en este río estaba bien equilibrada en comparación con los dos ríos estudiados. Los hallazgos subrayan que el uso de macroinvertebrados bentónicos permitió un análisis cuantitativo detallado, que incluyó la identificación y conteo de las diversas familias de especies observadas en el río Huanca Chupa. Este análisis reveló una calidad de agua superior en este río, mientras que el río Huallaga mostró una calidad de agua notablemente mala.

## **2.2. BASES TEÓRICA**

### **2.2.1. CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA**

Surge del término para evaluar la calidad de las aguas; en el medio acuático de las aguas continentales; estudian su estructura y composición de la comunidad de organismos; los cuerpos de agua presentan mayor biodiversidad y buena calidad biológica si la comunidad de macroinvertebrados se desarrolla en las características naturales (Ríos, 1996).

El término calidad del agua se refiere a los diferentes usos u procesos, dependen de la composición físico-química cambio temporal espacial a los que están sujetos al cuerpo de agua y otro el uso del agua potable, la calidad biológica del agua se refiere a los cambios estructurales medidos mediante la comunidad de organismos, una buena calidad biológica es aquella de sostener una comunidad acuática semejante a la que se encontraría en condiciones naturales, pero se podría prestar numerosos servicios ecosistémicos, el ambiente produce cambios en la estructura de las comunidades biológicas como lo que son aquellas especies sensibles en algunas condiciones, los impactos producen diferentes grados de contaminación o situaciones sobre

comunidades que se encuentran en el lugar, la calidad biológica del agua paso a denominarse indicador biológico de la calidad del agua o bioindicador que los distintos organismos utilizan diferentes tolerancias. (Domínguez, 2020)

### **2.2.2. BIOINDICADORES**

El concepto de bioindicadores se refiere a la capacidad de las especies nativas para mantener poblaciones estables mientras preservan su rango natural de variación y procesos evolutivos a lo largo del tiempo. Estas especies desempeñan un papel crucial en el ecosistema, apoyando no solo los procesos ecológicos, sino también el uso sostenible de los recursos del ecosistema. Una característica clave de los bioindicadores es su capacidad para exhibir resiliencia, lo que significa que pueden responder a los cambios ambientales mientras mantienen su función dentro del ecosistema. Las especies bioindicadores incluyen diferentes categorías, como especies nativas, especies paraguas, especies emblemáticas y especies centinelas. Estas especies se clasifican según sus roles en el ecosistema como detectores, explotadores o acumuladores, cada una contribuyendo de manera diferente al monitoreo de la salud ambiental. Las especies estresoras ambientales, por otro lado, poseen una habilidad única conocida como plasticidad, que les permite adaptarse a las condiciones climáticas cambiantes. Esta respuesta adaptativa les ayuda a detectar alteraciones ambientales, aunque sus poblaciones a menudo sufren impactos negativos debido a estos cambios. A pesar de verse afectadas, estas especies son valiosas para mitigar el daño ambiental al señalar el comienzo de disturbios ecológicos. Las especies bioindicadores, en particular, son extremadamente sensibles a las perturbaciones ambientales, lo que significa que cualquier cambio en su distribución, abundancia o patrones de dispersión puede proporcionar advertencias tempranas sobre la salud del ecosistema. Al estudiar estas especies, los científicos pueden evaluar el impacto de los estresores ambientales y tomar medidas para abordar los desequilibrios ecológicos antes de que

se agraven. (Pérez, & Low, 2014)

### **2.2.3. ¿QUÉ ES UN INDICADOR BIOLÓGICO?**

Estos organismos poseen características únicas, siendo tanto selectivos como altamente específicos, lo que les permite actuar como predictores tempranos de los impactos causados por los cambios ambientales. Su sensibilidad a las alteraciones en su entorno les permite prever los efectos potenciales de dichas modificaciones mucho antes de que el daño sea irreversible o más severo. Esta capacidad predictiva los convierte en herramientas invaluable para evaluar los cambios ambientales, especialmente ante las consecuencias de la actividad humana, conocidas como intervenciones antrópicas. Dado el aumento de la presión sobre los ecosistemas debido a la influencia humana, especialmente en los sistemas hídricos, es esencial contar con métodos eficientes y precisos para monitorear estos cambios. Los organismos proporcionan una forma rápida y eficaz de observar la salud de las fuentes de agua. Su comportamiento y reacciones a los factores de estrés ambiental pueden usarse para desarrollar técnicas diagnósticas rentables y rápidas. En el contexto de la gestión y administración de los recursos hídricos, comprender estas respuestas es crucial para crear estrategias que tanto preserven el ecosistema como permitan un uso sostenible de los recursos hídricos. La necesidad de soluciones prácticas y eficientes se intensifica a medida que las actividades humanas continúan ejerciendo presión sobre los sistemas hídricos naturales, lo que hace que estos organismos sean indicadores vitales de perturbaciones ambientales tempranas. (Christine, 2009)

### **2.2.4. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS QUE CUMPLE LOS TAXONES COMO BIOINDICADORES**

- Se distribuyen fácilmente, abundantes y fáciles de recolectar
- Son sedentarios y en su mayoría reflejan las condiciones locales
- La mayoría son apreciables a simple vista

- Presentan los efectos de las variaciones ambientales en corto tiempo
- Proporcionan información en efectos acumulativos de contaminantes
- Responden rápido a estresores ambientales
- La mayoría poseen ciclos de vida larga
- Genéticamente varían poco (Pérez, & Low, 2014)

### **2.2.5. MACROINVERTEBRADOS**

Ciertas especies en los ecosistemas acuáticos poseen una tolerancia muy limitada a los cambios ambientales, especialmente cuando los niveles de contaminación aumentan. Estas especies suelen ser las primeras en perecer cuando se enfrentan a condiciones adversas, incapaces de soportar incluso ligeras variaciones en la calidad del agua. Por otro lado, hay especies que demuestran una mayor capacidad para tolerar diversos grados de contaminación, lo que les permite sobrevivir donde otras fallan. Como resultado, estas especies más resistentes prosperan en entornos comprometidos, colonizando rápidamente los espacios abiertos que quedan vacantes por las especies que han desaparecido, y aumentando significativamente sus números poblacionales. Los macroinvertebrados, en particular, son ampliamente considerados como indicadores confiables de la calidad del agua debido a sus variadas respuestas a la contaminación. El proceso de contaminación ambiental puede observarse a través de cambios en la composición de estas especies. Cuando aumenta la contaminación, las especies sensibles comienzan a disminuir, mientras que las especies más tolerantes se vuelven más prevalentes. Este cambio en la biodiversidad actúa como una señal clara del estado de salud del ecosistema. Algunas especies son tan sensibles que incluso perturbaciones ambientales menores provocan su rápida disminución, lo que resalta su papel como indicadores de alerta temprana. Los distintos niveles de tolerancia entre las especies las convierten en un componente crucial para entender y evaluar la calidad del agua y la salud general de

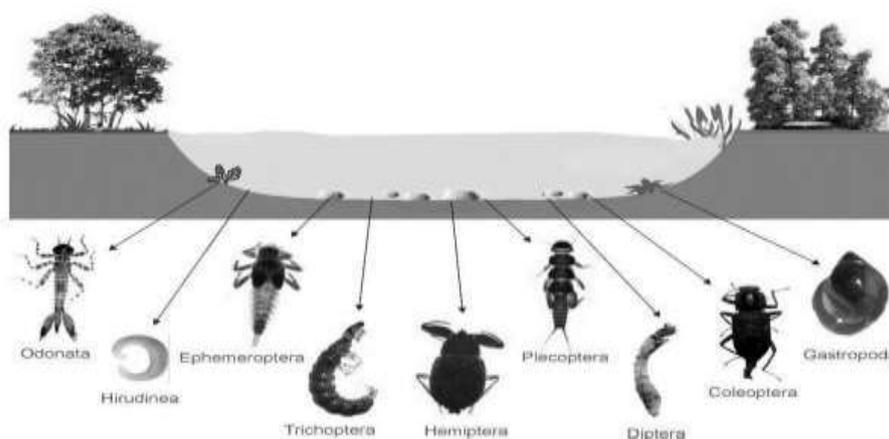
los ecosistemas acuáticos. (Pérez, & Low, 2014)

### 2.2.6. BENTOS

Habitan en el fondo, adheridos en las piedras, rocas, troncos, restos de vegetación, sustratos, que están presentes los organismos, como son los siguientes: ephemeroptera, plecóptera, trichoptera, megaloptera, díptera, mollusca, hemíptera, algunos están enterrados en el fondo del agua a varios centímetros de profundidad como la familia euthyplociidae (ephemeroptera) y como la familia blephariceridae (díptera), se adhieren a las rocas mediante sus sistemas ventosas del abdomen, la familia zygoptera (odonatos) se encuentran adheridos a la vegetación acuática o semergente. (Álvarez, 2005)

**Figura 1**

*Comunidad de macroinvertebrados acuáticos*



*Nota.* Las comunidades de los organismos que tienen ventosas en el abdomen y se adhieren fuertemente a las rocas, las órdenes representan al sistema acuático frente a los contaminantes. (Roldan, 2012)

### 2.2.7. EL HÁBITAT EN EL AGUA

Son las características del ambiente en que viven diversas especies de macroinvertebrados, así algunos viven bajo tierra, otros adheridos a rocas, piedras y vegetación, otros invertebrados se encuentran en ríos y lagos donde están adheridos a la vegetación ribera, algunos son nadadores en aguas superficiales, algunos son buenos nadadores que prefieren aguas corrientes o lentas, otros prefieren

fondos lodosos, pedregosos o arenosos. (Roldán & Ramírez, 2008)

### **2.2.8. TIPOS DE HÁBITATS DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS**

Los macroinvertebrados bentónicos habitan tanto en ambientes lóticos, como ríos, arroyos y corrientes, como en ambientes lénticos, como lagos, lagunas, ciénagas y embalses. Estos hábitats específicos proporcionan condiciones de vida distintas para los organismos, y los ecosistemas dentro de estos ambientes son notablemente diversos. Cada tipo de ecosistema sostiene una comunidad única de organismos, reflejando un alto grado de variabilidad ecológica (Roldán & Ramírez, 2008).

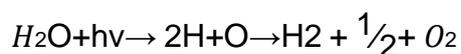
### **2.2.9. ECOSISTEMA LÓTICO**

Son los que están presentes los ríos, quebradas, arroyos, se diferencia por la dimensión, ubicación, origen. En la hidrobiología se clasifican por su origen y la secuencia, desde el primero y se unen en el recorrido para formar una red de segundo, tercero, cuarto, hasta formar grandes ríos. Las quebradas tienen su origen en las fuentes de manantiales y lagunas. En época de las estaciones se manifiestan las lluvias y la humedad. Los ríos grandes y caudalosos están en llano amazónicos, tienen origen en los andes; es el incremento importante en el aporte de los ríos de la vertiente oriental. Su recorrido en el río Ucayali es de 1700 km, en el río Marañón 1200 km desde al río Huallaga. (Roldán & Ramírez, 2008)

### **2.2.10. EL AGUA**

Desde una perspectiva cuantitativa, el agua cubre el 72% de la superficie terrestre. Además, los organismos vivos contienen un alto porcentaje de agua, una sustancia única que se presenta naturalmente en los tres estados de agregación: sólido, líquido y gaseoso. Desde el punto de vista cualitativo, el agua es fundamental para todas las formas de vida, incluso en los desiertos, ya que soporta procesos esenciales

como la nutrición y la excreción en los seres vivos. Además, contribuye a la generación de oxígeno a través de la foto descomposición atmosférica.



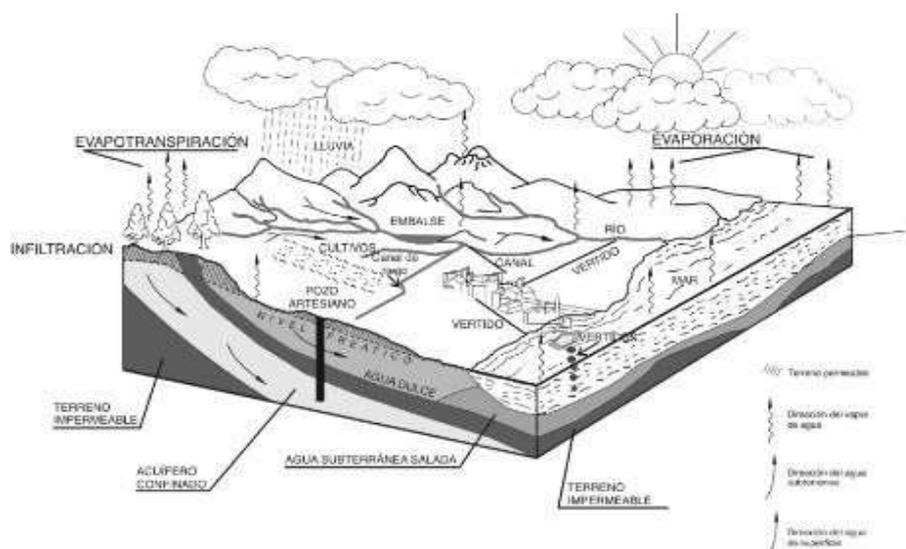
Al igual que en la fotosíntesis de las plantas verdes, la etapa final se integra en la materia de la planta, con algunas excepciones menores. La fotosíntesis es la base de la vida, y el agua interviene de dos maneras: temporalmente, como parte del ciclo de transpiración, que se devuelve en parte al ambiente; y permanentemente, al proporcionar el hidrógeno que se combina dentro de la planta (Orozco & Antonio, 2002)

### **2.2.11. CICLO HIDROLÓGICO Y CONTAMINACIÓN**

El equilibrio del agua se mantiene a través de la interacción entre la evaporación y la transpiración. En este proceso, las plantas liberan el exceso de agua a la atmósfera a través de las estomas, que son pequeños poros en las hojas. Estas estomas también permiten el intercambio de gases, como el oxígeno y el dióxido de carbono, esenciales para la fotosíntesis. Este proceso ocurre junto con la precipitación y la escorrentía superficial; la Tabla 0-1 balance hídrico sería el siguiente equilibrio: Balance hídrico: Precipitaciones=escorrentía (superficial subterránea+ evapotranspiración). El ciclo hidrológico para mantener el equilibrio entre los diferentes tipos de agua es fundamental, ejemplo la infiltración de agua subterránea origina infiltración del agua solobre, que llega a tener consecuencias de importante gravedad (Nieves & Orozco, 2002)

**Figura 2**

*Ciclo Hidrológico del Agua, Influencia de las Actividades Antropogénicas*



**Nota.** La imagen resalta diversas actividades humanas que afectan el ciclo del agua y los recursos hídricos. Los factores clave incluyen el desarrollo de embalses, sistemas de aguas superficiales y la extracción de aguas subterráneas mediante distintos tipos de pozos. Estos recursos se utilizan para fines agrícolas, urbanos e industriales, y el agua contaminada se descarga nuevamente en el ambiente. Además, la imagen muestra dos tipos principales de contaminación provocada por el ser humano, que afecta tanto las aguas superficiales como subterráneas, además de ríos y mares. También se abordan preocupaciones ambientales más amplias, como la contaminación del aire y del suelo, incluida la lluvia ácida (Nieves & Orozco, 2002)

## 2.2.12. CONTAMINACIÓN DEL AGUA

La contaminación de tipos puntuales proviene de urbanos e industrias, así mismo los pesticidas, productos farmacéuticos, las sustancias tóxicas este tipo de vertidos son descargadas en las aguas afectando el ecosistema produciendo un gran impacto en la comunidad de los macroinvertebrados y la biota. Los sistemas de depuración instalados no eliminan por completo las sustancias tóxicas ni los vertidos; por lo tanto, pasan por un sistema de depuración (Ladrera R., 1980)

## 2.2.13. CAMBIOS EN LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA EN LOS ECOSISTEMAS DE AGUAS CONTINENTALES

El ministerio del ambiente (MINAM) en los últimos años viene

otorgando en la biodiversidad como son en talleres, convocatoria, informe técnico, tema relacionado con la flora y fauna, perspectivas ambientales. La autoridad nacional del agua (ANA) mejora la administración del agua como recurso, la biodiversidad y el servicio ecosistémico se relaciona con el ANA, los actores que vinculan a la gestión y administración del recurso hídrico no se relacionan directamente con organismos en la biodiversidad como el MINAM (Ministerio del Ambiente)

#### **2.2.14. EUTROFIZACIÓN**

Los ríos como consecuencia generan el aumento de nutrientes como nitratos provenientes de actividades agroganaderas y fosfatos (detergentes), también aporta en el crecimiento de algas, crecimiento de organismos fotosintéticos en gran cantidad. Por lo tanto, otros productores generan el descenso del oxígeno en las aguas que conlleva a la muerte de gran cantidad de Macroinvertebrados (Ladrera R., 1980).

