

## INVESTIGACIÓN CUANTITATIVO

### TÍTULO

Evaluación de la calidad del agua mediante Bioindicadores que emplean Macroinvertebrados (Índice BMWP-Col) y Análisis fisicoquímicos-microbiológicos (Índice NSF) en el Río Neshuya, departamento Ucayali, Perú.

### RESUMEN

El proyecto surge al notar el inexistente uso de bioindicadores para determinar la calidad del agua superficial y su ausencia en la normativa del país. Con este panorama en mente y posterior revisión de literatura surgió el siguiente cuestionamiento: ¿Cuál es la relación de la calidad del agua mediante bioindicadores que emplean macroinvertebrados (Índice BMWP-Col) y análisis fisicoquímicos-microbiológicos (Índice NSF) en el Río Neshuya?, además planteamos las siguientes preguntas específicas: ¿Cuál es la calidad del agua según el Índice BMWP-Col, empleando macroinvertebrados como bioindicadores?, ¿Cuál es la calidad del agua según análisis fisicoquímicos-microbiológicos (Índice NSF)?, ¿Cuál es la diversidad y abundancia de macroinvertebrados en el Río Neshuya?, ¿Cuál es la relación entre la abundancia de familias de macroinvertebrados y parámetros fisicoquímicos-microbiológicos al evaluar la calidad del agua?, y por último, ¿Qué características taxonómicas tienen los macroinvertebrados recolectados en el Río Neshuya? Nos proponemos determinar y comparar la calidad del agua mediante macroinvertebrados como Bioindicadores (Índice BMWP-Col) y Análisis fisicoquímicos-microbiológicos (Índice NSF). Los objetivos específicos responderán cada una de las preguntas específicas planteadas. La metodología se resume en trabajo de campo, laboratorio y procesamiento de datos, donde el trabajo de campo consta de recolección de Macroinvertebrados (9 muestras) y la toma de muestras de agua (9 muestras), las muestras de agua serán enviadas a laboratorios acreditados para su análisis respectivo. Los resultados esperados serán que ambos métodos determinen la calidad del agua de forma similar, y dar respuesta a las preguntas formuladas.

### Palabras claves

Análisis biológico, análisis fisicoquímicos, análisis microbiológico, calidad de agua, macroinvertebrados, Río Neshuya.

### Abstract

The project arose from noticing the non-existent use of bioindicators to determine surface water quality and their absence in the country's regulations. With this panorama in mind and subsequent literature review, the following question arose: What is the relationship between water quality using bioindicators that employ macroinvertebrates (BMWP-Col Index) and physicochemical-microbiological analysis (NSF Index) in the Neshuya River? We also posed the following specific questions: What is the water quality according to the BMWP-Col Index, using macroinvertebrates as bioindicators? What is the water quality according to physicochemical-microbiological analysis (NSF Index)? what is the diversity and abundance of macroinvertebrates in the Neshuya River? what is the relationship between the abundance of macroinvertebrate families and physicochemical-microbiological parameters when assessing water quality? and finally, what are the taxonomic characteristics of macroinvertebrates in the Neshuya River? Finally, what are the taxonomic characteristics of the macroinvertebrates collected in the Neshuya River? We aim to determine and compare water quality using macroinvertebrates as Bioindicators (BMWP-Col Index) and physicochemical-microbiological analyses (NSF Index). The specific objectives will answer each of the specific questions posed. The methodology is summarized in field work, laboratory and data processing, where the field work consists of Macroinvertebrate collection (9 samples) and water sampling (9 samples), the water samples will be sent to accredited laboratories for its respective analysis. The expected results will be that both methods determine water quality in a similar way, and provide answers to the questions formulated.

### Keywords

Biological analysis, biological analysis, physicochemical analysis, microbiological analysis, water quality, macroinvertebrates, Neshuya River.

## I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Pregunta General:

- ¿Cuál es la relación de la calidad del agua mediante bioindicadores que emplean macroinvertebrados (Índice BMWP-Col) y análisis fisicoquímicos / microbiológicos (Índice NSF) en el Río Neshuya, departamento Ucayali, Perú?

Preguntas Específicas:

- ¿Cuál es la calidad del agua del Río Neshuya según el Índice BMWP-Col empleando macroinvertebrados como bioindicadores?

- ¿Cuál es la diversidad y abundancia de macroinvertebrados en el Río Neshuya?

- ¿Cuál es la relación entre la abundancia de familias de macroinvertebrados y parámetros fisicoquímicos / microbiológicos al evaluar la calidad del agua del Río Neshuya?

- ¿Qué características taxonómicas tienen los macroinvertebrados recolectados en el Río Neshuya?

## II. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El agua superficial disponible en el Perú es relativamente abundante, considerando su desigual distribución espacial. Sin embargo, su calidad es crítica en algunas regiones hidrográficas. Las principales causas de esta deficiente calidad del agua son el insuficiente tratamiento de las aguas residuales domésticas, el vertimiento de aguas residuales no tratadas, el manejo inadecuado de los residuos sólidos, los pasivos ambientales (mineros, hidrocarburíferos, agrícolas y poblacionales) y características naturales.(...) Respecto a la calidad ambiental de las aguas superficiales, es evidente que el crecimiento poblacional de las ciudades ha generado un mayor deterioro ambiental del agua en las fuentes naturales, causado por el vertimiento de aguas residuales domésticas sin o con deficiente tratamiento (MINAM, 2017).

El monitoreo orientado a la evaluación de la calidad de los recursos hídricos conlleva a un diagnóstico de su estado a través de la evaluación de indicadores físico químicos y microbiológicos de la calidad del agua, obtenidos a través de mediciones y observaciones sistemáticas de las variables de las aguas continentales y marino-costeras. Estas mediciones se desarrollan a través de una metodología y procedimientos estandarizados que involucran la toma de muestra de agua con criterios establecidos en el protocolo de monitoreo (ANA, 2016).

La perturbación de los ecosistemas acuáticos requiere el uso de nuevos métodos para comprender el grado de alteración causado de manera antropogénica y/o natural, que complementen los métodos fisicoquímicos y microbiológicos actualmente requeridos por la norma. De esta manera, tendrían mayor respaldo para dictar medidas de conservación de aquellos ecosistemas que muestren deterioro o pérdida de diversidad de componentes bióticos y calidad hídrica.

Entre las principales características que se puede destacar de emplear macroinvertebrados frente a los métodos fisicoquímicos y microbiológicos para el monitoreo de calidad de agua superficial se encuentran: El método es de menor costo debido a que no se emplea equipos especializados, no requiere de personal técnico debido a su sencilla metodología, expresa datos en intervalos de tiempo más prolongado debido a que cada organismo requiere condiciones específicas para su subsistencia.

El índice BMWP-Col (Biological Monitoring Working Party - Colombia) es empleado por muchos países en la determinación de calidad de agua mediante macroinvertebrados como Bioindicadores, y se han publicado artículos científicos que aplican este índice en estudios realizados en la costa y sierra del país, sin embargo, no se encuentra literatura similar en los cuerpos de agua de la selva del país. Debido a esto nos proponemos analizar su aplicabilidad comparado con un índice que emplea análisis fisicoquímicos y microbiológicos para determinar la calidad del agua, el índice NSF. El índice de la Fundación Nacional de Saneamiento (NSF) se aplicará con el objetivo de determinar la calidad del agua con los parámetros actualmente reconocidos y aceptados por la normativa, tales como DBO, coliformes fecales, turbidez, nitratos, entre otros, para luego comparar los resultados con el índice BMWP-Col y establecer relaciones entre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con la abundancia o carencia de determinadas familias de Macroinvertebrados.

La comprobación de la aplicabilidad de estos Bioindicadores para determinar la calidad de agua de los cuerpos de agua superficiales significaría un avance en los métodos de estudio para la conservación de ambientes naturales, además de expandir los métodos actuales y acercarla a una perspectiva más holística en su monitoreo y conservación.

### III. HIPÓTESIS

#### Hipótesis General:

(Hi) - La calidad del agua mediante bioindicadores que emplean macroinvertebrados (Índice BMWP-Col) es igual al emplear análisis Físicoquímicos / microbiológicos (Índice NSF) en el Río Neshuya, departamento Ucayali, Perú.

(H0) - La calidad del agua mediante bioindicadores que emplean macroinvertebrados (Índice BMWP-Col) no es igual al emplear análisis Físicoquímicos / microbiológicos (Índice NSF) en el Río Neshuya, departamento Ucayali, Perú.

#### Hipótesis Específicas:

- La calidad del agua del Río Neshuya, según el índice BMWP-Col es crítica.
- La calidad del agua del Río Neshuya, según el índice NSF es mala.
- La diversidad y abundancia de macroinvertebrados en el Río Neshuya es alta.
- La abundancia de determinadas familias de macroinvertebrados está directamente relacionada con la concentración de determinados parámetros físicoquímicos / microbiológicos al evaluar la calidad del agua del Río Neshuya.

### IV. OBJETIVOS

#### 4.1. Objetivo General

Evaluar la calidad del agua mediante bioindicadores que emplean macroinvertebrados (Índice BMWP-Col) y análisis físicoquímicos / microbiológicos (Índice NSF) en el Río Neshuya, departamento Ucayali, Perú.