#### **2.2.15. ALTERACIÓN MORFOLÓGICA**

En los cauces del río viven la comunidad de macroinvertebrados en diferentes tipos de hábitats como son pozas, raíces de árboles, plantas acuáticas, llanuras de incendio; en el ecosistema la construcción de escolleras, las canalizaciones, estos llevan al desequilibrio, eliminación de hábitats, disminución de la diversidad de macroinvertebrados (Ladrera R., 1980)

#### **2.2.16. ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN DEL CAUDAL**

Los macroinvertebrados su estilo de vida se adapta al flujo natural como son las construcciones de pequeñas centrales hidroeléctricas, embalses que derivan en toma de agua de regadíos que modificaron la comunidad de los seres vivos (Ladrera R., 1980).

#### **2.2.17. CAUSAS DE LA CONTAMINACIÓN DEL RÍO**

Durante los cien años la gente fue contaminando en la historia, los

cual fue generada por las distintas actividades como; actividad agrícola, destrucción de cuencas, descargas urbanas, construcción de represas, canal de riego, actividades de exploración minera, contaminación industrial, fábrica de detergentes, metales pesados, sustancias químicas que el ser humano bota al río y se filtran en las aguas subterráneas (Fierro, 2001).

## **2.2.18. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA**

### **2.2.18.1. COLIFORMES TOTALES**

Son utilizados para identificar posibles cambios en la calidad biológica del agua, que están contaminados con materia orgánica de origen fecal, animal y el ser humano que está acelerando la productividad primaria de cuerpos loticos (Andrea Olarte, 2018)

Los coliformes totales son un grupo de bacterias Gram-negativas que pueden fermentar la lactosa a temperaturas entre 35 y 37°C, lo que resulta en la producción de ácido y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en un período de 24 horas. Estas bacterias pueden sobrevivir tanto en presencia como en ausencia de oxígeno, son negativas para la oxidasa, no forman esporas y poseen la enzima β-galactosidasa. Ejemplos notables de este grupo incluyen *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella*. El método principal para detectar coliformes implica la hidrólisis de la lactosa, donde el disacárido es descompuesto por la enzima β-D-galactosidasa. Este proceso se lleva a cabo típicamente utilizando medios cromogénicos como el Agar Chromocult. Sin embargo, los coliformes totales no son ideales para evaluar la calidad del agua, ya que muchas de estas bacterias se encuentran naturalmente en ambientes como el agua, el suelo y la vegetación. (Larrea & Jeny, 2013)

## **2.2.19. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5)**

Las aguas naturales no poseen contaminantes, pero si presenta

bajas concentraciones de materia orgánica disuelta (menos de 2 mg/l). Los contaminantes de desechos domésticos e industriales se agotan el oxígeno en el agua. La materia orgánica lo descompone, la DBO (Demanda Bioquímica de oxígeno) valora la concentración de materia orgánica que se encuentra en el agua. Se agota el oxígeno del agua por exceso de materia orgánica, con la cual el agua tiene la apariencia de un color turbio grisáceo y olor a huevo podrido (ácido sulfhídrico). La gran cantidad de especies de macroinvertebrados los turbificados y quirinomidos rojos son indicadores del tipo de contaminación, habitan bajo condiciones orgánicas extremas que se encuentran a valores superiores de 80.000 turbificados por m<sup>2</sup>. (Roldan, 2012)

#### **2.2.20. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)**

La concentración de las aguas residuales industriales está influenciada por el proceso de fabricación específico del que provienen. La DBO y la DQO son indicadores clave de la biodegradabilidad de los contaminantes. Niveles de DQO y DBO por debajo de 0,2 sugieren un vertido inorgánico, mientras que niveles superiores a 0,6 indican un vertido orgánico. La Demanda Química de Oxígeno mide la capacidad de agentes oxidantes, como el dicromato o el permanganato, para reaccionar con materiales oxidables en el agua, y se expresa en partes por millón (ppm) de O<sub>2</sub>. Refleja la presencia de materia orgánica oxidable y sustancias reductoras como Fe<sup>++</sup> y NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Normalmente, las aguas no contaminadas tienen valores de DQO que oscilan entre 1 y 5 ppm o superiores. Niveles elevados de DQO pueden interrumpir diversos procesos industriales. (Roldan, 2012).

#### **2.2.21. CALIDAD DEL AGUA**

Evaluar la calidad del agua implica examinar el color del agua, que juega un papel crucial en el análisis de propiedades físicas, químicas y biológicas. Las variaciones de color están influenciadas por materiales disueltos y suspendidos, así como sedimentos. La Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. desarrolló un método para

diagnosticar cuerpos de agua basado en su coloración. Durante el muestreo, se observan la capa superficial donde las olas fuertes mezclan y disuelven el oxígeno, ayudando en la respiración de los organismos acuáticos y la oxidación de compuestos orgánicos.

La precipitación local y las tormentas, junto con los vientos fuertes, contribuyen a la turbidez y erosión. Además, la presencia de ciertos organismos ayuda a medir la magnitud del impacto ambiental en el cuerpo de agua (Pérez, & Low, 2014).

### **2.2.22. ABI (ÍNDICE BIÓTICO ANDINO)**

El índice biótico andino (ABI) se utiliza en evaluaciones de impacto ambiental y estudios ecológicos. Es una versión adaptada del índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) diseñado para ríos en los Andes a altitudes de entre 2000 y 4000 metros sobre el nivel del mar. Este índice biótico evalúa la calidad del agua y la salud ecológica de los ecosistemas acuáticos andinos al asignar valores numéricos del 1 al 10 a diferentes familias en función de su tolerancia a los contaminantes, con 1 representando a las más tolerantes y 10 a las más sensibles. El puntaje total de las familias identificadas indica el puntaje general del ABI, reflejando la calidad del agua. El beneficio del índice biótico andino (ABI) es que utiliza macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua, específicamente adaptados a las regiones andinas (> 2000 metros sobre el nivel del mar), y se basa en la presencia o ausencia de familias. Es un método económico y sencillo que requiere una inversión mínima de tiempo (García. & Narcis , 2011)

### **2.2.23. PUNTAJE DEL ÍNDICE BIÓTICO ANDINO**

**Tabla 1**

*Establecimiento de la Calidad de Agua Mediante el Índice ABI*

<b>ABI</b>	<b>Calidad del agua</b>
>98	Muy bueno
61-97	Bueno
36-60	Moderado

16-35	Malo
<15	Pésimo

*Nota.* Puntuación del ABI determina el valor del rango con el índice biótico. (García. & Narcis , 2011)

#### **2.2.24. MARCO LEGAL SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA**

Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM: El artículo 31 de la Ley General del Ambiente define los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) como los criterios que determinan los niveles aceptables de concentración o grados de elementos, sustancias y parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el aire, suelo y agua, garantizando que no representen un riesgo significativo para la salud humana ni para el medio ambiente. (Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, 2009)

Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM: El artículo 79 de la Ley N° 29338, referente a los recursos hídricos, autoriza a la Autoridad Nacional del Agua a permitir el vertimiento de aguas residuales tratadas en cuerpos naturales de agua, ya sean continentales o marinos. Esto está condicionado a la recepción de evaluaciones técnicas favorables por parte de las autoridades ambientales y de salud, que confirmen el cumplimiento con los estándares de calidad ambiental y los límites permisibles establecidos. (Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, 2009)

Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM: Este decreto estableció los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el agua (ECA), como la medida que establece la concentración o el nivel de grado de elementos sustancias o parámetros fisicoquímicos y biológicos, presentes en el agua en su condición de cuerpo receptor. (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, 2017)

Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM: Establece los Estándares de Calidad Ambiental para agua y establecen Disposiciones Complementarias con el objetivo de considerar presiones sobre sus categorías, la presente investigación consideró la categoría 4:

Conservación del ambiente acuático, b) Subcategoría E2: Ríos. Que se entiende como aquellos cuerpos naturales de aguas loticos, que me mueven corriente continua, incluyendo ecosistemas humedales.

Estas regulaciones están en conformidad con la Ley N° 28611 - Ley General del Ambiente, la Ley N° 29338 - Ley de Recursos Hídricos, el Decreto Legislativo N° 1013 y el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM. (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, 2017)

**ARTICULO 2°.** - Precisiones de las categorías de los Estándares Nacionales de calidad ambiental para agua (ECA) d. Categoría 4. Conservación del ambiente acuático

Se trata de cuerpos de agua superficiales cuyas características se conservan debido a que forman parte de ecosistemas delicados, áreas naturales protegidas y sus zonas de amortiguamiento circundante. (Decreto Supremo N°004-2017-MINAM, 2017)

**i. Lagunas y lagos**

Comprenden todas las aguas que no presenten corriente continua, son aguas en estado léntico, así como humedales. (Decreto Supremo N°004-2017- MINAM, 2017)

Un río se define como un cuerpo de agua que fluye continuamente en una sola dirección. Este flujo es persistente e imparable, y se clasifica como agua lótica, lo que significa que está en constante movimiento y avanzando continuamente. (Decreto Supremo N°004- 2017-MINAM, 2017)

**ARTÍCULO 10:** Revisión de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.

El Ministerio del Ambiente (MINAM) desarrollará e implementará procesos, metodologías, directrices y planes necesarios para evaluar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del agua. Esta evaluación tomará en cuenta evidencias técnicas, así como los resultados de la

vigilancia, control y monitoreo de la calidad ambiental del agua. (Decreto Supremo N°023-2009- MINAM, 2009) Marco Institucional del agua. Según el marco institucional del ANA (Autoridad Nacional del Agua) ,2010 clasifica a las áreas compuestas de las siguientes.

- Autoridad Nacional del Agua - ANA
- Autoridad Local del Agua – ALA

Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad del recurso hídrico superficiales (resolución jefatural N°010-2016-ANA)

## **2.2.25. MARCO INSTITUCIONAL MONITORIO BIOLÓGICO**

### **2.2.25.1. DECRETO SUPREMO N°013-2023- MINAM**

Además, el Decreto Supremo N° 013-2020-PRODUCE estableció directrices para autorizar la recolección de recursos hidrobiológicos con el fin de establecer datos base para estudios ambientales complementarios o monitoreo hidrobiológico, tal como se detalla en el decreto. Asimismo, el Decreto Supremo N° 027-2021-MINAM modifica el reglamento de la Ley N° 24031, que se refiere al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), aprobado originalmente por el Decreto Supremo N° 005-85-AE. Este decreto también define los servicios exclusivos proporcionados por el SENAMHI y regula el proceso de autorización para la recolección de recursos hidrobiológicos necesarios para las evaluaciones ambientales de línea base. (Decreto Supremo N°013-2023-MINAM)

### **2.2.25.2. DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES**

#### **Novena. - Sobre las acciones de monitoreo biológico**

El titular del proyecto no necesita obtener autorización del SERFOR para llevar a cabo monitoreos biológicos dentro del área de influencia del proyecto, siempre que se incluyan las directrices técnicas establecidas en la opinión favorable del SERFOR en el

Instrumento de Gestión Ambiental aprobado. La opinión del SERFOR debe detallar claramente cómo se están aplicando estas directrices (Normas legales, 2023, 30 de diciembre)

### **2.2.25.3. DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS TRANSITORIAS**

#### **Segunda. - Información de línea base biológica**

La recolección de especies hidrobiológicas realizada bajo las normas vigentes antes de la aprobación de las disposiciones actuales continuará sometida a la normativa anterior, a menos que el titular del proyecto solicite explícitamente un cambio (Normas legales, 2023, 30 de diciembre)

### **2.2.25.4. SISTEMA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (SEIA)**

La Resolución Ministerial N° 455-2018-MINAM, aprobada, proporciona justificación para las condiciones climáticas del área de estudio. Cubre diferentes regiones: áreas costeras (períodos de invierno y verano), regiones de sierra (temporadas húmeda y seca) y zonas de selva (períodos de creciente y vaciante). Esta justificación está en línea con las directrices para establecer la línea de base dentro del marco de evaluación de impacto ambiental (SEIA) (Normas legales, 2023, 30 de diciembre)

### **2.2.26. MINAN-2022**

La guía utilizada para establecer la línea de base en el contexto del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) ofrece instrucciones detalladas para el monitoreo del componente hidrobiológico. Esto incluye la evaluación de los macroinvertebrados acuáticos y la aplicación de índices de biodiversidad. La guía describe procedimientos específicos para estas evaluaciones, asegurando un monitoreo integral y preciso del entorno acuático (Normas legales, 2023, 30 de diciembre)

## 2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

### ➤ **Especie**

Un conjunto de individuos que residen en una región geográfica específica, todos ellos con características físicas similares, un número idéntico de cromosomas y la capacidad de reproducirse para generar crías viables. En esencia, cuando los miembros de la misma especie se agrupan y viven en proximidad, forman una población (Mafla, 2005).

### ➤ **Taxonomía**

La ciencia organiza a los organismos biológicos mediante un enfoque estructurado y jerárquico, clasificándolos en diferentes niveles según sus características y relaciones evolutivas. Este arreglo metódico facilita la comprensión de las complejas relaciones y diferencias entre las diversas formas de vida (Mafla, 2005).

### ➤ **Hábitat**

Para que los organismos prosperen y puedan llevar a cabo procesos como la reproducción, la protección personal y la nutrición, necesitan una variedad de condiciones. Estas incluyen factores tanto físicos, como un entorno ambiental adecuado, como biológicos, como una nutrición y descanso adecuados. Sin estas condiciones esenciales, los organismos tendrían dificultades para mantener su salud y continuar con sus procesos vitales de manera efectiva (Mafla, 2005).

### ➤ **Lótico**

Los sistemas fluviales comprenden diferentes tipos de cursos de agua, como manantiales, que son fuentes naturales de agua, y arroyos situados en las cabeceras o las partes superiores de los sistemas fluviales. Además, estos sistemas incluyen remansos, que son secciones tranquilas del río, y rápidos, donde el agua fluye rápidamente sobre terrenos irregulares. También cuentan con llanuras aluviales, que son áreas planas formadas por la deposición de sedimentos, y estuarios, donde el agua dulce de los ríos se encuentra y se

mezcla con el agua salada del mar (Mafla, 2005).

➤ **Sedimentos**

Estos consisten en pequeños fragmentos de tierra o piedra que pueden permanecer suspendidos en la columna de agua o acumularse gradualmente en el fondo de una quebrada o lecho de arroyo. Estos sedimentos suelen ser transportados por el agua en movimiento y se depositan cuando la velocidad del flujo disminuye, formando acumulaciones de sedimento en la base del arroyo (Mafla, 2005).

➤ **Bioindicadores**

Los indicadores biológicos relacionados con la biodiversidad son variables específicas que pueden ser evaluadas tanto cuantitativa como cualitativamente. Estos indicadores son características observables de manera regular que proporcionan datos medibles sobre el estado de la biodiversidad. Al examinar estos indicadores, los investigadores pueden describir y analizar las características y la salud de la diversidad biológica dentro de un ecosistema. Este proceso implica monitorear regularmente estas variables para comprender y documentar las complejidades y variaciones de la biodiversidad a lo largo del tiempo (Mafla, 2005).

➤ **Comunidad**

Se refiere al conjunto de organismos vivos que se agrupan para formar una población en un área geográfica específica. Cuando estos organismos interactúan entre sí y con su entorno circundante, crean y mantienen un ecosistema. Esta relación dinámica entre los organismos y su ambiente da lugar a un sistema complejo donde diversos factores biológicos y ambientales están interconectados, influyendo en la función y estructura general del ecosistema (Mafla, 2005).

➤ **Bentos**

Estos incluyen tanto especies invertebradas como vertebradas que se encuentran dentro de una comunidad ecológica específica, viviendo en

diversos entornos acuáticos como los sedimentos en el fondo y en la superficie del agua. Cuando enfrentan perturbaciones causadas por contaminantes, estos organismos reaccionan de maneras que pueden utilizarse para evaluar y comprender los impactos derivados de la contaminación. Sus respuestas sirven como indicadores para valorar la extensión y naturaleza del daño ambiental (Mafla, 2005).

➤ **Población**

Un conjunto de organismos que pertenecen todos a la misma especie, formando un grupo cohesivo de individuos que comparten características y composición genética comunes. Este grupo está compuesto exclusivamente por miembros de esa especie en particular, y estos interactúan entre sí dentro de un entorno o hábitat específico, contribuyendo a la dinámica general de su población (Mafla,2005).

➤ **Especie**

Estas son especies que residen en una región geográfica particular y poseen cromosomas que son uniformes o idénticos entre los individuos de la misma especie. Son capaces de reproducirse y generar crías que también son fértiles. Colectivamente, estas especies constituyen toda la población dentro de esa área específica. (Mafla, 2005)

➤ **Contaminación**

Se refiere a los cambios o alteraciones significativas en el ecosistema que ocurren como resultado directo de actividades realizadas por los seres humanos. Estas alteraciones son causadas por diversas formas de intervención humana, como los procesos industriales, la deforestación y la contaminación, las cuales tienen un impacto profundo en el entorno natural y su equilibrio. (Mafla, 2005)

➤ **Diversidad**

Son diversos grupos de organismos como los macroinvertebrados. (Mafla, 2005)

➤ **Cauce**

Es por donde transcurre el agua de los ríos, riachuelos. (Mafla, 2005)

➤ **Metamorfosis**

Son los cambios que sufren los insectos durante el desarrollo, que se manifiesta en su estilo de vida (Andrea C, 2011)

➤ **Aguas Continentales**

Son aguas superficiales dulces que se encuentran sobre o debajo de la superficie terrestre. (Autoridad Nacional del Agua, 2016, marzo)

➤ **Aguas residuales**

Son las actividades antrópicas generadas por el hombre que sus características fueron modificadas; sus características requieren un tratamiento previo. (Autoridad Nacional del Agua, 2016, marzo)

➤ **Cuerpo de agua lótico**

Son cuerpos de aguas por corrientes unidireccionales como ríos, quebradas. (Autoridad Nacional del Agua, 2016, marzo)

➤ **Calidad del agua potable**

El agua potable es la calidad que preocupa a todos los países, es la repercusión de la salud de la población, agentes infecciosos, productos químicos tóxicos, enfoques de gestión preventiva de recursos hídricos al consumidor. (García, & Prat, 2011).

➤ **Calidad biológica del río**

Es la calidad del agua que mantiene las interacciones de los seres vivos de acorde al equilibrio de los ecosistemas del agua dulce continental. (García, & Prat, 2011)

### ➤ **Método índice biótico andino - ABI**

Este método es un enfoque biótico para evaluar la calidad del agua y la integridad ecológica de los ecosistemas acuáticos andinos. El índice biótico andino (ABI) clasifica a cada familia muestreada en una escala del 1 al 10 (García & Prat, 2011). El muestreo de macroinvertebrados debe realizarse primero, utilizando una red de mano de 250 µm en todos los tipos de hábitats presentes en el río (muestreo multihábitat). Es fundamental no depender de métodos que se centren en un solo tipo de hábitat, como las zonas reolas, ya que solo capturan una parte de la diversidad de la comunidad bentónica. Una vez recolectada la muestra, se puede realizar una identificación inicial de los organismos en el campo, registrando sus rangos de abundancia en una hoja de campo que lista las familias de macroinvertebrados presentes en los Andes por encima de los 2000 metros. El muestreo continúa hasta que no se encuentren nuevas familias de macroinvertebrados. Las claves taxonómicas y las ilustraciones son útiles para la identificación, pero requieren cierto conocimiento previo. Las muestras de estaciones de referencia deben llevarse al laboratorio, etiquetarse y conservarse en formaldehído al 10 % o alcohol al 90 %, lo que permite una identificación más detallada y la comparación entre los datos de campo y laboratorio. El inventario taxonómico de familias del índice biótico andino (ABI) y sus valores de tolerancia/sensibilidad fueron derivados de publicaciones científicas internacionales y regionales, así como de literatura gris. Este índice, construido sobre descripciones taxonómicas, estudios ecológicos y evaluaciones de impacto ambiental, es similar al IBMWP (Alba & Sánchez, 1988; Alba-Tercedor et al., 2002), que suma las puntuaciones de todas las familias presentes en un sitio. Los niveles de sensibilidad de las familias se determinaron en gran parte en base a las presiones provenientes de la contaminación orgánica (Tabla 5).

### ➤ **Biomonitoreo de los ríos**

Es el conjunto de ecosistemas utilizadas para el monitoreo del ecosistema, respuestas a la sensibilidad de distintas especies o bioindicadores ante la presencia de contaminantes, el valor 1 asigna a las familias más tolerantes, el valor 10 las familias más sensibles y es la sumatoria

del puntaje índice biótico andino (ABI). (García, & Prat, 2011)

## **2.4. HIPÓTESIS**

### **2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL**

Utilizando el índice Biótico Andino (ABI) existe una mala calidad de agua en el río Higuera

### **2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA**

Determinar la correlación de los parámetros fisicoquímicos y parámetros microbiológicos de acuerdo a los ECA categoría 4 agua con las variables biológicas positivamente

## **2.5. VARIABLES**

### **2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE**

Calidad biológica del agua según el índice biótico andino (ABI)

### **2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Presencia de los macroinvertebrados acuáticos

## 2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Evaluación de la calidad del agua del río Higueras Huánuco mediante el método índice biótico andino (ABI) como fuente de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Huánuco 2024

**Tabla 2**

*Operacionalización de Variables*

Variable	Definiciones	Dimensiones	Indicadores	Unidades	Instrumentos
<b>Independiente</b> Presencia de Macroinvertebrados acuáticos	Son invertebrados de tamaño igual o mayor a 0.5 micras que viven en ambientes acuáticos y son utilizados como bioindicadores de la calidad del agua.	Riqueza de familias de macroinvertebrados acuáticos.	Presencia de familias de macroinvertebrados acuáticos con distintos grados de tolerancia a la contaminación en cuerpos de agua.	Valor asignado a cada familia de macroinvertebrado acuático colectado en el área de estudio.	Red tipo D-net.
<b>Dependiente</b> Calidad biológica del agua según el índice biótico andino (ABI)	Es un índice biótico cualitativo que asigna valores de tolerancia según la familia de macroinvertebrado	>98 61-97 36-60 16-35 <15	Muy bueno Bueno Moderado Malo Pésimo	Punto 1 Punto 2 Punto 3	Lista taxonómica de macroinvertebrados acuáticos colectados en las zonas de evaluación.

## **CAPITULO III**

### **MARCO METODOLOGICO**

#### **3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1. ENFOQUE**

La presente investigación es cuantitativa, por lo que requiere métodos estadísticos, la investigación cuantitativa debe ser objetiva, los fenómenos que se observan o miden no deben ser afectados por el investigador, se utilizó la estadística descriptiva. Cuantitativa es estimar la sumatoria de todas las familias determinando su influencia en la calidad del agua. (Hernández, 2014)

##### **3.1.2. ALCANCE O NIVEL**

Es un estudio fue de nivel descriptivo ya que, miden y recogen información de manera independiente o conjunta de conceptos o variables (Hernández, 2014).

##### **3.1.3. DISEÑO**

En este estudio fue cuantitativa y descriptiva, la investigación es observacional de diseño transversal, el diseño transversal proporciona información de recolectar datos en un solo momento, en un tiempo único (Hernández, 2014).

#### **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

##### **3.2.1. POBLACIÓN**

La población se refiere a la comunidad de macroinvertebrados acuáticos presentes en los 3 puntos de monitoreo en el río Higuera en la parte alta Centro poblado de Higuera, en centro poblado de Puchinche, y la parte baja los carrizales provincia y región de Huánuco.

### 3.2.2. MUESTRA

La muestra estuvo representada por la comunidad de macroinvertebrados acuáticos colectados en un área de 0.48 metros<sup>2</sup> en cada uno de los puntos de monitoreo utilizando una red tipo D-net. instrumento de aplicación de bióticos

**Tabla 3**

*Coordenadas UTM de los 3 Puntos Sacados de Google Earth*

<b>Puntos</b>	<b>Norte</b>	<b>Este</b>	<b>Altitud</b>	<b>Periodo</b>
Punto1	18 L351251	18 L8902641	2015m.s.n.m	febrero
Punto 2	18 L357794	18 L8902731	1963m.s.n.m	marzo
Punto 3	18 L362918	18 L8900962	1903m.s.n.m	abril

*Nota.* Coordenada de los 3 puntos del río Higueras

### 3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Esta investigación es observacional tal como da su contexto, para analizar (Hernández, 2014)

El monitoreo de la calidad del agua se llevó a cabo específicamente en el río Higueras, con el objetivo de evaluar la salud ecológica del río a través del estudio de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos. Este proceso siguió un protocolo estricto titulado “Métodos de Colecta, Identificación y Análisis de Comunidades Biológicas,” que fue desarrollado y respaldado por el Ministerio del Ambiente (MINAM) en colaboración con la Universidad Nacional Mayor de San Marcos en 2014. Estas directrices proporcionaron un marco claro y estandarizado para el estudio. Varios puntos estratégicos de monitoreo fueron cuidadosamente establecidos a lo largo del río para garantizar que los datos recolectados fueran completos, científicamente precisos y capaces de proporcionar una representación verdadera del estado ecológico del río. Al centrarse en los macroinvertebrados, que son sensibles a los cambios ambientales, los investigadores pudieron sacar conclusiones fiables sobre la calidad del agua

y los posibles impactos ambientales. La meticulosa adhesión a este protocolo fue crucial para garantizar que los resultados no solo fueran confiables, sino que también estuvieran alineados con los estándares nacionales e internacionales de monitoreo ambiental.

### **3.3.1. PUNTOS DE MUESTREO PARA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS DEL RÍO HIGUERAS**

- El primer punto de monitoreo, situado aguas arriba, se encuentra en el área central del poblado de Higueras. Este sitio en particular fue elegido porque representa un punto donde las aguas residuales en el río no están contaminadas por fuentes residenciales, proporcionando una medición base de la calidad del agua. Las coordenadas geográficas específicas de este punto son Norte: 18 L 351291 y Este: 18 L 8902641, lo que permite una identificación precisa y un monitoreo repetido.
- El segundo punto de monitoreo está estratégicamente ubicado en el pueblo de Pucuchinche en una sección del río donde hay descargas activas de efluentes en el agua. Esta ubicación sirve como una zona crítica para evaluar el impacto inmediato de estos efluentes en la calidad del agua, ya que se encuentra entre varios puntos de descarga. Las coordenadas de este punto son Norte: 18 L 357794 y Este: 18 L 8902731, garantizando la consistencia en la recolección de datos a lo largo del tiempo.
- El tercer y último punto se encuentra aguas abajo los carrizales, aproximadamente a 5 kilómetros del segundo sitio, en una región donde las aguas residuales de las áreas residenciales se mezclan con las descargas de efluentes. Esta zona de mezcla es crucial para determinar hasta dónde se propagan las contaminantes aguas abajo y cómo afectan la calidad del agua después de que el efluente ingresa al sistema fluvial. Las coordenadas para este tercer punto son UTM Norte: 18 L 362918 y Este: 18 L 8900962, asegurando un seguimiento preciso de los cambios ambientales en el agua.

El establecimiento de la red de puntos de muestreo fue precedido por una visita de campo esencial al área de estudio. Esta inspección preliminar en el lugar permitió a los investigadores evaluar el terreno e identificar las ubicaciones más adecuadas para la recolección de datos. Tras esta visita, se elaboró meticulosamente un mapa georreferenciado, utilizando coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) para marcar con precisión la posición de cada punto de muestreo. El uso de tecnología GPS garantizó que todas las coordenadas fueran registradas con precisión, facilitando el monitoreo constante de los sitios de muestreo. Este mapa ahora sirve como una herramienta clave en el estudio, permitiendo a los investigadores visualizar y gestionar sistemáticamente la distribución de la red de muestreo a lo largo de la zona de investigación.

### **3.3.2. EQUIPOS Y MATERIALES**

- Botas de jebe
- Frascos de vidrio 430 ml
- Guardapolvo
- Caja térmica
- Bandejas de plástico
- Pinzas
- Alcohol 70%
- Glicerina
- Gotero
- Guantes descartables
- Guantes de jebe
- Etiquetas de frascos (Fecha, tipo de sustrato)
- Ficha de campo
- Tijeras
- Bolígrafos
- Estereoscopio marca lyme

### **3.3.3. MUESTREO Y TRASLADO**

#### **➤ Red tipo D-net.**

La red tipo D-Net tiene una forma triangular que se adapta a las superficies irregulares de las orillas o recodo de las corrientes, la forma triangular se adapta bien en la superficie de la orilla, cubre un área de 10m de largo en ambas orillas. El material recolectado se vacía sobre un cedazo o una red para lavar el exceso de lodo o arena, luego se guarda en una bolsa de plástico o recipiente de plástico con 70% de alcohol para ser examinado en el laboratorio.