#### 4.2. Objetivos Específicos

- Determinar la calidad del agua del Río Neshuya según el Índice BMWP-Col, empleando macroinvertebrados como bioindicadores.
- Determinar la calidad del agua del Río Neshuya mediante análisis físicoquímicos / microbiológicos (Índice NSF).
- Calcular la diversidad y abundancia de macroinvertebrados en el Río Neshuya.
- Determinar la relación entre la abundancia de familias de macroinvertebrados y parámetros físicoquímicos / microbiológicos al evaluar la calidad del agua del Río Neshuya.
- Describir la taxonomía de los macroinvertebrados recolectados en el Río Neshuya.

### V. ANTECEDENTES

#### Antecedentes internacionales:

Según Ferreira et al., (2021), en su estudio titulado “Diversidad y uso de microhábitat de macroinvertebrados en un arroyo de bosque urbano (sureste de Brasil)”, menciona que los diferentes tipos de microhábitats pueden actuar como factor de mejora de la diversidad local así como un determinante de la distribución local de estos invertebrados. Además, la composición en conjunto de los tipos de microhábitats difiere entre ellos, resaltando que cada taxa puede preferir habitar ciertos microhábitats basados en adaptaciones morfológicas para tomar mejor ventaja de los recursos disponibles en su ambiente. También corroboraron que la disponibilidad de recursos, con áreas que presentaban residuos (sólidos de origen antrópico) exhibe mayor diversidad. A parte de los residuos, zonas donde predominan las rocas también exhiben alta diversidad, mientras que la arena fue la más pobre de los microhábitats.

Pérez et al., (2020), en su trabajo de investigación “Macroinvertebrados bioindicadores de calidad de agua en sistemas hídricos artificiales del Departamento de Boyacá, Colombia”, cuyo objetivo se planteó reportar las condiciones de calidad del agua, de las represas de La Playa (Tuta) y La Copa (Toca) en el departamento de Boyacá, utilizando macroinvertebrados

acuáticos y parámetros fisicoquímicos. Se tomaron muestras utilizando red Surber en nueve lugares de las represas desde junio hasta agosto del 2018, recolectando 979 individuos de macroinvertebrados perteneciente con 04 órdenes, 15 familias y 19 géneros. La abundancia encontrada fue Díptera (57,30 %), Hemíptera (25,02 %), Coleoptera (13,38 %) y Odonata (4,29 %). Determinó que la calidad del agua en las zonas de estudio, según los índices biológicos, indican aguas ligeramente contaminadas o de baja calidad, además señala que investigaciones de este tipo permiten a entidades tomar acciones necesarias para el manejo y restauración del ambiente.

Oñate y Cortéz (2020), en su investigación titulada: “Estado del agua del río Cesar por vertimientos residuales de la ciudad de Valledupar. Bioindicación por índice BMWP/Col”, cuyo objetivo fue calificar las condiciones de la corriente del río Cesar en la zona de influencia del vertimiento del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR) del municipio de Valledupar, y su relación con los indicadores de contaminación biológica e índice de calidad BMWP/Col. Para lo cual establecieron cuatro estaciones de muestreo sobre la corriente del río Cesar: E1 y E2, localizadas aguas arriba de la zona de mezcla de la descarga residual de la ciudad; E3, ubicada en el punto de mezcla del vertimiento y el río; y E4, situada aguas abajo de la descarga. Encontró que en las estaciones E1 y E2, se obtuvieron macroinvertebrados indicadores de aguas limpias y bien oxigenadas, con una clasificación de agua aceptable; mientras que las estaciones E3 y E4, indicadores de aguas contaminadas de calidad dudosa; siendo E4 la más crítica con concentraciones de oxígeno y DBO5 de 4,61 mg/l y 51,42 mg/l, respectivamente. Concluyó que la estación E4 evidencia la calidad de agua más contaminada según el índice aplicado, a pesar de la presencia de individuos de los géneros Hemíptera y Trichóptera que reciben una alta puntuación en el índice BMWP/Col. Se da también la aparición de grupos de macroinvertebrados indicadores de aguas de pésima calidad como los dípteros de la familia Ephryiidae, Culicidae y Chironomidae.

Espinosa et al., (2020), en su trabajo de investigación “Salud ambiental del río Ranchería a través de macroinvertebrados acuáticos en el área de influencia del complejo carbonífero El Cerrejón”, cuyo objetivo fue evaluar la salud ambiental del ecosistema lótico río Ranchería en el área de influencia del complejo carbonífero El Cerrejón, mediante la bioindicación con macroinvertebrados acuáticos. Para lo cual dispusieron tres estaciones de monitoreo (E1, E2 y E3), en las cuales se tomaron estimaciones de 13 variables fisicoquímicas como: temperatura (°C), oxígeno disuelto (mg/l), pH, salinidad (‰), y otros. Los macroinvertebrados acuáticos se recogieron a través de muestreo de múltiples hábitats con red surber, red D-net y nucleadores PVC. La calidad de las aguas en cada estación de monitoreo se caracterizó utilizando el índice BMWP/col. Concluyó que E1 posee aguas de buena calidad (BMWP/col = 130; ASPT = 6,50), con alta diversidad y riqueza ( $H'E1 = 3,75$  bits/ind;  $IE1 = 4,76$ ); E2 y E3 poseen aguas de calidad aceptable (BMWP/col = 65; ASPT = 5,00) y calidad dudosa (BMWP/col = 50; ASPT = 5,25), respectivamente, con mediana diversidad de familias ( $H'E2 = 2,97$  bits/ind y  $H'E3 = 2,32$  bits/ind) y mediana riqueza ( $IE2 = 2,82$  y  $IE3 = 1,88$ ).

Montoya y Escobar (2019), en su trabajo de investigación “Los macroinvertebrados acuáticos y la calidad biológica del agua en una quebrada Andina, Antioquia-Colombia”, cuyo objetivo fue presentar la caracterización de la calidad del agua de la quebrada La Chaparrita, a través del análisis de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, la medición de variables fisicoquímicas y la estimación de índices, que permitan relacionar las condiciones de los recursos hidrobiológicos y las actividades antrópicas en la cuenca. Para lo cual realizó la caracterización fisicoquímica y biológica de sus aguas. La turbiedad, DQO, alcalinidad, nitratos, N-amoniaco, nitrógeno total, fósforo total, ortofosfatos y dureza total, mostraron variabilidad alta y sobrepasaron los límites de calidad admisibles para el consumo humano. Encontró 37 géneros de insectos acuáticos pertenecientes a 27 familias y cinco phyla. Los dípteros fueron el orden más abundante con un 25.9% del total de individuos y las familias Chironomidae (38.77%), Baetidae (21.03%), Simuliidae (12.03%) y Physidae (7,74%) representaron un 79.56% de todos los organismos encontrados. Aunque el cuerpo de agua presenta una calidad biológica dudosa (BMWP/Col medio=46.33, EPT=48.83%), se evidenció una disminución progresiva en la calidad del agua, y observó la presencia de las familias Leptophlebiidae, Perlidae e Hydropsychidae que habitan en aguas limpias y oxigenadas. Señaló que la quebrada aún es capaz de auto depurarse.

López et al., (2019), en su trabajo de investigación “Macroinvertebrados acuáticos como



indicadores de calidad del agua del río Teusacá (Cundinamarca, Colombia)", cuyo objetivo fue determinar la calidad del agua a partir de la variedad de macroinvertebrados acuáticos presentes en tres zonas del río Teusacá. En cada estación de análisis estimaron el oxígeno disuelto, la turbidez, la temperatura y el pH y se evaluaron los índices de calidad del agua (BMWP/Col, ASTP, IBF, EPT), así como algunos índices de biodiversidad (Shannon Weaver, Simpson, Margalef y Menhinick). Recolectaron una suma de 6781 individuos de macroinvertebrados acuáticos que tienen un lugar con 3 phylum, 5 clases, 11 órdenes y 21 familias fueron recogidos en tres muestreos en julio, septiembre y noviembre de 2017. Determinaron que la calidad del agua del río Teusacá es moderadamente contaminada, con una inclinación a ser extremadamente contaminada. De igual manera, el cuerpo de agua presentó baja biodiversidad y alta fuerza en los tipos de macroinvertebrados recolectados. Además, señaló que los parámetros pH y oxígeno disuelto son los que presentan una mayor sensibilidad en cuanto a la adaptabilidad de un gran número de familias en el cauce; por lo tanto, ligeras variaciones en sus valores pueden llegar a representar un cambio significativo en la presencia y abundancia de dichos organismos.

Giraldo, et al., (2018), en su trabajo de investigación "Influencia de la ganadería en los macroinvertebrados acuáticos en microcuencas de los Andes centrales en Colombia", recolectaron macroinvertebrados acuáticos utilizando una red D y un Surber, tomaron muestras del agua y se estimaron índice de calidad del hábitat en nueve fuentes de agua de cabecera en el municipio de Villamaría (Caldas, Colombia), cinco de ellas con bosques ribereños y cuatro totalmente desprotegidas. Colectando una suma de 98.934 individuos, divididas en 09 clases, 17 órdenes, 56 familias y 92 géneros. Veneroida fue el orden más abundante, seguido de Trichoptera, Diptera, Tubificida y Ephemeroptera. Coleoptera fue el orden con mayor número de géneros con 28, seguida de Diptera con 18, Trichoptera con 11, Ephemeroptera con 10 y Odonata con 08. Las quebradas con corredor ribereño eran esencialmente más profundas, tenían una mayor extensión de roca e índice de calidad del hábitat e introducían una mayor riqueza de géneros que los arroyos no protegidos ( $P < 0,05$ ). Los géneros Acrobis, Ferrisia, Eurygerris, Heleobia y Pisidium, el nitrógeno total, el nitrógeno amoniacal y la proporción de limo, se asociaron a las quebradas sin bosque de ribera, mientras que la clase Rhagovelia, la subfamilia Chironominae, el Índice de Calidad del Hábitat y la extensión de la grava y piedras se relacionaron con las quebradas que tenían bosque de ribera. Concluyendo que la presencia de bosques en las zonas ribereñas ayuda a amortiguar las consecuencias adversas creadas por las prácticas ganaderas en las microcuencas, por lo que recomienda mantener la franja de vegetación ribereña en las quebradas.