#### **➤ Recolección manual**

El proceso de recolección implica levantar varios objetos sumergidos, como piedras, rocas, ramas e incluso troncos, que sirven como puntos de sujeción para diferentes organismos acuáticos. Estos organismos suelen encontrarse adheridos a las superficies de estas estructuras sumergidas, y se debe tener cuidado al recolectarlos. Para evitar dañar las delicadas estructuras externas de estos organismos, se utilizan pinzas para manipularlos de manera precisa y suave. Después de la recolección, cada espécimen se coloca cuidadosamente en un pequeño recipiente de plástico con alcohol al 70%, lo que ayuda a preservarlos para un análisis posterior. Este procedimiento se repite numerosas veces, cubriendo un área extensa de 10 a 15 metros cuadrados, asegurando un muestreo exhaustivo del entorno. El proceso de muestreo continúa hasta que se llega a un punto en el que comienzan a aparecer repetidamente las mismas especies de organismos, lo que indica que el área de muestreo ha sido explorada suficientemente y que la biodiversidad ha sido capturada adecuadamente.

#### **➤ Conservación de los macroinvertebrados acuáticos**

Después de que los macroinvertebrados son cuidadosamente recolectados e identificados en el campo, se emplean técnicas de conservación adecuadas para asegurar que los especímenes se

mantengan intactos para su análisis futuro. Cada muestra se guarda en un frasco de vidrio de 430 ml lleno con alcohol al 70%, lo que ayuda a evitar la descomposición de los organismos. Además, se añaden dos gotas de glicerina a la solución para ayudar en la conservación de sus delicadas estructuras, en particular sus exoesqueletos. Cada frasco se etiqueta meticulosamente con la información relevante, incluyendo la ubicación de muestreo, la fecha y los detalles de identificación de la especie. Una vez completado este proceso, las muestras se envían a un biólogo profesional con experiencia en macroinvertebrados, quien realiza un examen más detallado para confirmar la identificación de las especies y recopilar datos adicionales para el estudio. Este manejo cuidadoso y la documentación sistemática aseguran que las muestras permanezcan viables para el análisis científico y aporten información valiosa a la investigación.

➤ **Recolección de muestras de aguas del río Higuera para los parámetros fisicoquímicos y parámetros microbiológicos.**

En la presente investigación se consideró 3 puntos para muestreo de agua se utilizó el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N°010-2016-ANA).

Para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos correspondiente que se ubicó en inicio, medio y final. Se determinó los parámetros fisicoquímicos como son conductividad eléctrica, pH, Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno se recolecto en un frasco de vidrio de 500 ml y para los parámetros microbiológicos coliformes totales, bacterias heterotróficas. Se recolecto el agua en un frasco de vidrio de 500 ml, se llenó la cadena de custodia, se puso el etiquetado, llenado de formato, fecha y hora del muestreo para el traslado de los frascos de vidrio se utilizó una caja térmica para llevarlo al laboratorio de biotecnología de Huánuco para obtener resultados confiables.

Por lo tanto, se compara con el Decreto Supremo N°004-2017-

MINAM Estándar Calidad Ambiental (ECA) para agua.

➤ **Materiales para la calidad del agua**

- Botas de Jebe
- Guantes descartables
- Caja térmica
- Frascos de vidrio de 500 ml
- Guardapolvo
- Etiquetas
- Bolígrafo
- Cintas aislantes
- Tijera
- Etiquetas para frascos
- Cadena de custodia
- Cámara digital
- GPS

### **3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

Para el análisis de este proyecto se utilizará el protocolo de evaluación ecológica de la calidad de los ríos andinos índice biótico andino (ABI), para el procesamiento y evaluación de datos obtenidos se utiliza el programa software llamado “PAST TENSE” para determinar la biodiversidad alfa en base al logaritmo 10, una descripción gráfica, que constituye una herramienta importante en este proyecto de investigación.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS

En la presente investigación se estudian las biodiversidades de los macroinvertebrados que se observan en la siguiente tabla N° 4

Para determinar la biodiversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos (Moreno, 2001).

##### **Índice de Simpson**

Se determina de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie, es influenciada por la importancia de la especie más dominante, su fórmula siguiente es donde:

$$1 - \sum p_i^2$$

**P<sub>i</sub>**= Abundancia proporcional de las especies **i**

**i** = Número de individuos de la especie dividido entre el número total de individuos de la muestra.

##### **Índice de Shannon**

El índice cuantifica la variedad de especies y la abundancia relativa, el índice tiene valor entre 0 y 3, si el índice es superior a 3 la diversidad es alta, si esta entre 2 y 3 se encuentra en equilibrio, si es inferior a 2 la diversidad es poca, la fórmula siguiente es donde:

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

**H'**= Índice de Shannon

**P<sub>i</sub>**= Abundancia relativa

##### **Índice de Margalef**

Hay una función entre el número de especies y el número total de

individuos, los valores inferiores a 2 son considerados como baja biodiversidad, se tiene la siguiente formula donde:

$$D_{Mg} = \frac{S-1}{\ln N}$$

**D**= Diversidad

**S**= Número de especies diferentes

**N**= Número total de individuos

### Índice de Pielou

Mide la proporción de la diversidad de especies en relación a la máxima diversidad, el valor de 0 a 1, donde todas las especies son igualmente abundantes, se tiene la siguiente formula donde:

$$j = \frac{H}{H_{Maxi}}$$

$$H'_{max} = \ln(S).$$

### Procesamiento de datos

**Tabla 4**

*Resultado de la Biodiversidad de Macroinvertebrados Acuáticos Presentes en el río Higueras*

Puntos (Macroinvertebrados)	Altitud	$1 - \sum pi^2$ Índice de Simpson	$H = -\sum pi \cdot \ln(pi)$ Índice de Shannon	$D_{Mg} = \frac{S-1}{\ln N}$ Índice de Margalef	$j = \frac{H}{H_{Maxi}}$ Índice de Pielou
Punto 1	2015m.s.n.m	0.8239	1.995	2.614	0.7367
Punto 2	1963m.s.n.m	0.8118	1.963	3.018	0.6667
Punto 3	1903m.s.n.m	0.726	1.577	1.821	0.6847

**Nota.** Se llegó a determinar la diversidad de los macroinvertebrados acuáticos en el río Higueras, considerando para el análisis el nivel de familia, en el índice de Shannon, en el punto 1 se visualiza mayor diversidad con un valor de 1.995 siendo ligeramente mayor del punto 2 con un valor de 1.963 , en el índice de Margalef en el punto 2 con un valor de 3.018 tiene mayor valor de

diversidad , respecto a la dominancia de Simpson (1-D) en el punto 1 con un valor de 0.8239 se observó que existe mayor dominancia de especies , destacando las familias hydropsychidae y leptophlebiidae. Finalmente, la mayor equitatividad de pielou se observó en el punto 1 con un valor de 0.737, es decir la estación con el valor más cercano a la unidad, evidenciando la mayor uniformidad entre las abundancias de sus familias. De forma general, la evaluación de la comunidad de macroinvertebrados en el río Higuera evidenció valores intermedios respecto a su diversidad, destacando la dominancia de ciertas familias.

**Tabla 5**

*Sumatoria de los taxones de las familias de macroinvertebrados acuáticos para determinar la calidad del agua*

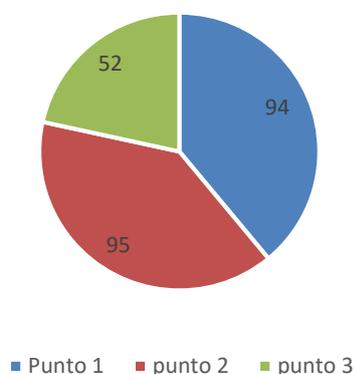
<b>Punto 1</b>	<b>Puntaje ABI</b>	<b>Punto 2</b>	<b>Puntaje ABI</b>	<b>Punto 3</b>	<b>Puntaje ABI</b>
<b>Macroinvertebrados</b>		<b>Macroinvertebrados</b>		<b>Macroinvertebrados</b>	
Baetidae	4	Baetidae	4	Baetidae	4
Leptohyphidae	7	Leptohyphidae	7	Leptohyphidae	7
Leptophlebiidae	10	Leptophlebiidae	10	leptophlebiidae	10
Corydalidae	5	Elmidae	5	Hydropsichidae	8
Elmidae	5	Psephenidae	5	Hydropsichidae	5
Psephenidae	5	Hydrobiosidae	8	Leptoceridae	8
Hydrobiosidae	8	Hydropsychidae	5	Perlidae	10
Hydropsychidae	5	Leptoceridae	8		
Leptoceridae	8	Glossosomatidae	7		
Glossosomatidae	7	Perlidae	10		
Perlidae	10	Blephariceridae	10		
Blephariceridae	10	Tipulidae	5		
Psychodidae	3	Chironomidae	2		
Tipulidae	5	Tabanidae	4		
Lumbriculidae	2	Simuliidae	5		
<b>Total</b>	<b>94</b>		<b>95</b>		<b>52</b>
	<b>Buena</b>		<b>Buena</b>		<b>Regular</b>

**Nota.** En el cuadro se muestra el índice biótico andino evaluado en los 3 puntos del río Higuera donde el promedio es **75** la calidad del agua es **buena**.

**Figura 3**

*Calidad del agua en los 3 puntos*

calidad del agua en los 3 puntos



**Nota:** En la Figura la calidad del agua en el punto 2 su valor es de 95, determinando que es muy buena la calidad del agua.

### Familias de macroinvertebrados acuáticos encontradas en el río Higueras

**Tabla 6**

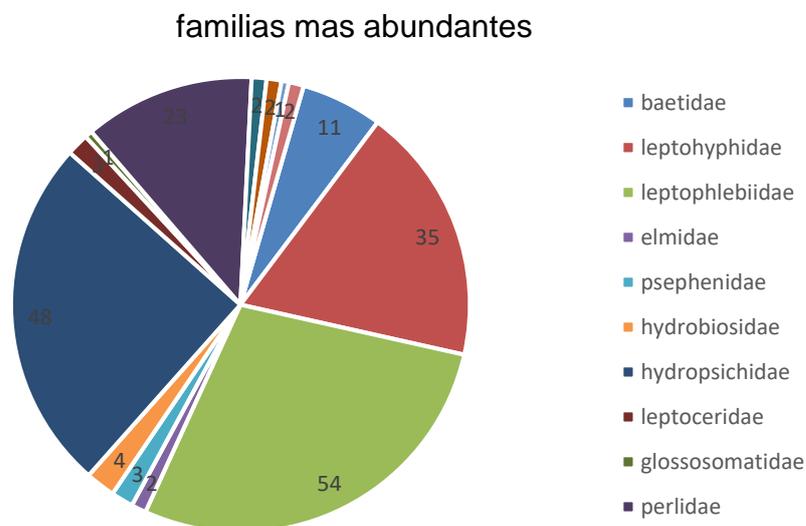
*Familias Identificadas en el Punto 1*

Familias p1	N° de individuos por muestreo
Baetidae	11
Leptohyphidae	35
Leptophlebiidae	54
Elmidae	2
Psephenidae	3
Hydrobiosidae	4
Hydropsychidae	48
Leptoceridae	3
Glossosomatidae	1
Perlidae	23
Blephariceridae	2
Psychodidae	2
Tipulidae	1
Lumbriculidae	2

**Nota:** Total de familias leptophlebiidae con valor de 54

**Figura 4**

*Familias más abundantes*



**Nota:** En la Figura se observa la familia leptophlebiidae con valor de 54 y la familia hydropsichidae con valor de 48

**Tabla 7**

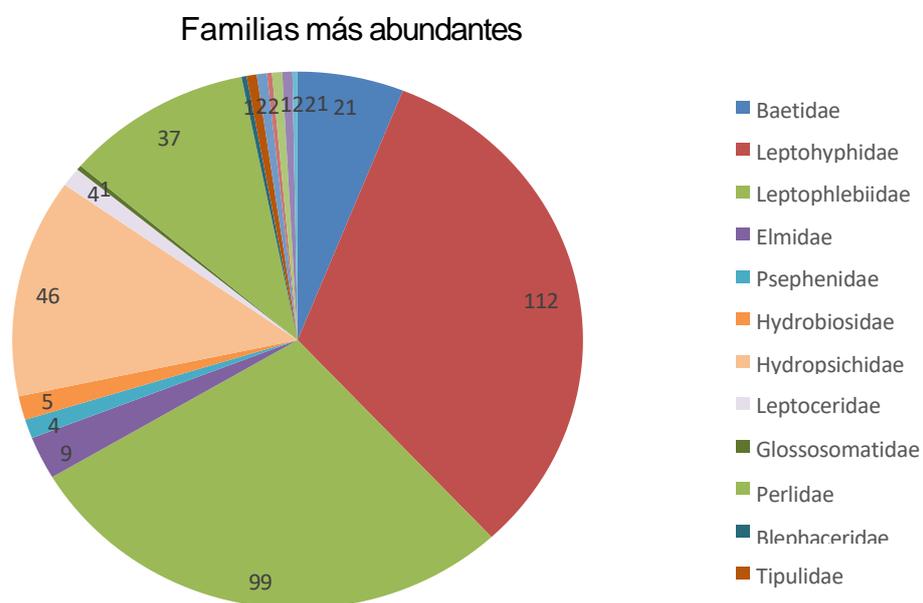
*Familias Identificadas en el Punto 2*

Familias p2	Nº de individuos por muestreo
Baetidae	21
Leptohyphidae	112
Leptophlebiidae	99
Elmidae	9
Psephenidae	4
Hydrobiosidae	5
Hydropsichidae	46
Leptoceridae	4
Glossosomatidae	1
Perlidae	37
Blephacerae	1
Tipulidae	2
Chironomidae	2
Tabanidae	1
Simuliidae	2
Lumbriculidae	2
Naididae	1

**Nota.** Total, de familias es leptohyphidae con valor de 112

**Figura 5**

*Familias más abundantes*



**Nota.** En la Figura se puede observar que la familia más abundante es leptohiphidae con valor de 112 y la familia leptophlebiidae con valor de 99

**Tabla 8**

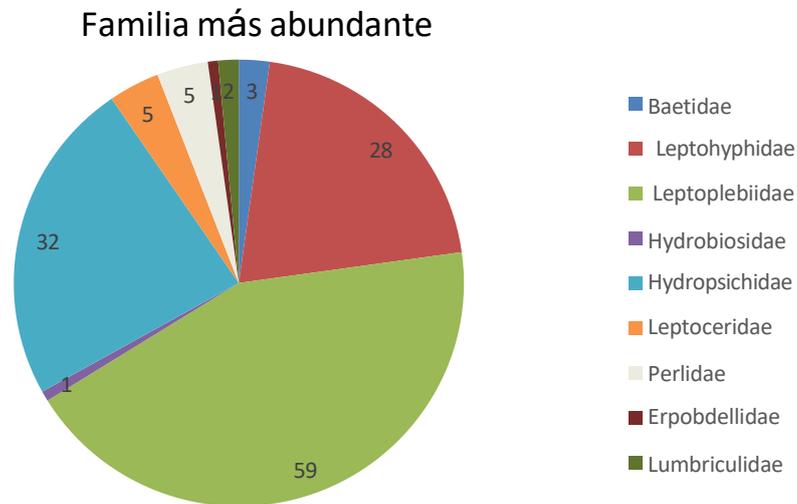
*Identificación de la Familia en el Punto 3 del río Higuera*

Familias	Nº de individuos por muestreo
Baetidae	3
Leptohiphidae	28
Leptophlebiidae	59
Hydrobiosidae	1
Hydropsichidae	32
Leptoceridae	5
Perlidae	5
Erpobdellidae	1
Lumbriculidae	2

**Nota.** Total, de familias leptophlebiidae con valor de 59

**Figura 6**

*Familias más abundantes*



**Nota:** En la Figura se puede observar que la familia más abundante es leptohebiidae con valor de 59 y la familia leptohebiidae con valor de 28

## 4.2. CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua se evalúa mediante un conjunto de parámetros, siendo cinco los principales que el agua debe cumplir bajo condiciones ideales para ser considerada de alta calidad. Para evaluar la calidad del agua, se toman en cuenta los parámetros físico-químicos y microbiológicos. Estos parámetros se analizarán basándose en el análisis realizado en tres ubicaciones de monitoreo distintas.