Galeano y Mancera (2018) , en su trabajo de investigación "Efectos de la deforestación sobre la diversidad y la estructura del ensamblaje de macroinvertebrados en cuatro quebradas Andinas en Colombia", cuyo objetivo fue establecer posibles efectos de la deforestación sobre los patrones de diversidad taxonómica y funcional del ensamblaje de macroinvertebrados acuáticos en cuatro quebradas Andinas colombianas, con y sin cobertura arbórea en sus márgenes. Realizaron cuatro muestreos en los períodos de transición de lluvia a seco (junio de 2011), transición de seco a lluvia (septiembre 2011), lluvia (noviembre 2011) y seco (febrero de 2012) en cada una de las quebradas se seleccionaron tres sitios de muestreo para un total de 12 estaciones. Concluyó que la deforestación condiciona la diversidad taxonómica y funcional del ensamblaje de macroinvertebrados. Infirió de acuerdo a las familias encontradas que la diversidad taxonómica (estructura y composición) del ensamblaje de macroinvertebrados fue menor en estaciones con procesos de deforestación y a su vez la diversidad funcional presentó cambios importantes en la composición y abundancia de grupos funcionales tróficos y los hábitos de vida con presencia de taxones más generalistas y con adaptaciones a ambientes con mayor alteración en las estaciones sin cobertura arbórea en sus márgenes.

Machado et al., (2018) , en su trabajo de investigación "Análisis de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos para evaluar la calidad del agua del Río Sardinas, Chocó Andino Ecuatoriano", cuyo objetivo se propuso determinar el estado ecológico y la calidad de agua del Río Sardinas en épocas seca y lluviosa, utilizando a los macroinvertebrados presentes como bioindicadores de calidad ambiental, mediante la evaluación de su biodiversidad y su relación con los parámetros físico-químicos. Realizó un análisis de la entomofauna acuática del Río Sardinas, en las épocas lluviosa y seca de 2018, usando macroinvertebrados como bioindicadores ambientales, los mismos que fueron recolectados con red Surber, red de patada y colecta manual, en cinco puntos a lo largo del río. En laboratorio fueron clasificados e

identificados a niveles de clase, orden y familia. Se analizó su riqueza (S) y abundancia (N), así como la calidad ambiental aplicando los índices BMWP/Col, EPT y un Análisis de Componentes Principales PCA. Se recolectaron un total de 526 individuos pertenecientes a 5 clases, 13 órdenes y 38 familias; 31 en época lluviosa y 30 en época seca. Concluyó que las condiciones ecológicas del río Sardinias son, en general, moderadas, con la existencia y la presencia de grupos sensibles como los Trichopteros y Ephemeropteros; sin embargo, la presencia de grupos resistentes a la contaminación como los Chironomidae que son abundantes en el punto P2 en ambas épocas del año y punto P3 en época seca hace que la evaluación de la calidad del agua del río Sardinias sea moderada.

Durán et al., (2018), en su trabajo de investigación “Relación entre macroinvertebrados y propiedades del suelo bajo diferentes arreglos agroforestales en la Amazonía-Andina, Caquetá, Colombia”, cuyo objetivo fue evaluar el efecto de diferentes arreglos agroforestales en la Amazonia colombiana sobre la densidad y la diversidad de la comunidad de macroinvertebrados utilizando como indicadores los efectos en las propiedades del suelo. Mencionan que la variedad de macroinvertebrados están firmemente relacionados, entre otras cualidades, con el contenido de nutrientes en el suelo. Para analizar esta relación bajo diferentes arreglos agroforestales de la Amazonía-Andina colombiana (Caquetá), se utilizó un parcelas totalmente aleatorizado con tres réplicas, siendo el tratamiento los planes de arreglos agroforestales: AB = Abarco (*Cariniana pyramidalis* Miers); CH = Caucho (*Hevea brasiliensis*); PA = Paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber); y HU = Huito (*Genipa Americana* L.). En cada arreglo agroforestal, examinaron monolitos de 25 x 25 x 30 cm de profundidad siguiendo la norma ISO 23611-5 para medir la macrofauna y se tomaron pruebas de suelo para la determinación físico-química. La correlación entre las propiedades edáficas y la macrofauna en los diferentes arreglos agroforestales se determinó mediante un análisis de Co- inercia. La abundancia más elevada de macrofauna se rastreó en el arreglo agroforestal AB ( $945 \pm 382$  personas/m<sup>2</sup>) y el menor en CH ( $487 \pm 80$  personas/m<sup>2</sup>). La riqueza completa fue de 13 taxones, siendo el arreglo agroforestal PA el que presentó mayor riqueza ( $6,6 \pm 0,8$ ) y el AB el que exhibió la menor riqueza ( $4,8 \pm 0,8$ ). Observó una correlación (análisis de coinerencia:  $RV=0,13$ ,  $P < 0,05$ , test de Monte Carlo), que demostró la reacción de la macrofauna a las propiedades del suelo. En particular, encontraron una consecuencia adversa del aluminio en la abundancia de los coleópteros, así como unas conexiones positivas entre el carbono orgánico y la abundancia de las lombrices, y el fósforo con la abundancia de las termitas.

#### Antecedentes nacionales:

Corro et al., (2022) , en su investigación titulada: “Calidad de agua usando macroinvertebrados en el Río Temporal Llantén, Simbal, la Libertad-Perú” cuyo objetivo se planteó determinar la calidad de agua del río Llantén, Simbal, la libertad, para lo cual se planificó usar 6 puntos para la toma de muestra, sin embargo, solo se realizó los tres primeros, ya que el punto 4 no tenía caudal y el 5 y 6 no tenían influencia del río Llantén por ser temporal. El procedimiento se basó en el protocolo de muestreo, análisis y evaluación de fauna bentónica macro invertebrada en ríos vadeables de la Agencia de Agua Vasca. Concluye que de los tres puntos muestreados, el punto 1 tuvo un valor de 87 según el BMWP/Col, dando una calidad de agua Aceptable, lo que significa que posee aguas ligeramente contaminadas; y los puntos 2 y 3 tuvieron un valor de 146 y 122 según el BMWP/Col respectivamente, lo que significa que ambas tienen calidad Buena, es decir son aguas limpias. Además, determinó la presencia de 8 clases, 18 órdenes y 30 familias de macroinvertebrados; y según el índice BMWP/Col se identificó a la familia Perlidae con la mayor puntuación (10) y la familia Tubificidae con la menor puntuación (1).

Oscanoa et al., (2022) , en su ensayo titulado: “Análisis crítico del Uso de macroinvertebrados Bentónicos como bioindicadores de la calidad del agua en el Sistema Nacional de Gestión Ambiental”, se analiza cómo se viene manejando el uso de estos indicadores a nivel internacional y en el marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental (SNGA) del Perú, con especial énfasis en el Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos (SNGRH). El estudio evidenció la necesidad de su incorporación en el concepto general de la evaluación de la calidad del agua en el Perú, con el objetivo de lograr un mejor entendimiento del estado ecológico de los cuerpos de agua y por ende garantizar una mejor gestión de este recurso; puesto que la evaluación en base a bioindicadores solucionaría limitaciones económicas, sociales y técnicas que presenta la evaluación tradicional, sin que implique una no complementariedad entre ambas, sino su unificación para conseguir una evaluación integral de

la calidad del agua. Asimismo, se encontró que la utilización de los macroinvertebrados bentónicos en el marco del SEIA, SINEFA y SINANPE, se realiza conforme a las competencias de los organismos de cada uno de estos sistemas, teniendo en cuenta que cada sistema tiene objetivos distintos, reflejando un mejor desarrollo en la evaluación de la calidad del agua dentro del SEIA, con limitaciones normativas en el SINEFA, y poco extendida en el SINANPE; por otro lado, en el SNGRH su aplicación aún es incipiente debido a que la normativa relacionada a este sistema no aborda a los bioindicadores como parte de esta evaluación, y estos solo forman parte de algunos programas aislados, por lo que resulta necesario su inclusión en los instrumentos de planificación y gestión de este sistema, en especial en la Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos, dado que la modificación de este instrumento derivaría en la implementación de los bioindicadores en planes y programas que se fundamentan en esta política. Finalmente, la revisión del contexto internacional deja en evidencia la amplia aplicabilidad que tiene el uso de los macroinvertebrados bentónicos en la evaluación del agua, así como de los diferenciados niveles de desarrollo de los países en cuanto a su normativa de evaluación biológica del agua, por lo que tomar como referencia los lineamientos de las normativas más consolidadas respecto a este aspecto serviría para mejorar la gestión del agua en nuestro país.