### Parámetros físicos

Los parámetros físicos que se han tenido en cuenta para el proceso de análisis son: conductividad eléctrica, nivel de pH, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) y la concentración total de sólidos disueltos.

Nivel de concentración de los Parámetros Físicoquímicos Parámetros Microbiológicos del río Higuera

## Parámetros Fisicoquímicos

### Punto 1

- Coordenada Latitud: 18 L 351251
- Longitud: 18 L 8902641
- Altitud: 2015 m.s.n.m

**Tabla 9**

*Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos*

<b>Propiedades Físico Químicas</b>	<b>Valor</b>
Demanda Química de Oxígeno, DQO, mg/L	65
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO, mg/L	22
PH	7.693
Conductividad $\mu S/cm$	160
Sólidos disueltos totales, mg/L	96
<b>Propiedades Microbiológicas</b>	<b>valor</b>
Coliformes Totales, bacterias/ml	43

**Nota:** concentración de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en relación al ECA agua

### Punto 2

- Coordenada Latitud: 18 L 357794
- Longitud: 18 L 8902731
- Altitud: 1963 m.s.n.m

**Tabla 10**

*Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos*

<b>Parámetros Físico Químico</b>	<b>Valor</b>
Demanda Química de Oxígeno, DQO,mg/L	70
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO,	27 mg/L
PH	7.765
Conductividad, $\mu S/cm$	200
Sólidos disueltos totales, mg/L	120
<b>Propiedades Microbiológicas</b>	<b>valor</b>
Coliformes totales, bacterias/ml	9

**Nota:** concentración de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en relación al ECA agua categoría4 para aguas

### Punto 3

- Coordenada Latitud: 18 L 362918
- Longitud: 18 L 8900962
- Altitud: 18 L 1903 msnm

**Tabla 11**

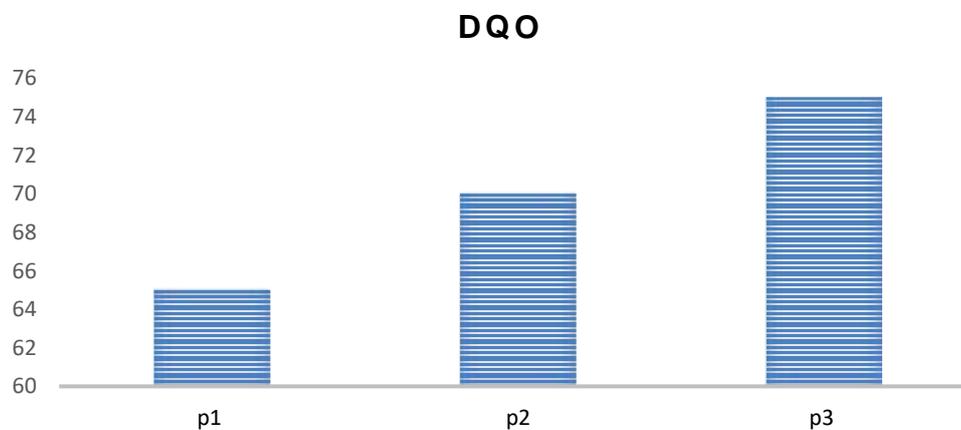
*Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos*

<b>Parámetros Físico Químico</b>	<b>Valor</b>
Demanda Química de Oxígeno, DQO mg/l	75
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO mg/l	48
pH	7.332
Conductividad, $\mu S/cm$	185
Sólidos disueltos totales, mg/L	111
<b>Propiedades Microbiológicos</b>	<b>valor</b>
Coliformes totales, bacterias/ml	24

**Nota:** concentración de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en relación al ECA agua categoría4 para aguas

**Figura 7**

*DQO*

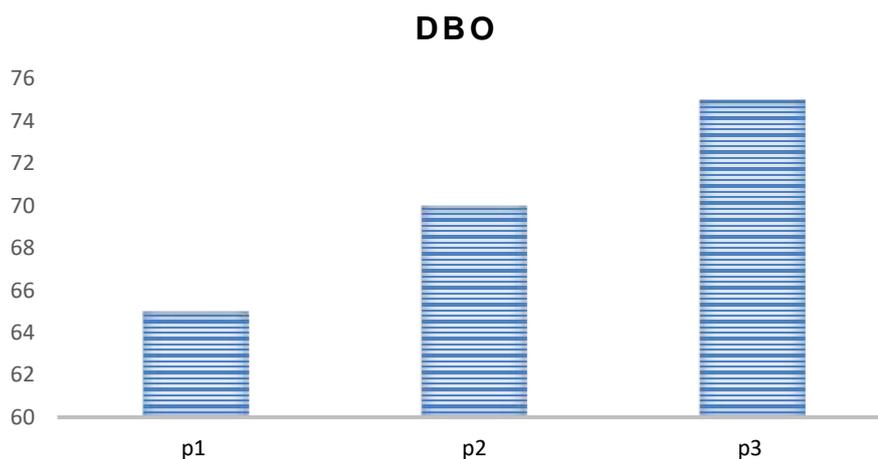


**Nota:** Información analizada en Excel de acuerdo a los datos de campo.

En la Figura7 se observa que en el punto 3 tiene un valor alto de 75 que en el punto 2 tiene un valor de 70. Según los estándares de calidad ambiental (ECAS) categoría 1: poblacional y recreacional específicamente en la subcategoría B: aguas superficiales destinadas para recreación.

**Figura 8**

*DBO*

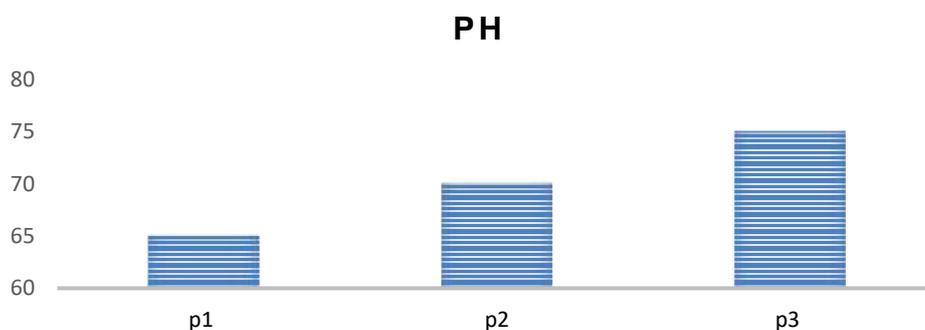


**Nota:** Información analizada en Excel de acuerdo a los datos de campo.

En la Figura8 se observa que en el punto 3 tiene un valor alto de 48 que en el punto 2 tiene un valor de 7.76. Según los estándares de calidad ambiental (ECAS) categoría 4: Conservación del ambiente acuático

**Figura 9**

*PH*

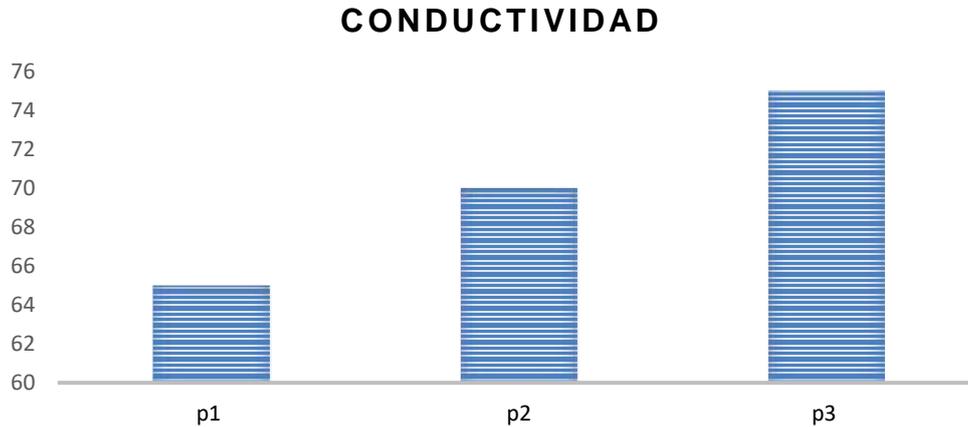


**Nota.** Información analizada en Excel de acuerdo a los datos de campo

En la Figura9 se observa que el punto 2 tiene un PH mayor de 7.765. Según los estándares de calidad ambiental (ECAS) categoría 4: conservación del ambiente acuático.

**Figura 10**

*Conductividad conductividad*

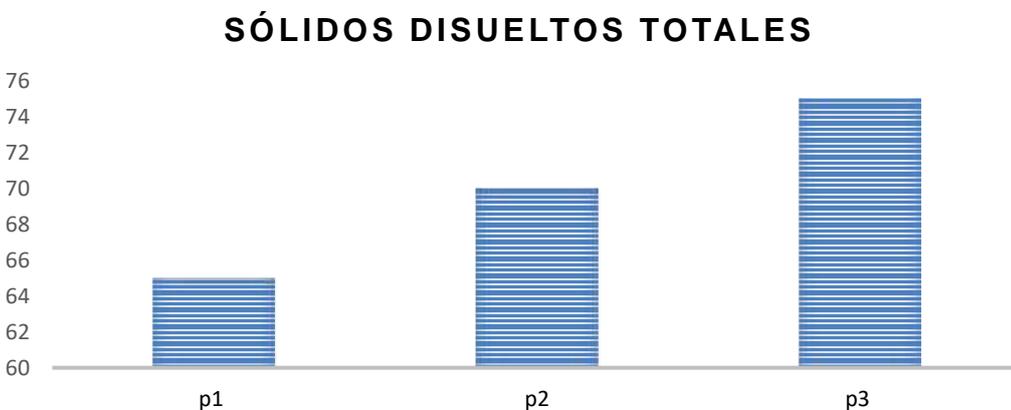


**Nota:** información analizada en Excel de acuerdo a los datos de campo

En la Figura10 se observa que en el punto 2 tiene más conductividad con un valor de 200 y el punto 1 con un valor de 160, según los estándares de calidad ambiental para el agua (ECAS) categoría 4 conservación del ambiente acuático.

**Figura 11**

*Sólidos totales disueltos*

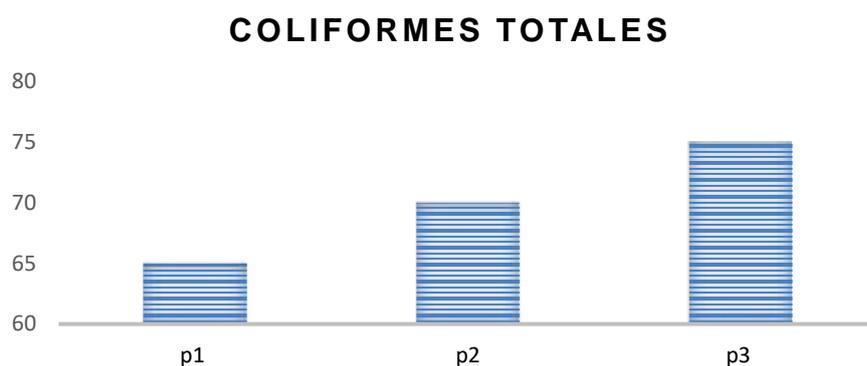


**Nota:** información analizada en Excel de acuerdo a los datos de campo

En la Figura11 se observa que el punto 2 tiene un valor de 120, más alto que el punto 3 con un valor de 111, según los estándares para calidad ambiental para agua (ECAS) categoría 1 poblacional y recreacional específicamente en la subcategoría A: aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

**Figura 12**

*Coliformes totales*



**Nota:** Información analizada en Excel de acuerdo a los datos de campo

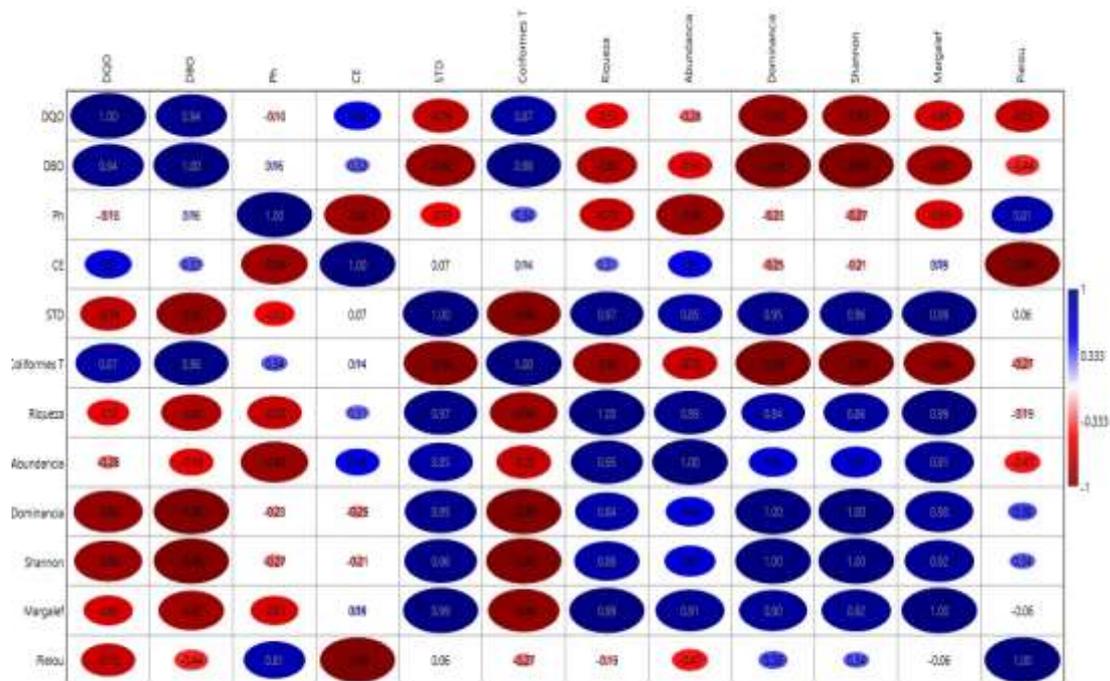
En la Figura12 se observa que en el punto 1 su valor es 43, mientras que en el punto 3 el valor es de 2400, según los estándares para calidad ambiental para agua (ECAS) categoría 4: conservación del ambiente acuático.

### 4.3. RESULTADOS INTERFERENCIALES DE ACUERDO A LA HIPÓTESIS ESPECÍFICO

De la hipótesis específica: Existe relación entre la biodiversidad existente y los parámetros físico químicos y microbiológicos del agua donde habitan los macroinvertebrados acuáticos.