Silva et al., (2021) en su investigación titulada: “Calidad de agua del Río Tres de Mayo en el Parque Nacional Tingo María, según los índices H', BMWP/Col. y NSF” en la cual se planteó el objetivo determinar la calidad del agua del río Tres de Mayo del Parque Nacional Tingo María mediante macroinvertebrados acuáticos e índices bióticos. Realizaron sus muestreos en dos etapas, en mayo y agosto del 2014, para las colectas de los macroinvertebrados se utilizó la red Surber, en cuatro estaciones de muestreo distribuidos a lo largo del cuerpo de agua, se tomaron muestras de agua para análisis en laboratorio y se tuvo en cuenta la actividad antrópica. Concluyó que de acuerdo al índice BMWP/Col, encontraron que la calidad del agua fue mayormente aceptable entre estaciones de muestreo y la etapa de muestreo. Asimismo, existió variabilidad de la calidad del agua según los índices empleados (H', BMWP/Col, y NSF). Se concluyó que de acuerdo al índice BMWP/Col, la calidad del agua es mayormente aceptable entre estaciones de muestreo y la etapa de muestreo. Todas las estaciones de muestreo y etapas de muestreo, según Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'), están medianamente contaminadas. Según el índice NSF, la calidad del agua se clasifica como buena en las diferentes estaciones y etapas muestreadas. La presencia de las familias Baetidae, Hydropsychidae, Perlidae, Planorbidae y Corydalidae se relacionan de manera positiva con el oxígeno disuelto, temperatura, turbidez y coliformes fecales en mayo. Asimismo, en la segunda etapa de muestreo, las familias Oligoneuriidae, Planariidae, Hydropsychidae y Baetidae se relacionan con los sólidos totales, nitratos, pH, turbidez, DBO5 y fosfatos. Los parámetros evaluados cumplen con el ECA para agua de Perú, en la categoría: conservación del ambiente acuático y subcategoría: ríos de la selva.

Castillo et al., (2021) , en su investigación titulada “Macroinvertebrados bentónicos indicadores de calidad biológica del agua de lagunas altoandinas, La libertad-Perú” la cual se propuso como objetivo determinar la calidad del agua en las lagunas altoandinas, El Toro y Los Ángeles del distrito de Quiruvilca, La Libertad-Perú, durante 2014-2017, utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores y aplicando los índices bióticos BMWP e IBA. En el desarrollo de la investigación se colectaron macroinvertebrados acuáticos con una red Surber de 250 um y fijados con alcohol al 96% se registraron parámetros fisicoquímicos in situ con un multiparametrico HACH, también se muestrearon metales pesados de manera simultánea a la toma de muestras biológicas. Encontró que en ambas lagunas las familias Corixidae y Disticidae fueron las más frecuentes; la valoración según los índices BMWP e IBA, determinó que la calidad del agua de la laguna El Toro se encontró desde moderadamente contaminada. Algunos parámetros fisicoquímicos importantes no son conformes según los ECA-Agua: Laguna El Toro tuvo pH (6,4), nitrógeno total (1,26 mg/L) y plomo (0,0104 mg/L); Laguna Los Ángeles registró un pH (4,9), nitrógeno total (1,26 mg/L) y plomo (0,00583 mg/L). Concluyendo que la calidad biológica del agua de las lagunas El Toro y Los Ángeles mediante el índice biótico BMWP y el ABI son similares, siendo aguas muy contaminadas - mala calidad (temporada seca) y ligeramente contaminada-buena (temporada lluviosa) en la Laguna Los Ángeles, durante el periodo de monitoreo.

Arana et al. (2021) , en un estudio titulado “Distribución altitudinal de macroinvertebrados acuáticos y su relación las variables ambientales en un sistema fluvial amazónico (Perú)” cuyo

objetivo fue determinar la composición taxonómica de macroinvertebrados y su relación con variables ambientales (características fisicoquímicas del agua y del hábitat fluvial) como: pH, temperatura del agua, conductividad eléctrica, ancho de río, profundidad, sombra y velocidad del flujo de la corriente, en un rango altitudinal de 398 a 2411 m.s.n.m.. Para lo cual establecieron 22 estaciones en un rango altitudinal de 398 a 2.411 m.s.n.m., cuantificando las características fisicoquímicas del agua y del hábitat fluvial: pH, temperatura del agua (T, °C), conductividad eléctrica (CE,  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ), ancho del río (A, m), profundidad (P, cm), sombra y velocidad del flujo de la corriente ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Para los muestreos de macroinvertebrados utilizaron una red “de patada” de 200  $\mu\text{m}$  de tamaño de malla. Se identificaron 56 taxones distribuidos en los órdenes Acari, Ephemeroptera, Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Megaloptera, Odonata, Plecoptera, Trichoptera y Decapoda. Concluyeron que la diversidad del ensamble de los macroinvertebrados acuáticos se relaciona con las condiciones físicas y ambientales de la cuenca del río Alto Madre de Dios, determinadas por el gradiente altitudinal, registrándose mayores valores de composición y abundancia en el rango intermedio de 1000 a 500 m.s.n.m. Las variables de mayor importancia fueron la velocidad de la corriente y la profundidad del cauce, sumadas a la posible influencia de la actividad antrópica en las poblaciones aledañas.

Trama et al., (2020) en su estudio titulado: “Índices de calidad de hábitat y macroinvertebrados en siete cuencas del Parque Nacional Yanachaga Chemillén y su Zona de Amortiguamiento: conservación y manejo del bosque ribereño en el Perú” cuyo objetivo fue caracterizar el hábitat acuático, la vegetación ribereña y las comunidades de macroinvertebrados acuáticos para determinar cuáles de estos taxa pueden ser considerados como bioindicadores de la calidad de agua en la zona. Señaló que los índices biológicos determinan eficazmente la calidad del agua en un entorno sin intervención humana donde se espera los cuerpos de agua con mayor diversidad y que representen a cuerpos de agua saludables, tomaron parámetros fisicoquímicos y encontraron que la temperatura, la conductividad eléctrica y la salinidad (en tres de las cuencas) aumenta al descender desde el Parque Nacional hasta la zona media y luego a la zona baja en la zona de amortiguamiento, mientras que el Oxígeno disuelto en general disminuye y el pH, y profundidad se mantienen variables. En ninguno de los puntos de muestreo se observaron turbidez en el agua. En relación a los macroinvertebrados identificaron y contabilizaron 179 taxa pertenecientes a 66 familias y 14 órdenes de macroinvertebrados durante toda la evaluación. En todas las zonas altas de todas las cuencas el orden más diverso en términos de riqueza de taxa fue Trichoptera, Ephemeroptera y Diptera, estando presente, pero en diferentes proporciones en la cuenca media y baja. El BMWP-Col mostró que la mayoría de las zonas evaluadas presentaron una calidad de agua desde “Muy Limpia” a “Limpia”, no detectándose una calidad más baja por ningún sitio.

Tisnado et al., (2020), en su investigación titulada: “Calidad del agua según los macroinvertebrados bentónicos y parámetros fisicoquímicos en la cuenca del Río Huacamaranga (La Libertad, Perú)”, cuyo objetivo fue evaluar la calidad del agua en la cuenca río Huacamaranga, ubicado en la sierra del norte peruano durante los meses de junio (época de estiaje) y diciembre (época de lluvias); del año 2107, para ello, utilizó como indicadores a los macroinvertebrados bentónicos, el Índice BMWP (Biological Monitoring Working Party) adaptado para norte de Perú y parámetros fisicoquímicos: temperatura (grados centígrados), pH (cantidad de iones de hidrógeno), oxígeno disuelto ( $\text{mg/l}$ ), conductividad eléctrica ( $\text{uS/cm}$ ), sulfatos ( $\text{mg/L}$ ). Se establecieron 4 puntos de muestreo a lo largo de la cuenca (entre los 3780 a 3725 m.s.n.m.). Concluyó que sus resultados mostraron una calidad de agua variable entre buena a crítica en época de estiaje y de aceptable a crítica en época lluviosa; los parámetros fisicoquímicos cumplieron con los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) para Categoría 3 y 4 establecidos en el DS N° 004–2017 MINAM.

Pascual et al., (2019), en su investigación titulada “Macroinvertebrados bentónicos y ensayos toxicológicos para evaluar la calidad del agua y del sedimento del río Rímac, Lima, Perú” la cual tenía por objetivo emplear macroinvertebrados bentónicos y ensayos toxicológicos para evaluar en época de avenida y estiaje la calidad del agua y sedimentos del río Rímac (Lima-Perú) durante 2009. Establecieron doce estaciones de muestreo (E1 - E12), teniendo en cuenta las fuentes de contaminación. En cada estación midió datos físicos y químicos, MIB (macroinvertebrados bentónicos), y toxicidad de aguas y sedimentos con *Daphnia magna* y *Chironomus calligraphus*. En la época de avenida encontraron mayores valores de pH. En cambio, mayores valores de conductividad específica, sólidos totales, oxígeno disuelto y transparencia se observaron en la época de estiaje. Entre épocas de avenida y estiaje se



observaron diferencias en la abundancia de Planorbidae, Baetidae, Chironomidae, Empididae y Tipulidae. Encontraron que los índices de diversidad y equitabilidad fueron mayores en época de avenida, pero los índices de dominancia y abundancia fueron mayores en época de estiaje. Elaboraron un dendrograma de similaridad con base a los MIB donde mostraron la formación de tres grupos que estarían relacionados a las actividades que se desarrollan en la cuenca en la época de avenida: el primer grupo respuesta a los pasivos mineros, el segundo grupo respuesta a impacto doméstico y agricultura, y el tercer grupo respuesta al impacto por la agricultura, industrias y doméstico. La calidad del agua fue estimada con los índices bióticos, EPT (Ephemeroptera – Plecoptera – Trichoptera) (mayormente mala sobre el 75%) y el ABI (Andean Biotic Index) (pésimo–mala: 16.67- 33.33%). Encontraron que para los ensayos toxicológicos con *D. magna* y con *C. calligraphus* solo la estación de muestreo E1 fue tóxica en la época de avenida.