**Figura 13**

*Coefficiente de correlación de Pearson*



De acuerdo a la hipótesis específica los resultados se realizan respecto al análisis de Pearson, en este cuadro se evaluaron los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, la matriz roja que está inversamente negativo son los que se relacionan con los demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), demanda química de oxígeno (DQO) son inversamente relacionado con la diversidad alfa que incluye dominancia, Simpson shannon, Margalef, riqueza, abundancia así como la equidad de pielou, potencial de hidrogeno (pH) juntamente con dominancia se relaciona positivamente. En este caso la conductividad eléctrica (CE) está relacionada con la abundancia con valor de 0.58 conservando del ambiente estando todos dentro de los estándares vigentes, Sólidos totales disueltos (STD) y coliformes totales (CT) los cuales

fueron comparados utilizando el ECA para agua categoría 4: conservación del ambiente estando todos dentro de los estándares vigentes, para ello se consideraron los valores de demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) siendo en todos los casos mayores para el ambiente evaluado, mientras que el potencial de hidrogeno (PH) estuvo dentro del rango establecido, por otra parte la conductividad eléctrica (CE) en todos los casos estuvo dentro del rango y finalmente los coliformes totales (CT) superaron el límite establecido, evidenciando un cierta contaminación orgánica en el área evaluada, respecto a la correlación entre factores fisicoquímicos-microbiológicos con la comunidad de macroinvertebrados e índices comunitarios utilizando el índice de correlación de Pearson se observó la mayor correlación positiva entre los parámetros de potencial de hidrogeno (pH) y solidos totales disueltos (STD) con la riqueza, abundancia, dominancia de Simpson (1-D), diversidad de Shannon y diversidad de Margalef.

## CAPITULO V

### DISCUSION DE RESULTADOS

Al verificar los resultados obtenidos en la investigación sustentada en las bases y en comparación con los trabajos destacados demuestran la validez de la presente investigación

Franco (2020) durante cada cesión de muestreo, se recolectaron especímenes de diferentes sustratos, incluidos fondos rocosos, arenosos, hojarasca durante un periodo de 60 minutos las muestras recolectadas fueron preservados e identificadas con la ayuda de guías taxonómicas. En el esfuerzo de recolección exhaustivo resulto un total de 4133 especímenes que se clasifico en 13 órdenes diferentes, 44 familias, 77 géneros distintos, los órdenes más dominantes fueron Ephemeroptera, Hemiptera, Trichoptera, Odonato, la diversidad de macroinvertebrados acuáticos fue relativamente alta.

En la recolección los organismos suelen encontrarse adheridos a las superficies de estructuras sumergidas, suelen estar debajo de las rocas, piedras, ramas, incluso troncos, se utilizó pinzas para no dañar el exoesqueleto, después de la recolección se coloca en un frasco de vidrio de 430ml con alcohol al 70% y dos gotas de glicerina, incluido la fecha ,la muestra se le envía a un biólogo externo lo que identifica y resulto que hay 9 órdenes, 27 géneros, 2phylum, 2 clases, 21 familias, las familias más dominantes fueron leptophlebiidae, leptohyphidae, hydropsichidae.

Torpoco (2022) demostró que la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en total fue 1818, a lo largo del periodo los recuentos de especies se registró 600 especies en marzo, 460 especies en abril,468 especies en mayo,290 especies en junio. Los parámetros promedio de calidad del agua fue la temperatura varia a 14.7 y 18.7 C° y OD 19.17%,21,11%, CE 0.303 a 0.323 us/cm, PH de 7.85 a 8.2, por lo que existe una fuerte correlación positiva significativa entre la presencia de macroinvertebrados acuáticos y la calidad del agua, tanto los índices de diversidad especifican como la diversidad

biológica, mostraron una fuerte correlación con los parámetros de calidad del agua. Respecto a la correlación entre los factores fisicoquímicos y microbiológicos con la comunidad de macroinvertebrados e índices comunitarios utilizando el índice de correlación de Pearson se observó mayor correlación positiva entre los parámetros de potencial de hidrogeno (PH) y sólidos totales disueltos (STD) con la riqueza, abundancia, dominancia de Simpson (1-D) diversidad de Shannon y Margalef.

Morales (2019) realizó una comparación exhaustiva entre propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del agua que incluye los parámetros de O<sub>2</sub>, T, DQO, DBO, coliformes totales, nitratos, nitritos, bacterias heterotróficas, que se encontraron siendo aceptable dentro de su categoría de los ECA. El índice biótico andino (ABI) consiste en asignar valores numéricos de cada familia taxonómica donde 1 es tolerante y 10 sensible, la calidad del agua resultó como buena.

Se evaluaron los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos lo que incluyó la DBO<sub>5</sub>, DQO, PH, CE, STD, Y coliformes totales fueron comparados utilizando el estándar de calidad ambiental (ECA) para agua categoría 4 conservación del ambiente están dentro de los estándares vigentes, los coliformes totales superaron el límite establecido evidenciando cierta contaminación orgánica en el área evaluada. El índice biótico andino (ABI) en relación a la comunidad de macroinvertebrados acuáticos obtuvo de forma general una buena calidad del agua.

Fabian (2002) en su estudio determinó el enfoque cuantitativo, nivel de investigación descriptivo que verificó los invertebrados en un área geográfica determinada, muestreo y recolectó los macroinvertebrados acuáticos en 18 puntos, realizó el método colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas guía del MINAM propuesto el año 2014, para evaluación de bentos. Al utilizar el índice biótico andino (ABI) en el punto 5 del río Higuera, la calidad del agua se determinó como buena.

En la investigación se determinó el enfoque observacional, nivel de investigación descriptivo por lo que se analizó de los invertebrados en un área

geográfica determinada, se muestreo y recolecto los macroinvertebrados acuáticos en 3 puntos, se realizó el método colecta e identificación y análisis de comunidades biológicas guía del MINAM propuesto el año 2014, para evaluación de bentos. El método del índice biótico andino (ABI) en el punto 1 del rio higueras la calidad de agua se determinó como buena, en el punto 2 la calidad del agua se determinó como buena y en el punto 3 la calidad del agua se determinó como regular.

## CONCLUSIONES

### ➤ De acuerdo al objetivo general

Existe una buena calidad de agua en el río Higueras utilizando el método ABI, siendo buena en los puntos 1 y 2, mientras que en el punto 3 presento una calidad regular, pero promediando los valores de los tres lugares evaluados nos dio un valor de buena.

### ➤ De acuerdo al objetivo específico 1

Se llegó a determinar la riqueza de macroinvertebrados acuáticos presentes en el río Higueras, estando compuesta por 27 géneros distribuidos en 2 phylum, 2 clases, 9 órdenes y 21 familias taxonómicas.

### ➤ De acuerdo al objetivo específico 2

Se llegó a determinar la diversidad de los macroinvertebrados acuáticos en el río Higueras, considerando para el análisis el nivel de familia, en el índice de Shannon, en el punto 1 se visualiza mayor diversidad con un valor de 1.995 siendo ligeramente mayor del punto 2 con un valor de 1.963 , en el índice de Margalef en el punto 2 con un valor de 3.018 tiene mayor valor de diversidad , respecto a la dominancia de Simpson (1-D) en el punto 1 con un valor de 0.8239 se observó que existe mayor dominancia de especies , destacando las familias hydropsychidae y leptophlebiidae. Finalmente, la mayor equitatividad de pielou se observó en el punto 1 con un valor de 0.737, es decir la estación con el valor más cercano a la unidad, evidenciando la mayor uniformidad entre las abundancias de sus familias. De forma general, la evaluación de la comunidad de macroinvertebrados en el río Higueras evidenció valores intermedios respecto a su diversidad, destacando la dominancia de ciertas familias.

### ➤ De acuerdo al objetivo específico 3

Se llegó a determinar el nivel de concentración de los parámetros fisicoquímicos del punto 1 en la DQO su valor es 65, en el punto 2 su valor es de 70, en el punto 3 su valor es de 75: en la DBO del punto 1 su valor es de

7.69, en el punto 2 su valor es de 7.78, en el punto 3 su valor es de 48, en el pH en el punto 1 su valor es de 7.69, en el punto 2 su valor es de 7.76, punto 3 su valor es de 7.33, de la conductividad en el punto 1 su valor es de 160, punto 2 su valor es de 200, en el punto 3 su valor es de 185, Sólidos disueltos totales en el punto 1 es 96, en el punto 2 su valor es de 120, en el punto 3 su valor es de 111.

Se llegó a determinar en las propiedades microbiológicas como son los coliformes totales en el punto 1 su valor es de 43, en el punto 2 su valor es de 39, en el punto 3 su valor es de 24.

➤ **De acuerdo al objetivo específico 4**

respecto a la correlación entre factores fisicoquímicos-microbiológicos con la comunidad de macroinvertebrados e índices comunitarios utilizando el índice de correlación de Pearson se observó la mayor correlación positiva entre los parámetros de puente de hidrogeno (pH) y solidos totales disueltos (STD) con la riqueza, abundancia, dominancia de Simpson (1-D), diversidad de Shannon y diversidad de Margalef.

## RECOMENDACIONES

Se sugiere aumentar el número de puntos de muestreo y adoptar este tipo de investigación para las evaluaciones anuales de la calidad del agua en los ríos de la ciudad de Huánuco.

- El índice biótico andino (ABI) es eficiente para determinar la calidad del agua y utilizarlas en el futuro, a través de programas de reutilización y mejoramiento del recurso hídrico.
- Mantener el biomonitoreo continuo con evaluaciones fisicoquímicas regulares para comprender mejor cómo varía la calidad del agua a lo largo del año y cómo los factores climáticos y temporales afectan a las comunidades acuáticas.
- La Universidad de Huánuco debería contar con los materiales y equipos necesarios para el muestreo en investigaciones futuras, permitiendo a los estudiantes adquirir experiencia práctica en la realización y gestión efectiva de la investigación.
- Que las autoridades, gobierno regional y local, institución, las comunidades, realicen este tipo de estudio para la conservación, preservación y manejo de los recursos hídricos y servicios ambientales en beneficio a la población.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, L. (2005). Metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. Bogotá. Obtenido de <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/31357>
- Alba-Tercedor, J. & A. Sánchez-Ortega. (1988). Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnetica*, 4: 51-56.
- Alba-Tercedor, J., P. Jaimez-Cuellar, M. Álvarez, J. Avilés, N. Bonada, J. Casas, A. Mellado, I. Ortega, M. Pardo, N. Prat, M. Rieradevall, S. Robles, C. Sainz-Cantero, A. Sánchez-Ortega, M.L. Suarez, M. Toro, M. R. Vidal- Abarca, S. Vivas & C. Zamora-Muñoz. 2002. Caracterización del estado ecológico de ríos mediterráneos ibéricos mediante el índice IBMWP (antes BMWP). *Limnetica*, 21(3-4): 175-182.
- Andrea, E., Riereradavall, M., Ríos, B., García, N., & Prat, N. (2011) Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de Ríos Andinos-CERA-S. Quito-Ecuador: Esteban Suárez, Universidad San Francisco de Quito, Fondo para la protección del agua FONAG.
- Autoridad Nacional del Agua. (2016, marzo). Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales. Ministerio de agricultura y riego. Obtenido de [www.ana.gob.pe](http://www.ana.gob.pe)
- Bravo, L., & Restrepo, G. (Julio de 2021). Diversidad de Macroinvertebrados acuáticos en dos ecosistemas loticos en el Doncello. *Revista facultad de ciencias básicas*, 17(1),57-71. doi: <https://doi.org/10.18359/rfcb.5432>
- Cajas, Y. (2022). Evaluar la relación de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua en las microcuencas las pavas. Universidad de Huánuco. Obtenido de <http://repositorio.udh.edu.pe/20.500.14257/4283>
- Cordova.Alexander, C. (2021). *Relación de los parámetros fisicoquímicos con las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en la cuenca baja del río, Osmore Ilo - Moquegua*. Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV\\_4c06c8c2e451dcd a22024b3249f46b0f/Details](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_4c06c8c2e451dcd a22024b3249f46b0f/Details)

- Chavez Amado, S. (2019). *Contaminación Por Hidrocarburos De Las Aguas Del río Higuera Por Efecto De Lavaderos De Vehículos (La Laguna Viña Del río) HUÁNUCO, 2019*. Universidad de Huánuco. Obtenido de [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UDHR\\_fa6883a8315256c96d23eae71958b281/Details](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UDHR_fa6883a8315256c96d23eae71958b281/Details)
- Christine, H.-v. H. (2009). Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos y fisicoquímicos, en la estación piscícola, Universidad de caldas, (Vol. 13). Municipio de Palestina, Colombia. Obtenido de <https://revistasoj.s.ucaldas.edu.co/index.php/boletincientifico/article/view/5296/4783>
- Decreto Supremo N°004-2017-MINAM. (2017). Aprueban disposiciones para la implementación de los estándares nacionales de calidad ambiental (ECA) para agua. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-disposiciones-implementación-estándares-nacionales-calidad>
- Escobar, A., & Montoya, Y. (2019). Los macroinvertebrados acuáticos y la calidad biológica del agua en una quebrada andina. Universidad de Antioquía-Colombia, 15, 65-81. doi:<https://doi.org/10.33571/rpolitec.v15n29a6>
- Franco, J. (2020). Estructura de comunidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad del agua del tramo urbano del río David y tributarios. Obtenido de <https://jadimike.unachi.ac.pa/handle/123456789/972>
- Fabián, R. (2022). Evaluación comparativa del análisis de la calidad de agua haciendo uso del índice biótico andino en tres ríos de la ciudad de Huánuco. Universidad de Huánuco. Obtenido de <http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/3914>
- Fierro, C. C. (2001). Manual de monitoreo los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua Eco ciencia. Quito.<https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=56374>
- García., N., & Narcis, P. (2011). Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de ríos Andinos. (CERA-S), 76. Obtenido de [http://www.ub.edu/riosandes/docs/CERA-S\\_finalLR.pdf](http://www.ub.edu/riosandes/docs/CERA-S_finalLR.pdf)

- González, C., Vallarino, A., Pérez, J., & Low, A. (2014). Bioindicadores.
- Hernández, R. (2014). Metodología de la investigación científica. México: McGraw-Hill Education.  
<https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.metodologia.pdf>
- Ladrera, R. (1980). Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos. Obtenido de:  
<https://www.researchgate.net/publication/345148470> Los macroinvertebrados acuáticos ríos. (Normas legales, 2023, 30 de diciembre)
- Larrea, M., & Jeny, A. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. Revista CENIC Ciencias Biológicas, 44(3), 24-34. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181229302004>
- Morales, C. (2019). 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 Cayrán- Huánuco [ Tesis Pregrado] Universidad de Huánuco. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/2116>
- Mafla, M. (2005). Guía para evaluaciones ecológicas rápidas con indicadores biológicos en ríos de tamaño mediano Talamanca- Costa Rica de:[https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2267/Guia para evaluaciones ecológicas rápidas con indicadores biológicos.pdf](https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2267/Guia%20para%20evaluaciones%20ecol%C3%B3gicas%20r%C3%A1pidas%20con%20indicadores%20biol%C3%B3gicos.pdf)
- Moreno, E. (2001). Metodos para medir la biodiversidad. M&T – Manuales y Tesis SEA, 1. Obtenido de <http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>
- Nieves, M., & Orozco, C. (2002). *Contaminación Ambiental*. Obtenido de <https://www.paraninfo.es/catalogo/9788497321785/contaminacion-ambiental--una-vision-desde-la-quimica>
- Normas legales. (2023, 30 de diciembre). Decreto supremo N° 013-2023-MINAM. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5625880/4985762-ds-013-2023-minam.pdf?v=1703954050>