Araujo et al., (2018), en su investigación titulada “Evaluación rápida con bioindicadores Bentónicos de la Calidad Ambiental del Río Jadibamba (Cajamarca-Perú)”, el cual se propuso dar a conocer la utilidad de índices bióticos simples de uso internacional con macroinvertebrados bentónicos para la evaluación del estado ambiental del río Jadibamba, parte alta, en el año 2013, resaltando la importancia de su empleo en muestreos comunitarios. Para lo cual realizó la evaluación de macroinvertebrados bentónicos del río Jadibamba, recurso altoandino de cajamarca, que se encuentra en peligro de contaminación actual por actividades antrópicas. Colectó muestras, por duplicado, en zona corriente de tres estaciones de muestreo en los meses de julio 2010, mayo y setiembre 2013 en tres caseríos: Huasiyuc, Bajo Jadibamba y Valle Laguna Azul, empleando los Índices de Evaluación Rápida de ríos de la AWW (Alabama Water Watch) y el EPT de riqueza de familias, como una primera aproximación; valorando a los organismos según su sensibilidad. Discutió la aplicación de los métodos de evaluación rápida en el monitoreo comunitario del recurso hídrico, proponiendo su empleo referencial. Detectó un impacto “leve” y “moderado” sobre el ambiente acuático, producto de actividades agropecuarias, tradicionales de la zona y una calidad de agua “Buena” y “Excelente” con los índices utilizados.

Tapia et al., (2018), en su trabajo de investigación “Invertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua en lagunas altoandinas del Perú”, estimó la variedad y abundancia de los invertebrados bentónicos en las lagunas altoandinas del Perú, para decidir su posible uso como indicadores biológicos. Evaluaron 16 lagunas, 4 en la cuenca del río Rímac y 12 en la cuenca del Mantaro durante la estación seca (julio-octubre de 2015). Colectando 34 familias de invertebrados bentónicos, el Phylum Arthropoda obtuvo la mayor riqueza relativa y abundancia relativa de organismos (72.3% y 89.1%), seguidos del Phylum Annelida (12.8% y 4.3%, respectivamente), Mollusca (6.4% y 5.4%, respectivamente) y Platyhelminthes (8.5% y 1.2%, respectivamente). De las 34 familias de invertebrados bentónicos, prevaleció la Clase Insecta, con 24 familias distribuidas en 6 órdenes, dentro de los cuales el orden Diptera fue más representativa con 7 familias, seguidas por el orden Coleoptera con 5 familias. Su análisis de similitud (ANOSIM) mostró que a nivel espacial existen diferencias entre las lagunas estudiadas ( $R=0.4845$  y  $p=0.0001$ ). Su Análisis de Similitud Porcentual (SIMPER) determinó disimilitudes a nivel espacial y transitorio, en donde las familias Corixidae (Hemiptera), Chironomidae (Diptera) y Hyalellidae (Amphipoda) son las que inciden en la estructura de la comunidad. Su análisis de Correlación Canónica (CCA) reportó una gran correlación de los insectos, bivalvos, gasterópodos e oligoquetos, respecto a valores elevados de conductividad, pH, temperatura y oxígeno disuelto. (Versión Past 2.17,  $p=0.0001$ ). Del cambio total de la abundancia de taxones se debió a los 2 primeros ejes, las conexiones especies-ambientales fueron de 53.86% para el primer y 29.91% para el segundo eje, relacionado el ambiente con grupo de especies al 83.78%. El análisis de Escalamiento Multidimensional no Paramétrico (NMDS) obtuvo una presión de  $2D=0.12$ , mostrando que las lagunas Canchis y Churuca se aíslan del resto. Las familias Chironomidae, Cyprididae, Corixidae y Hyalellidae fueron resistentes a las condiciones ambientales modificadas por materia orgánica y metales pesados. Concluyendo que de acuerdo a los valores del ABI de las 16 lagunas evaluadas, las lagunas Marca, Huarancocha, Ticticocha, Yananyacu y Huacracocha presentaron la estimación más elevada, consideradas en condiciones ecológicas moderadas, mientras que las lagunas Huascocha, Canchis y Churuca se consideraron en condiciones pésimas, y las nueve lagunas restantes fueron consideradas en condiciones malas.

## VI. MARCO TEÓRICO

### 6.1 Calidad de agua

Considerando la complejidad de los factores que determinan la calidad del agua y las variables utilizadas para describir el estado de los cuerpos de agua en términos cuantitativos, es difícil dar una definición simple de “calidad del agua”. Además, los conocimientos sobre calidad del agua han evolucionado a través del tiempo a medida que ha aumentado su demanda en diferentes usos y han mejorado los métodos para analizar e interpretar sus características. La calidad de agua se puede definir como: i) Una lista de concentraciones, especificaciones y aspectos físicos de sustancias orgánicas e inorgánicas, y ii) la composición y el estado de la biota acuática presente en el cuerpo de agua. La calidad presenta variaciones espaciales y temporales debido a factores externos e internos al cuerpo de agua (Sierra, 2011).

Así mismo Diersing (2009), afirma que el término calidad de agua es usado para describir la condición del agua, incluyendo sus características, químicas, físicas y biológicas, usualmente con respecto a su adecuación para un propósito en particular (por ejemplo, beber, nadar o pescar).

### 6.2 Calidad biológica del agua.

El término de calidad biológica surge al evaluar la calidad de las aguas mediante el estudio de la composición y estructura de las comunidades de organismos. Se considera que un medio acuático presenta una buena calidad biológica cuando tiene unas características naturales que permiten que en su seno se desarrollen las comunidades de organismos que les son propias. Esta calidad está estrechamente relacionada con el uso final del agua, entre mayor biodiversidad presente un cuerpo de agua será mejor su calidad biológica (Alba, 1996).

#### 6.2.1 Evaluación biológica de la calidad de agua

Las evaluaciones de organismos vivos que habitan en cuerpos de agua presentan adaptaciones evolutivas a unas determinadas condiciones ambientales y límites de tolerancia a las diferentes alteraciones de las mismas. Estos límites de tolerancia varían frente a una determinada alteración, habiendo organismos “sensibles” que no soportan las nuevas condiciones impuestas, comportándose como “intolerantes”, mientras que otros, que son “tolerantes” no se ven afectados. Si la perturbación llega a un nivel letal para los intolerantes, estos mueren y su lugar es ocupado por comunidades de organismos tolerantes. Del mismo modo, aun cuando la perturbación no sobrepasa el umbral letal, los organismos intolerantes abandonan la zona alterada, con lo cual dejan espacio libre que puede ser colonizado por organismos tolerantes. De modo que, variaciones inesperadas en la composición y estructura de las comunidades de organismos vivos de los ríos pueden interpretarse como signos evidentes de algún tipo de contaminación (Alba, 1996).

#### 6.2.2 Macroinvertebrados Acuáticos

Los macroinvertebrados bentónicos son organismos que miden entre 2 mm y 3 cm y pueden ser observados a simple vista. Estos animales brindan excelentes indicios sobre la calidad del agua, y al usarlos en monitoreos se puede entender con certeza el estado en que ésta se encuentra, algunos de ellos requieren que el cuerpo de agua no hay sido perturbada para sobrevivir, por el contrario, otros resisten, crecen y abundan cuando hay contaminación (Carrera y Fierro, 2001).

##### 6.2.2.1 Tipos de hábitat

En ecosistemas dulceacuícolas los macroinvertebrados viven tanto en aguas lólicas (ríos, arroyos, quebradas) como en aguas lénticas (lagos, lagunas, ciénagas, embalses, etc). En los ecosistemas loticos algunos macroinvertebrados viven adheridos a la superficie de rocas, pequeñas piedras, troncos sumergidos o restos de vegetación; otros habitan en las orillas, adheridos a la vegetación emergente o sumergida; unos viven sobre la superficie del agua, mientras que otros nadan en ella como los peces y algunos se entierran en sustratos arenosos, fangosos o pedregosos. En los ecosistemas lenticos los macroinvertebrados habitan principalmente el área litoral y las raíces de las plantas acuáticas flotantes (Alvarez, 2005).

##### 6.2.2.2 Modos de vida de los macroinvertebrados acuáticos

Según Roldán (2012), los macroinvertebrados pueden vivir en la superficie, en el fondo o nadar libremente; de ahí reciben diferentes nombres de acuerdo al tipo de adaptación.

Neuston. Se refiere a los organismos que viven sobre la superficie del agua caminando,

patinando o brincando (Figura 1).

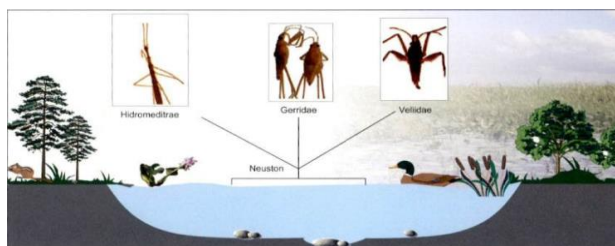


Figura 1. Macroinvertebrados representante del Neuston en un ecosistema acuático. Tomado de (Roldán, 2012)

Necton. Conformados por todos aquellos organismos que nada libremente en el agua (Figura 2).