- Ponce Herrera, F. (2029). Evaluación de la diversidad de macroinvertebrados bentónicos en principales zonas de contaminación de la bahía de Puno-Lago Titicaca. Universidad nacional del altiplano. Obtenido de [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RNAP\\_3549aacd0ebbcfd212d9b92fc6f8623/Details](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RNAP_3549aacd0ebbcfd212d9b92fc6f8623/Details)
- Ríos, G. (1996). Guía para el estudio de macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquía. Universidad de Antioquía. Obtenido de <https://ianas.org/wp-content/uploads/2020/07/wbp13.pdf>
- Roldan, G. (2012). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua. Corporación autónoma regional de Cundinamarca (206). Obtenido de <https://ianas.org/wp-content/uploads/2020/07/wbp12.pdf>
- Roldán, P., & Ramírez, J. (2008). Universidad Católica de oriente Antioquia. Fundamentos de limnología neotropical. Obtenido de [https://www.google.com.pe/books/edition/Fundamentos de limnologia neotropical/FA5Jr7pXF1UC?hl=es419&gbpv=1&dq=fundamentos+de+limnologia&printsec=frontcover](https://www.google.com.pe/books/edition/Fundamentos-de-limnologia-neotropical/FA5Jr7pXF1UC?hl=es419&gbpv=1&dq=fundamentos+de+limnologia&printsec=frontcover)
- Rojas Rivera, T. (2022). Eficiencia de los filtros biológicos utilizando carbón de coco. Universidad de Huánuco. Obtenido de <https://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14257/4363/Rojas%20Rivera%2c%20Thalia%20Mercedes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Torpoco Huaman, J. (2022). diversidad de macroinvertebrados acuáticos. Universidad Nacional de Huancavelica. obtenido de <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/551c96e0-d2fd-4337-a1b4-108c39abd552/content>

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

Chávez Amado, Y. (2024). *Evaluación de la calidad biológica del río higuera como fuente de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Huánuco mediante el método ABI 2024* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

# **ANEXOS**

## ANEXO 1

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

Evaluación de la calidad biológica del río Higueras como fuente de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Huánuco mediante el método ABI 2024

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	POBLACIÓN	METODOLOGÍA
<p><b>PROBLEMA GENERAL</b></p> <p>¿Cuál es la calidad biológica de las aguas del río Higueras en la ciudad de Huánuco a usando el método índice biótico andino-ABI?</p> <p><b>PROBLEMA ESPECÍFICOS:</b></p> <p>1 ¿Qué familias de macroinvertebrados acuáticos existen en el río Higueras?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b></p> <p>Evaluar la calidad biológica de las aguas del río higueras en la ciudad de Huánuco a través de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos.</p> <p><b>OBJETIVO ESPECIFICO</b></p> <p>1.Determinar qué tipos de familias de macroinvertebrados acuáticos existen en el río Higueras</p>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL</b></p> <p>La calidad del agua del río Higueras utilizando la metodología índice biótico andino (ABI) tiende a ser mala debido al aumento de la presencia antrópica que contribuye con el incremento de la contaminación orgánica.</p>	<p><b>VARIABLE DEPENDIENTE</b></p> <p>La calidad del agua se determina si es pésima a muy buena, se utilizó el índice biótico andino (ABI)</p> <p><b>VARIABLE INDEPENDENTE</b></p> <p>Son especies que miden 0.5 micras que viven en las corrientes del agua,</p>	<p>La población se refiere a la comunidad de macroinvertebrados presentes en el río Higueras y la muestra estuvo representado por la comunidad de macroinvertebrados colectados en un área de 0.48 metros<sup>2</sup> en cada uno de los puntos de muestreo. El muestreo es de tipo no probabilísticos y se tomaron 4 réplicas por cada punto de muestreo en los meses de febrero, marzo y abril en época de avenida.</p>	<p>Esta es una investigación observacional descriptiva, cuantitativa. El diseño de la investigación consiste en el recojo de las muestras, tratamiento de las muestras, análisis de las muestras en un periodo de tiempo de 30 días con un enfoque observacional y un diseño transversal.</p>

---

2. ¿Cuál es la diversidad de macroinvertebrados acuáticos en el río higueras?

3. ¿Cuál es el nivel de concentración de los parámetros fisicoquímicos y parámetros microbiológicos?

2.Determinarla biodiversidad de macroinvertebrados acuáticos en el río higueras

3. Determinar el nivel de concentración de los parámetros fisicoquímicos y parámetros microbiológicos

son bioindicadores de la calidad del agua.

---

#### **TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

La recolección de las muestras se realizó según el índice biótico andino (ABI) para lo cual se recolectará la sumatoria total de taxones de los macroinvertebrados para determinar la calidad del agua, para lo cual se utiliza una red tipo D- net y frascos de vidrios

---

## ANEXO 2

### CÁLCULO DE LA CALIDAD DE AGUA CON ÍNDICES

ORDEN	FAMILIA	PUNTUACION ABI	PUNTOS DE MUESTREO		
			P1	P2	P3
Calidad del agua según el índice ABI					
Total de macroinvertebrados (cuantitativos)					

## ANEXO 3

### ANÁLISIS DE LABORATORIO

#### Constancia de análisis hidrobiológico

Por el presente deajo constante que se realizó el análisis taxonómico de macroinvertebrados bentónicos continentales pertenecientes a los códigos P1 HB1(E1), P2 HB2(E2) y BH3 E3 utilizando metodología estandarizada (SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 10500. 24th Ed. 2023, Benthic Macroinvertebrates. Standard Methods for the examination of water and wasterwater).

Nra. de taxa	Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Estado	P1 HB1(E1)	P2 HB2(E2)	BH3 E3
1	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Campobacteridius</i> sp.	Niña	11	21	1
2	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetodes</i> sp.	Niña	6	19	0
3	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Aedasiops</i> sp.	Niña	4	3	3
4	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Leptohyphes</i> sp.	Niña	35	112	28
5	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Thraulodes</i> sp.	Niña	54	99	59
6	Arthropoda	Insecta	Megoptera	Corydellidae	<i>Corydellus</i> sp.	Larva	2	3	3
7	Arthropoda	Insecta	Coloptera	Elmidae	<i>Huleochius</i> sp.	Adulto	1	4	0
7	Arthropoda	Insecta	Coloptera	Elmidae	<i>Huleochius</i> sp.	Larva	1	1	0
8	Arthropoda	Insecta	Coloptera	Elmidae	<i>Heterelmis</i> sp.	Adulto	1	9	0
8	Arthropoda	Insecta	Coloptera	Elmidae	<i>Heterelmis</i> sp.	Larva	2	2	0
9	Arthropoda	Insecta	Coloptera	Elmidae	<i>Microcylopus</i> sp.	Larva	2	1	0
10	Arthropoda	Insecta	Coloptera	Elmidae	<i>Macrelms</i> sp.	Larva	0	1	0
11	Arthropoda	Insecta	Coloptera	Psophenidae	<i>Psophenus</i> sp.	Larva	3	4	0
12	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i> sp.	Larva	4	5	1
13	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Saxicruda</i> sp.	Larva	48	46	32
14	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i> sp.	Larva	4	4	0
15	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	<i>Nectopsyche</i> sp.	Larva	3	4	5
16	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Glossosomatidae	<i>Mortoniella</i> sp.	Larva	1	1	0
17	Arthropoda	Insecta	Plecoptera	Perlidae	<i>Anacronema</i> sp.	Niña	23	37	5
18	Arthropoda	Insecta	Diptera	Blephariceridae	<i>Limonicea</i> sp.	Larva	2	1	0
19	Arthropoda	Insecta	Diptera	Psychodidae	<i>Mormona</i> sp.	Larva	2	0	0
20	Arthropoda	Insecta	Diptera	Tipulidae	<i>Molophilus</i> sp.	Larva	1	2	0
20	Arthropoda	Insecta	Diptera	Tipulidae	<i>Molophilus</i> sp.	Pupa	0	1	0
21	Arthropoda	Insecta	Diptera	Coelocyonidae	<i>Aikauddomyia</i> sp.	Larva	0	1	0
22	Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	<i>Polyperdium</i> sp.	Larva	0	2	0
23	Arthropoda	Insecta	Diptera	Tanypidae	<i>Dasybasis</i> sp.	Larva	0	1	0
24	Arthropoda	Insecta	Diptera	Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	Larva	0	2	0
25	Annelida	Clitellata	Achyrochordellida	Ergobdellidae	<i>Ergobdella</i> sp.	Juvenil	0	0	1
26	Annelida	Clitellata	Lumbricellida	Lumbricellidae	Lumbricellidae no det.	Juvenil	2	2	2
27	Annelida	Clitellata	Tubificida	Naididae	Naididae no det.	Juvenil	0	1	0



Blgo. Joseph David Leiva Costa

CBP: 16695

15 de abril del 2024

	<b>LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA</b>	
	LABORATORIO DE ENSAYO	

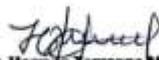
**INFORME DE ENSAYO N° 1- 2024**

Solicitante: alumna de Ingeniería Ambiental Yázmín Chávez Amado  
 Proyecto de tesis: Evaluación biológica de la calidad del agua del río Higueras como fuente de abastecimiento de la ciudad de Huánuco mediante el método ABI  
 Tipo de muestra: AGUA DE RIO  
 Cantidad de muestras: 4 frascos de 600 ml c/u  
 Fecha y hora de muestreo: 21/3/2024  
 Procedencia de las muestras: Río Higueras  
 Ubicación del punto de muestreo: se indica en resultados  
 Procedimiento de muestreo: muestreado por el solicitante  
 Lugar y recepción de la muestra: Ciudad Universitaria La Esperanza – Edificio 3-Lab 101  
 Fecha de recepción de la muestra: 21/3/2024  
 Estado y condiciones de la muestra: Conservado  
 Fecha de ejecución del ensayo: Del 22/3/2024 al 28/3/2024

**Resultados:**

Punto 1: ubicación río Higueras-Pucuchinche, latitud: 18L 37795 Longitud: 18L 8902731	
Propiedades Físico Químicas:	
Demanda Química de oxígeno, DQO, mg/L	65
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO, mg/L	22
pH	7.693
Conductividad, $\mu\text{s}/\text{cm}$	160
Sólidos disueltos totales, mg/L	96
Propiedades Microbiológicas:	
Coliformes totales, bacterias/ml	43
punto 2: ubicación río Higueras-carrizales, latitud: 18L 361884 Longitud: 18L 8901128	
Propiedades Físico Químicas:	
Demanda Química de oxígeno, DQO, mg/L	70
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO, mg/L	27
pH	7.765
Conductividad, $\mu\text{s}/\text{cm}$	200
Sólidos disueltos totales, mg/L	120
Propiedades Microbiológicas:	
Coliformes totales, bacterias/ml	39

**Informe autorizado por:**

  
 Ing. Herman Tarazona Mirabal  
 C.I.P. 14643  
 Director Técnico del Laboratorio

**Fecha de emisión:** 29/03/2024

Carretera Huánuco Tingo María Km. 8

Email: lab\_biotecnologia@gmail.edu.pe

El presente informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente excepto con la aprobación por escrito del LBT-UDH. Solamente originales son válidos y el LBT-UDH no se responsabiliza por las copias. Estos resultados se refieren únicamente a las muestras recibidas por el laboratorio

**LBT-FGR-63**

**Pag. 1de1**

INFORME DE ENSAYO N° 4- 2024

Punto 3:ubicación río Higueras-carrizales, latitud: 18L 8900962 Longitud: 18L 362918, altitud: 18L 1903 msnm

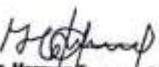
Propiedades Físico Químicas:

Demanda Química de oxígeno, DQO, mg/L	75
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO, mg/L	48
pH	7.332
Conductividad, $\mu\text{s/cm}$	185
Sólidos disueltos totales, mg/L	111

Propiedades Microbiológicas:

Coliformes totales, bacterias/ml	2400
----------------------------------	------

Informe autorizado por:

  
Ing. Herman Tarazona Mirabal  
C.P. 14643  
Director Técnico del Laboratorio

Fecha de emisión: 15/04/2024

Carretera Huánuco Tingo María Km. 8

Email: lab\_biotecnologia@gmail.edu.pe

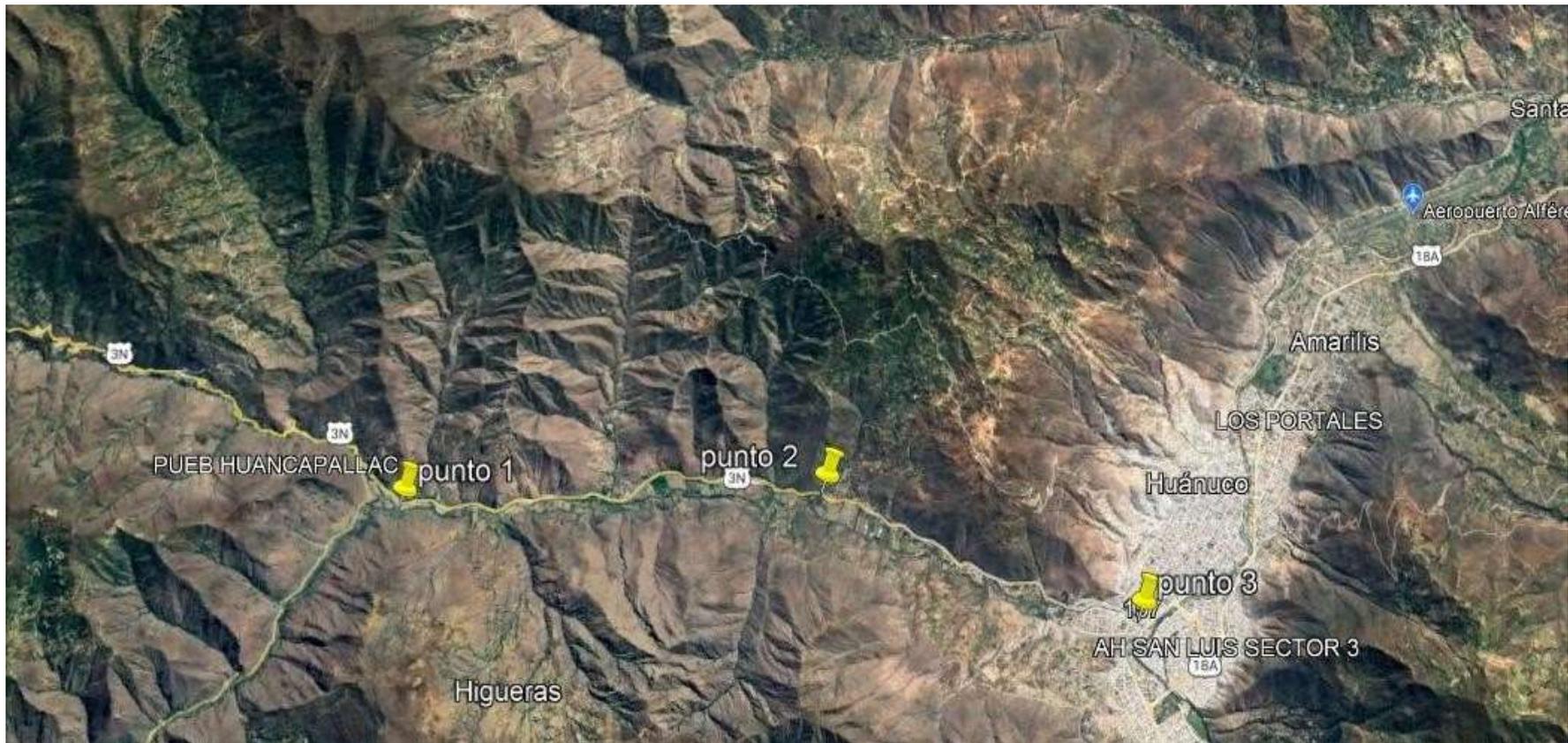
El presente informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente excepto con la aprobación por escrito del LBT-UDH. Solamente originales son válidos y el LBT-UDH no se responsabiliza por las copias. Estos resultados se refieren únicamente a las muestras recibidas por el laboratorio