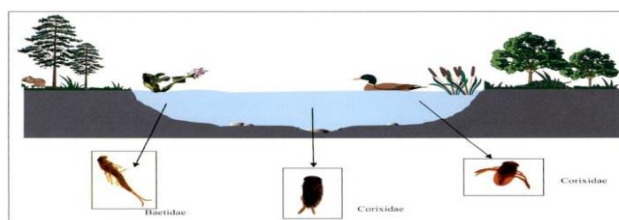


Figura 2. Macroinvertebrados representante del Necton en un ecosistema acuático. Tomado de (Roldán, 2012)

Bentos. Se refiere a todos aquellos organismos que viven en el fondo, adheridos a piedras, rocas, troncos, restos de vegetación y sustratos similares. (Figura 3)

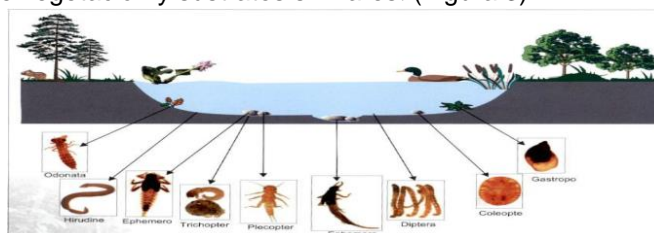


Figura 3. Macroinvertebrados representante del Bentos en un ecosistema acuático Tomado de (Roldán, 2012)

### 6.3 Índices para determinar la calidad de agua

#### 6.3.1 Biological Monitoring Working Party - Col (BMWP-Col)

Según Alvarez (2005) , este índice permite estimar la calidad de un ecosistema acuático a partir de la valoración de las especies acuáticas que habitan en el mismo; se atribuye a cada especie un valor determinado de acuerdo con su tolerancia a la contaminación que va de 1 a 10, de manera que las familias más tolerantes obtienen una menor puntuación que aquellas que requieren una mejor calidad de las aguas en que viven. La suma de los valores obtenidos para cada familia en un punto de muestreo dará el grado de contaminación del mismo. Cuanto mayor sea la suma, menor es la contaminación del punto estudiado.

#### 6.3.2 Índice de la Fundación Nacional de Saneamiento (INSF):

Según Hernández et al. (2016) , determinan que este índice es establecido para calcular los cambios de calidad del agua a lo largo del tiempo en diferentes tramos de ríos, utilizando 9 parámetros: pH, variación de la temperatura, DBO, coliformes fecales, turbidez, sólidos totales disueltos y oxígeno disuelto, nitratos, fosfatos. Los resultados obtenidos a través de este índice, determina si un tramo de un río es saludable o no.

### 6.4 Índices de diversidad biológica.

#### 6.4.1 Índice de Shannon -Wiener

Uno de los índices más utilizados para cuantificar la biodiversidad específica es el de Shannon, también conocido como Shannon-Weaver, derivado de la teoría de información como una medida de la entropía. El índice refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa. Conceptualmente es

una medida del grado de incertidumbre asociada a la selección aleatoria de un individuo en la comunidad. Esto es, si una comunidad de  $S$  especies es muy homogénea, por ejemplo, porque existe una especie claramente dominante y las restantes  $S-1$  especies apenas presentes, el grado de incertidumbre será más bajo que si todas las  $S$  especies fueran igualmente abundantes. O sea, al tomar al azar un individuo, en el primer caso tendremos un grado de certeza mayor (menos incertidumbre, producto de una menor entropía) que en el segundo; porque mientras en el primer caso la probabilidad de que pertenezca a la especie dominante será cercana a 1, mayor que para cualquier otra especie, en el segundo la probabilidad será la misma para cualquier especie (Pla, 2006).

#### 6.4.2 Índice de Simpson

Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Moreno, 2001).

## VII. METODOLOGÍA

### 7.1. Lugar de estudio:

La investigación se desarrollará en el río Neshuya, Departamento de Ucayali, con latitud  $8^{\circ}34'57''$  S, longitud  $74^{\circ}51'58''$  W, altitud 206 msnm (SENAMHI, 2019).

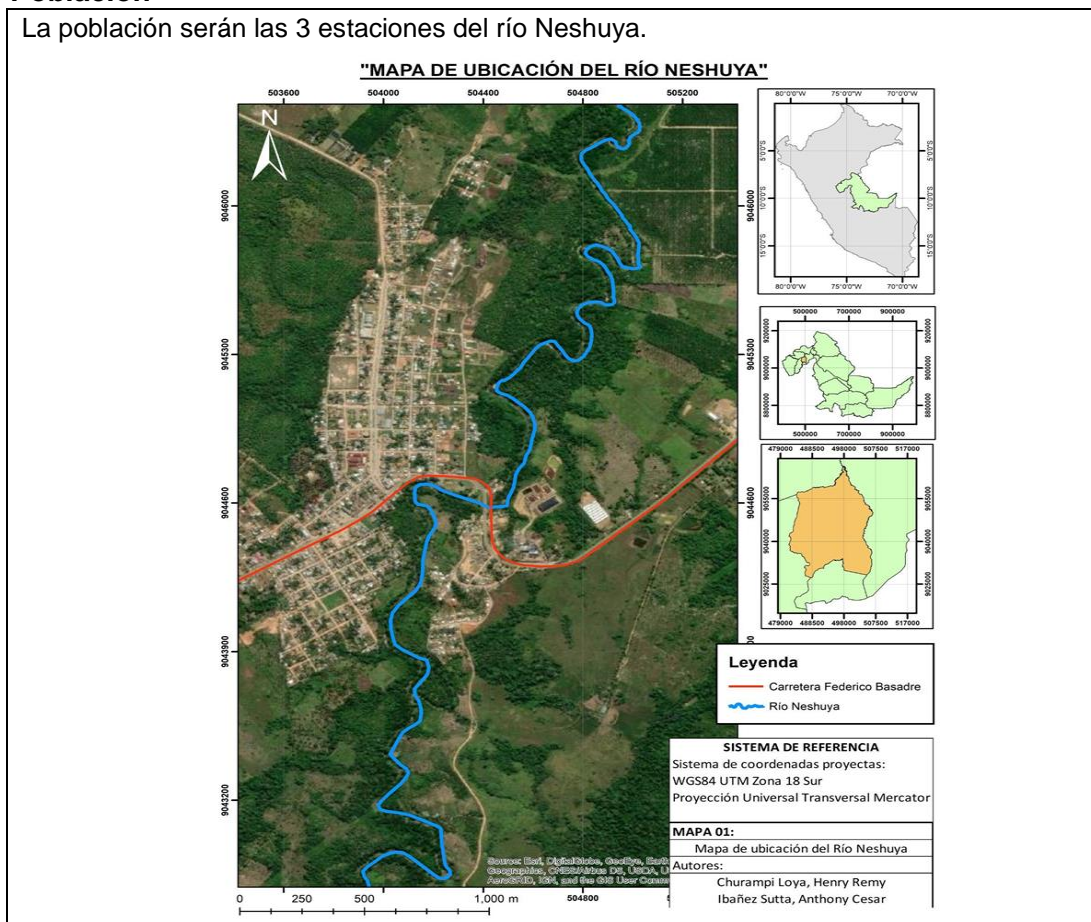
El Río Neshuya es uno de los principales ríos de que conforman la cuenca hidrográfica de la provincia de Padre Abad, presentan tres períodos hidrológicos: creciente, entre febrero y abril; mediante vaciante entre los meses de mayo y junio; entre junio y septiembre y media creciente que ocurre entre los meses de octubre y enero (ANA, 2020).

El ANA otorga la Categoría 4 E2: Conservación del cuerpo acuático – Ríos, de acuerdo a la Resolución Jefatural N° 056-2018-ANA, el cual aprueba la Clasificación de los cuerpos de Agua Continentales Superficiales.

### 7.2. Población y tamaño de muestra

#### Población

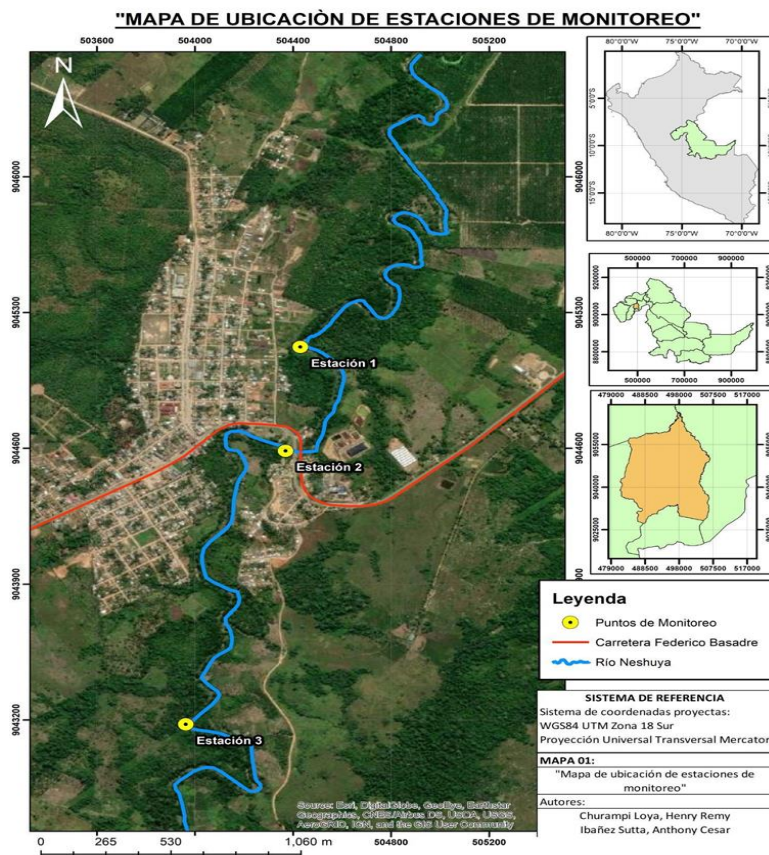
La población serán las 3 estaciones del río Neshuya.