LBT-FGR-63

Pag. 1de1

## ANEXO 4

### MAPA DE UBICACIÓN



**Tabla 12**

*Macroinvertebrados registrados en el río Higueras*

Nro. de taxa	Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Estadio	P1 HB1 (E1)	P2 HB2(E2)	BH3 (E3)
1	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Camelobaetidius</i> sp.	Ninfa	11	21	1
2	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetodes</i> sp.	Ninfa	6	19	0
3	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Andesiops</i> sp.	Ninfa	4	3	3
4	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Leptohyphes</i> sp.	Ninfa	35	112	28
5	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i> sp.	Ninfa	54	99	59
6	Arthropoda	Insecta	Megaloptera	Corydalidae	<i>Corydalis</i> sp.	Larva	2	3	3
7	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae	<i>Huleechius</i> sp.	Adulto	1	4	0
8	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae	<i>Huleechius</i> sp.	Larva	1	1	0
9	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae	<i>Heterelmis</i> sp.	Adulto	1	9	0
10	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae	<i>Heterelmis</i> sp.	Larva	2	2	0
11	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae	<i>Microcylloepus</i> sp.	Larva	2	1	0
12	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae	<i>Macrelmis</i> sp.	Larva	0	1	0
13	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Psephenidae	<i>Psephenus</i> sp.	Larva	3	4	0
14	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i> sp.	Larva	4	5	1
15	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Smicridea</i> sp.	Larva	48	46	32
16	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i> sp.	Larva	4	4	0
17	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	<i>Nectopsyche</i> sp.	Larva	3	4	5
18	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Glossosomatidae	<i>Mortoniella</i> sp.	Larva	1	1	0
19	Arthropoda	Insecta	Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i> sp.	Ninfa	23	37	5

20	Arthropoda	Insecta	Diptera	Blephariceridae	<i>Limonicola</i> sp.	Larva	2	1	0
21	Arthropoda	Insecta	Diptera	Psychodidae	<i>Maruina</i> sp.	Larva	2	0	0
22	Arthropoda	Insecta	Diptera	Tipulidae	<i>Molophilus</i> sp.	Larva	1	2	0
23	Arthropoda	Insecta	Diptera	Tipulidae	<i>Molophilus</i> sp.	Pupa	0	1	0
24	Arthropoda	Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	<i>Alluaudomyia</i> sp.	Larva	0	1	0
25	Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	<i>Polypedilum</i> sp.	Larva	0	2	0
26	Arthropoda	Insecta	Diptera	Tabanidae	<i>Dasybasis</i> sp.	Larva	0	1	0
27	Arthropoda	Insecta	Diptera	Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	Larva	0	2	0
28	Annelida	Clitellata	Arhynchobdellida	Erpobdellidae	<i>Erpobdella</i> sp.	Juvenil	0	0	1
29	Annelida	Clitellata	Lumbriculida	Lumbriculidae	Lumbriculidae no det.	Juvenil	2	2	2
30	Annelida	Clitellata	Tubificida	Naididae	Naididae no det.	Juvenil	0	1	0

---

**Nota.** Macroinvertebrados acuáticos del río Higueras

**Tabla 13***Rango de Valores de Familia del 1al 10*

<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Puntuación ABI</b>
	Turbellaria	5
	Huridinea	3
	Oligochaeta	1
	Gasterópoda	6
	Ancyliidae	3
	Physidae	3
	Hydrobiidae	3
	Limnaeidae	3
	Planorbidae	3
	Sphareiididae	3
	Hylaeallidae	6
	Bivalvia	
	Amphipoda	
	Ostracoda	
	Hydracarina	
	Ephemeroptera	
	Baetidae	4
	Leptophlebiidae	10
	Leptohyphidae	7
	Oligoneuriidae	10
	Odonata	
	Aeshnidae	6
	Gomphidae	8
	Libellulidae	6
	Coenagrionidae	6
	Calopterygidae	8
	Polythoridae	10
	Plecóptera	
	Perlidae	10
	Gripopterygidae	10
	Heteróptera	
	Veliidae	5

---

	Gerridae	5
	Corixidae	5
	Notonectidae	5
	Belostomatidae	4
	Naucoridae	5
Trichoptera	Helicopsychidae	10
	Calamoceratidae	10
Lepidóptera	Pyralidae	4
Coleóptera	Gyrinade	3
	Elmidae	5
Díptera	Limoniidae	4
	Tipulidae	5
	Chironomidae	2
	Syphidae	1

---

**Nota:** Es la puntuación de la familia desde lo más tolerante que es el valor 1 a lo más sensible que es valor 10, así mismo determinan la calidad del agua.  
(García, & Prat, 2011)

## ANEXO 5

### PANEL FOTOGRÁFICO

**Figura 14**

*Género: Maruina*



*Nota: Estadio larva*

**Figura 15**

*Género: Macrelmis*



*Nota: Estadio larva*

**Figura 16**

*Género: Nectopsyche*



*Nota:* Estadio larva

**Figura 17**

*Género: Molophilus*



*Nota:* Estadio pupa

**Figura 18**

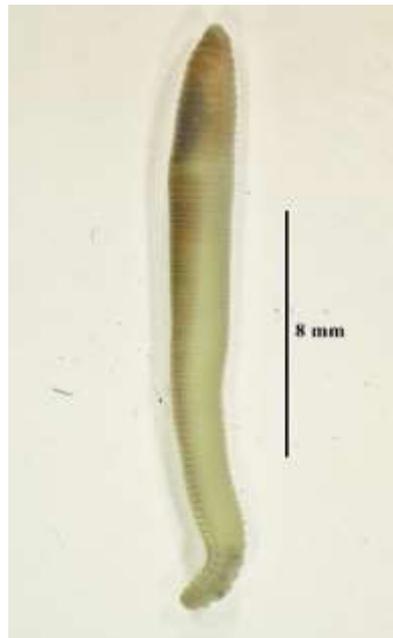
*Género: Molophilus*



*Nota:* Estadio larva

**Figura 19**

*Género: Lumbriculidae*



*Nota:* Estadio juvenil

**Figura 20**

*Género: Naididae*



*Nota:* Estadio juvenil

**Figura 21**

*Género: Polypedilum*



*Nota:* Estadio larva

**Figura 22**

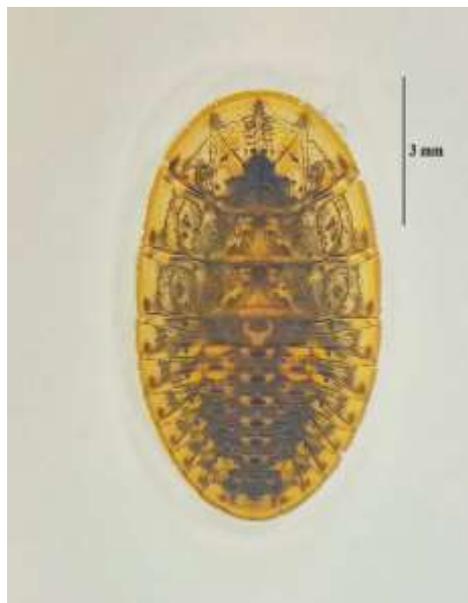
*Género: Smicridea*



*Nota: Estadio larva*

**Figura 23**

*Género: Psephenus*



*Nota: Estadio larva*

**Figura 24**

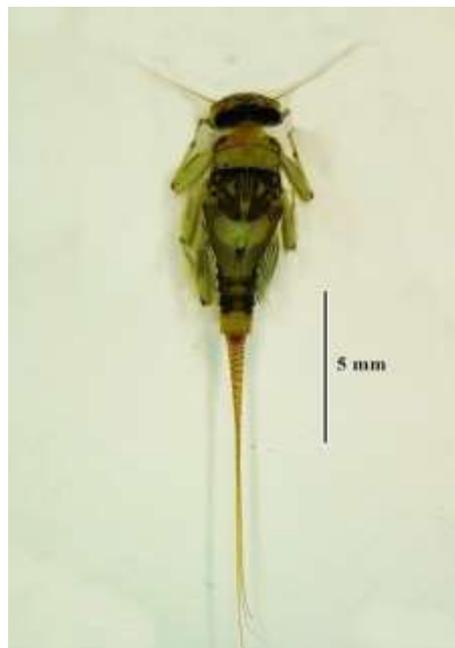
*Género: Myrcocyloepus*



*Nota:* Estadio ninfa

**Figura 25**

*Género: Meridialis*



*Nota:* Estadio larva

**Figura 26**

*Género: Huleechius*



*Nota: Estadio adulto*

**Figura 27**

*Género: Mortoniella*



*Nota: Estadio adulto*

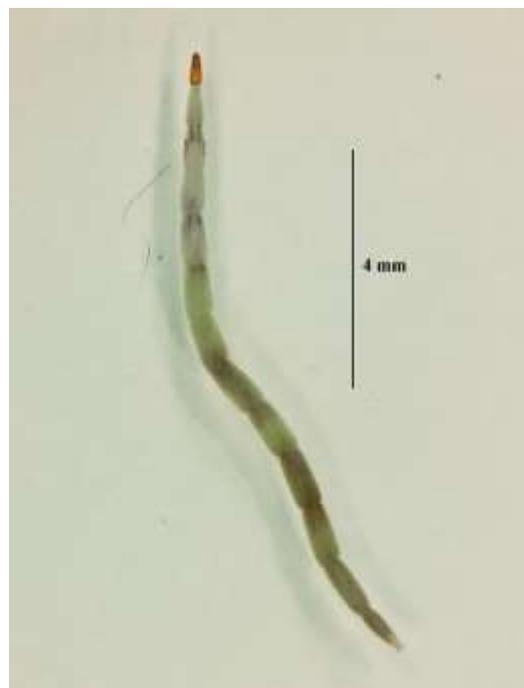
**Figura 28**

*Género: Erpopdella*



**Figura 29**

*Género: Alluaudomya*



*Nota:* Estadio larva

**Figura 30**

*Género: Dasybasis*



*Nota:* Estadio ninfa

**Figura 31**

*Género: Leptphyphes*



*Nota:* Estadio larva

**Figura 32**

*Género: Heterelmis*



*Nota:* Estadio adulto

**Figura 33**

*Género: Leptohyphes*



*Nota:* Estadio ninfa

**Figura 34**

*Género: Heterelmys*



*Nota:* Estadio larva

**Figura 35**

*Género: Atopsyche*



*Nota:* Estadio larva

**Figura 36**

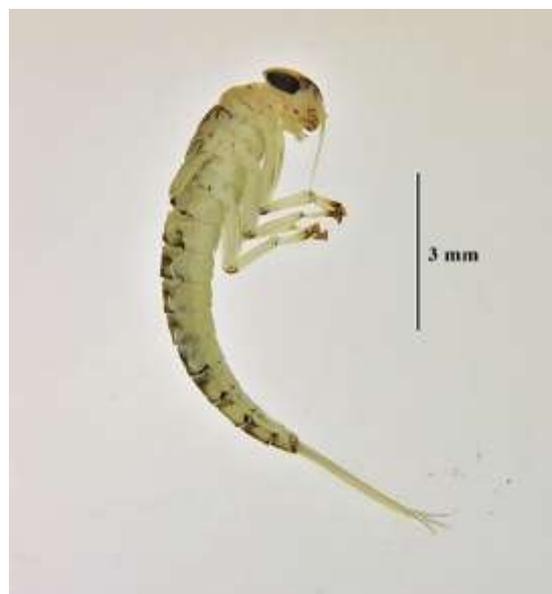
*Género: Anacroneuria*



*Nota:* Estadio ninfa

**Figura 37**

*Género: camelobaetidius*



*Nota:* Estadio ninfa

**Figura 38**

*Género: Andesiops*



*Nota:* Estadio ninfa

**Figura 39**

*Género: Similium*



*Nota:* Estadio larva

**Figura 40**

*Género: Corydalus*



*Nota:* Estadio larva

**Figura 41**

*Género: Limonicola*



*Nota:* Estadio larva

**Figura 42**

*Género: Leptonema*



*Nota:* Estadio larva

**Figura 43**

*Género: Smicridea*



*Nota:* Estadio larva

**Figura 44**

*Tomando coordenadas con el GPS del celular*



**Figura 45**

*Recolección de invertebrados acuáticos con la malla Red de Net*



**Figura 46**

*El ing Yasser Supervisando el monitoreo de los invertebrados*



**Figura 47**

*Visita del ing Yasser en el río Higueras*



**Figura 48**

*Presencia de huevos de invertebrados debajo de la piedra*



**Figura 49**

*Llenado de invertebrados en los frascos de vidrios*



**Figura 50**

*Toma de muestras del río Higueras*



**Figura 51**

*Etiquetado de frascos de vidrio de 500 ml*



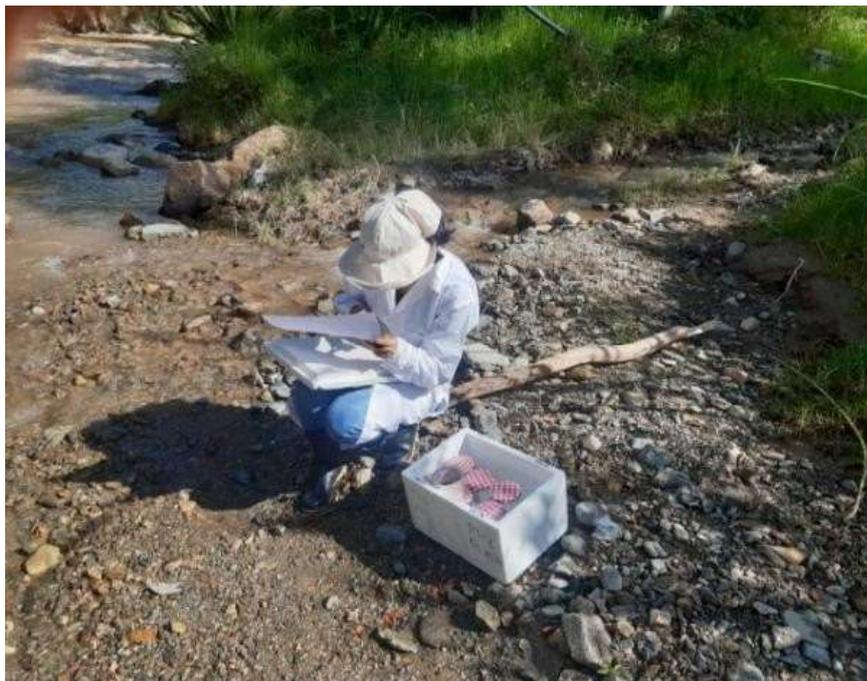
**Figura 52**

*Muestra de la calidad del agua del río Higueras*



**Figura 53**

*Llenado de cadena de custodia para entrega al laboratorio biotecnología UDH*



**Figura 54**

*Monitoreo de la calidad del agua en el laboratorio de biotecnología UDH*