## Muestra

Mediante un muestreo no probabilístico, se seleccionaron tres estaciones en la que se realizará la toma 09 muestras de bioindicadores (macroinvertebrados) y 09 muestras de agua.



### 7.3. Descripción detallada de los métodos, uso de materiales, equipos o insumos.

#### a) Diseño de muestreo

Se seleccionarán 03 estaciones, considerando los siguientes criterios:

Estación 1: Distancia apropiada de los desagües de las plantas de procesamiento de aceites, acceso fácil y seguro.

Estación 2: Distancia apropiada de los desagües del centro urbano, acceso fácil y seguro.

Estación 3: Distancia apropiada de zonas agrícolas, acceso fácil y seguro

Estos criterios propuestos se tomarán por conveniencia de acuerdo al ámbito del lugar del estudio, representada por una muestra no probabilística.

Previo al muestreo se rellenarán fichas de datos de campo (ver Anexo 2 al 6) donde se registren las condiciones e información relevante para el estudio.

#### **Colecta de Macroinvertebrados:**

La colecta se realizará durante todo un día en tres horarios distintos:

- Mañana: 06:00 a.m.
- Tarde: 12:00 p.m.
- Atardecer: 05:00 p.m.

La colecta consiste en capturar Macroinvertebrados empleando instrumentos especializados (redes o dragas, pinzas entomológicas y otros), limpiar y almacenar en envases que contengan una solución conservante (alcohol y formol). Se realizará la toma de muestras tres veces en cada estación, cada toma de muestra se realizará un mes después de la última toma de muestras para cada estación con el objetivo de dar el tiempo necesario para la repoblación de la comunidad de Macroinvertebrados.

El muestreo por estación se realizará con 3 repeticiones para obtener datos comparables y confiables.

### Muestreo de Agua:

Se tomarán muestras de agua para el análisis fisicoquímico y microbiológico se realizará siguiendo lineamientos para asegurar la representatividad de la muestra. La toma de muestra de agua se realizará antes de la 08:00 a.m. y será enviado en avión a un laboratorio de lima, el cual se encuentra acreditado. No será posible que realicemos personalmente el análisis fisicoquímico y microbiológico debido a que no se cuenta con los reactivos e instrumentos necesarios en los laboratorios de nuestra Universidad. El muestreo por estación se realizará con 3 repeticiones para obtener datos comparables y confiables.

### b) Descripción detallada del uso de materiales, equipos, insumos, entre otros.

Para el cálculo del índice BMW-P-Col se acudirá a las estaciones de muestreo con los equipos de protección necesarios (guantes, botas, trajes para agua), donde se tomarán las coordenadas de ubicación con el GPS, se tomarán parámetros del agua con el multiparametro y se procederá con la colecta empleando instrumentos que se desenvuelven mejor en el sitio como la red D-net o Red de pantalla, con la ayuda de una bandeja blanca y pinzas entomológicas se procede a recolectar los macroinvertebrados encontrados en los instrumentos mencionados, asimismo se etiquetará. Posteriormente serán colocadas en frascos que contienen alcohol al 70% y formol para su conservación hasta el laboratorio de Microbiología y Parasitología de la Universidad Nacional de Ucayali donde se identificará empleando la guía de identificación de Macroinvertebrados y un estereoscopio.

Para el cálculo del índice NSF se acudirá a las estaciones donde se tomarán datos de caudal, velocidad y temperatura. Para la evaluación de muestras de aguas tomadas en las estaciones, se tendrá en cuenta que las muestras recolectadas se conservarán a temperatura de 4° C°, en cajas térmicas (Coolers) y luego serán enviadas al laboratorio acreditado, para sus análisis dentro de las 24 horas.

### c) Descripción de variables a ser analizados en el objetivo específico

Para determinar la calidad de agua mediante los Índices BMW-P-Col y NSF, se determinó las siguientes variables de acuerdo al objetivo específicos:

- La variable de macroinvertebrados, con su determinación se podrá evaluar la calidad del agua, mediante la identificación de familias de estas comunidades de organismos.
- La variable de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, con su determinación no darán una información de la naturaleza químicas del agua y de sus propiedades físicas, en la cual consistirá en determinar los parámetros requeridos por el estudio, de esa manera se tendrá la calidad del agua.

#### Tabla de variables en estudio

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>Variables independientes:</b>			
Bioindicadores (Macroinvertebrados)	Comunidad de organismos macroinvertebrados recolectados en los puntos de muestreo en el río Neshuya.	- Buena - Aceptable - Dudosa - Crítica - Muy Crítica	- Familias de Macroinvertebrados
Parámetros fisicoquímicos/microbiológicos	Parámetros fisicoquímicos/microbiológicos de interés en la determinación de la calidad del agua según el índice NSF.	- Excelente - Buena - Regular - Mala - Pésima	- Oxígeno Disuelto - Ph - DBO - Cambio de T° - Fosfatos Totales - Nitratos - Turbidez - Sólidos Totales - Coliformes fecales
<b>Variable dependiente:</b>			
Calidad de agua del río Neshuya	Estado del agua determinado por los componentes fisicoquímicos/microbiológicos y la comunidad de macroinvertebrados que habitan en el río Neshuya.		-Valor del Índice - BMW-P-Col - Valor del Índice NSF - Valor del Índice de diversidad y abundancia

**d) Aplicación de prueba estadística inferencial.**

Para determinar la calidad de agua, mediante el método biológico se aplicará la fórmula del:

Índice BMWP-Col. Determinado de acuerdo a la descripción metodológica del autor Roldán (2012).

$$IBMWP/Col = \sum_{i=1}^n VF_{mc}$$

Donde:

IBMWP/col = Índice de calidad de agua (un número entre 0 - <150)

VF<sub>mc</sub> = Valor determinado según familias de macroinvertebrados

Asimismo, para determinar la calidad de agua, mediante el método fisicoquímico y microbiológico se aplicará la fórmula del:

Índice NSF. Determinado por Brown et al., (1970)

$$WQ\ NSF = \sum_{i=1}^9 W_i \times Q_i$$

Donde:

WQI NSF = Índice de calidad de agua (un número entre 0 - 100)

W<sub>i</sub> = peso relativo del parámetro i (un número entre 0 - 1)

Q<sub>i</sub> = subíndice del parámetro i (un número entre 0 - 100)

Para determinar la diversidad y abundancia se aplicará las siguientes formulas:

Índice de Shannon-Wiener. Determinado por Moreno (2001).

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

Donde:

p<sub>i</sub> = abundancia proporcional de la especie i, calculada como el peso seco de la especie, dividido, a su vez, por el peso seco total en la muestra.

Índice de Simpson. (Moreno, 2001).

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Donde:

p<sub>i</sub> = abundancia proporcional de la especie i, es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Para determinar la relación que existe entre los resultados del método biológico y método fisicoquímico - microbiológico, se aplicara el modelo matemático de regresión múltiple:

Índice de regresión múltiple.

$$Y = B_0 + B_i X_i + \varepsilon$$

Donde:

Y : Biodiversidad  
B : Constante  
X : Parámetros fisicoquímicos  
ε : Error

#### 7.4. Tabla de recolección de datos por objetivos específicos.

En el presente estudio se determinará la calidad del agua del Río Neshuya mediante el Índice BMWP-Col (Método Biológico) y el Índice NSF (Método Fisicoquímico y Microbiológico). En campo, al dirigirse a cada punto de monitoreo para la colecta de macroinvertebrados y toma de muestras de agua, se desarrollará una ficha de registro de identificación de punto (Anexo 02). Asimismo se contará con una ficha de registro de datos fisicoquímicos y microbiológicos (Anexo 03) y también con una ficha de registro de datos biológicos (Anexo 04) para su desarrollo, que serán complementos para el desarrollo de los índices mencionados. Posteriormente en laboratorio de Microbiología y Parasitología de la Universidad Nacional de Ucayali al obtener los resultados de la toma de muestras de agua enviadas al laboratorio acreditado se desarrollará la ficha de registros de resultados de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos (Anexo 05), para determinar la calidad de agua mediante el Índice NSF. De la misma forma en el laboratorio de Microbiología y Parasitología se realizará la identificación de macroinvertebrados colectados para poder desarrollar la ficha de registro de familias colectadas de macroinvertebrados (Anexo 06) y así determinar la calidad de agua mediante el Índice BMWP-Col.

### VIII. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividades	Año 2022					Año 2023					
	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J
Elaboración del proyecto	X	X									
Revisión bibliográfica	X	X									
Reconocimiento de zona a realizar el proyecto			X								
Preparación de las técnicas e instrumentos				X							
Recolección de muestras					X	X	X				
Procesamiento de los datos								X			
Análisis e interpretación de los resultados									X		
Elaboración del informe final										X	
Sustentación											X



## VII. PRESUPUESTO

Descripción	Unidad de medida	Costo Unit. (S/.)	Cantidad	Costo Total. (S/.)
<b>1. Colecta</b>				
GPS	Und.	600	1	600
Trajes para agua	Und.	80	1	80
Red de muestreo Surber	Und.	150	1	150
Red de muestreo D-net	Und.	150	1	150
Red de muestreo Red Pantalla	Und.	160	1	160
Bandeja blanca (20 x 30 cm)	Und.	30	2	60
Pinzas entomológicas	Und.	30	2	60
Frascos de plástico con tapón hermético de 1/4 de litro	Und.	50	4	200
Viales de plástico o vidrio	Und.	5	300	1500
Bolígrafo o rotulador permanente (para etiquetar las muestras)	Und.	5	6	30
Etiquetas de papel vegetal	Und.	2	300	600
Lapiz	Und.	1	6	6
Tijeras	Und.	4	6	24
Cinta aislante	Und.	6	6	36
Tablero	Und.	5	4	20
Cámara digital	Und.	500	1	500
Alcohol 70 %	Lts.	15	6	90
Multiparametro	Und.	400	1	400
Hojas de campo y cartografía.	Und.	5	1	5
<b>2. Identificación y análisis de las muestras biológicas</b>				
Equipos de protección personal (guantes, mascarilla, gafas)	Jgo.	10	50	500
Lavatorio	Und.	100	1	100
Bandejas blancas de plástico (30 x 20 cm)	Und.	30	5	150
Tamices de 5 mm, 1 mm y 0,5 mm	Jgo.	250	1	250
Placas Petri	Und.	6	6	36
Rotulador resistente al agua	Und.	5	6	30
Etiquetas	Und.	2	20	40
Formulario previamente preparado para anotar la identificación y recuentos	Und.	15	1	15
Guía de identificación: adecuada al ámbito de estudio	Und.	10	1	10
<b>3. Análisis de muestras fisicoquímicas y microbiológicas</b>				
Análisis de laboratorio acreditado	Glb	400	9	3600
Total				9402

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Alba Tercedor, J. (1996). *MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y CALIDAD DE LAS AGUAS DE LOS RÍOS*. 1. 12.  
[https://www.researchgate.net/publication/237225203\\_Macroinvertebrados\\_acuaticos\\_y\\_calidad\\_de\\_las\\_aguas\\_de\\_los\\_rios/link/540588d90cf23d9765a6fcd7/download](https://www.researchgate.net/publication/237225203_Macroinvertebrados_acuaticos_y_calidad_de_las_aguas_de_los_rios/link/540588d90cf23d9765a6fcd7/download)
- Alvarez-Arango, L. F. (2005). Metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. En *Instname: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt* [Technical Report]. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/31357>
- ANA. (2016). Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales. <https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/209/ANA0000025.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ANA. (2020). *Ficha técnica referencial de identificación de punto crítico, defensa ribereña, de la margen izquierda del río Neshuya* (Biblioteca SIGRID). <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/9434>
- Arana-Maestre, J., Álvarez-Tolentino, D., Miranda, R., Tobes, I., Araujo-Flores, J., Carrasco-Badajoz, C., & Rayme-Chalco, C. (2021). Distribución altitudinal de macroinvertebrados acuáticos y su relación con las variables ambientales en un sistema fluvial amazónico (Perú). *Revista de la Academia*



*Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 45(177), 1097-1112.  
<https://doi.org/10.18257/raccefyn.1436>

Araujo I, R., Deza A, N., & Bopp V, G. (2018). Evaluación Rápida con Bioindicadores Bénticos de la Calidad Ambiental del Río Jadibamba (Cajamarca-Perú). *REBIOL*, 38(1), 17-29.  
<https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/facccbiol/article/view/2146/2033>

Brown, R. M., McClelland, N. I., Deininger, R. A., & Tozer, R. G. (1970). A water quality index-do we dare. *Water and sewage works*, 117(10). [https://www.researchgate.net/profile/Paul-Hernandez-Romero/post/Brown\\_et\\_al\\_1970A\\_Water\\_Quality\\_Index\\_Do\\_We\\_Dare/attachment/5c74aa66cfe4a781a5834c0c/AS%3A730388808880129%401551149670060/download/A-Water-Quality-Index-Do-we-dare-BROWN-R-M-1970.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Paul-Hernandez-Romero/post/Brown_et_al_1970A_Water_Quality_Index_Do_We_Dare/attachment/5c74aa66cfe4a781a5834c0c/AS%3A730388808880129%401551149670060/download/A-Water-Quality-Index-Do-we-dare-BROWN-R-M-1970.pdf)

Carrera Reyes, C., & Fierro Peralbo, K. (Eds.). (2001). *Manual de monitoreo los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua* (1. ed). EcoCiencia.  
<https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=56374>

Castillo, A. R., Rodríguez, J. R., & Vidal, G. M. B. (2021). MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS INDICADORES DE CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA DE LAGUNAS ALTOANDINAS, LA LIBERTAD-PERÚ. *REBIOL*, 41(1), 91-101.  
<https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/facccbiol/article/view/3609/4285>

Corro, J. L. P., Tisnado, G. M. M., Alfaro, S. M. V., Guevara, D. B. R., Picon, H. F. C., Casas, R. J. L., & Cotrina, B. R. T. (2022). CALIDAD DE AGUA USANDO MACROINVERTEBRADOS EN EL RÍO TEMPORAL LLANTÉN, SIMBAL, LA LIBERTAD-PERÚ. *REBIOL*, 42(1), 50-59.  
<https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/facccbiol/article/view/4614/4978>

Diersing, N. (Mayo de 2009). Water quality: Frequently asked questions Florida Keys National Marine Sanctuary.  
<https://nmsfloridakeys.blob.core.windows.net/floridakeysprod/media/archive/scisummaries/wqfaq.pdf>

Durán Bautista, E. H., Rodríguez Suárez, L., & Suárez Salazar, J. C. (2018). Relación entre macroinvertebrados y propiedades del suelo bajo diferentes arreglos agroforestales en la Amazonía-Andina, Caquetá, Colombia. *Acta Agronómica*, 67(3), 395-401.  
<https://doi.org/10.15446/acag.v67n3.67266>

Espinosa Romero, A. P., Molina Bolívar, G., & Díaz Chávez, L. (2020). Salud ambiental del río ranchería a través de macroinvertebrados acuáticos en el área de influencia del complejo carbonífero el cerrejón. *Tecnura*, 24(65), 49-63. <https://doi.org/10.14483/22487638.15773>

Ferreira, V. M. B., Paiva, N. de O., Soares, B. E., & Moraes, M. (2021). Diversity and microhabitat use of benthic invertebrates in an urban forest stream (Southeastern Brazil). *Iheringia. Série Zoológica*, 111. <https://doi.org/10.1590/1678-4766e2021020>

Galeano-Rendón, E., & Mancera-Rodríguez, N. J. (2018). Efectos de la deforestación sobre la diversidad y la estructura del ensamblaje de macroinvertebrados en cuatro quebradas Andinas en Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 66(4). <https://doi.org/10.15517/rbt.v66i4.31397>

Giraldo, Lina Paola, Ramírez, Y. P., Zuñiga, Maria del Carmen, Ramos, Blanca Cecilia, & Chará, Julian. (2018). Influencia de la ganadería en la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en microcuencas de los Andes centrales de Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 66(3), 1244. <https://doi.org/10.15517/rbt.v66i3.30316>

Hernández González, F. M., Nolasco Tovar, E. D., & Salguero Sandoval, M. E. (2016). "DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA NSF Y MODELACIÓN DEL CROMO HEXAVALENTE EN LA PARTE ALTA DEL RÍO SUQUIAPA, SANTA ANA, EL SALVADOR". <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/11070/1/Determinaci%C3%B3n%20del%20%C3%ADndice%20de%20calidad%20del%20agua%20NSF%20y%20modelaci%C3%B3n%20del%20Cromo%20Hexavalente%20en%20la%20parte%20alta%20del%20r%C3%ADo%20Suquiapa%2C%20Santa%20Ana%2C%20El%20Salvador.pdf>

Jiménez J, M. A., & Vélez O, M. V. (2006). ANÁLISIS COMPARATIVO DE INDICADORES DE LA CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL. *Avances en Recursos Hidráulicos*, 14, Article 14. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/arh/article/view/9331>

- López Mendoza, S., Huertas Pineda, D. F., Jaramillo Londoño, Á. M., Calderón Rivera, D. S., & Díaz Arévalo, J. L. (2019). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua del río Teusacá (Cundinamarca, Colombia). *Ingeniería y Desarrollo*, 37(02), 269-288. <https://doi.org/10.14482/inde.37.2.6281>
- Machado, V., Granda, R., & Endara, A. (2018). Análisis de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos para evaluar la calidad del agua del río Sardinas, Chocó Andino ecuatoriano. *Enfoque UTE*, 9(4), 154-167. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n4.369>
- MINAM. (2017). ESDA - Estudio de Desempeño Ambiental (2003-2013). <https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/56789>
- Montoya Moreno, Y., & Escobar Gutiérrez, A. F. (2019). Los macroinvertebrados acuáticos y la calidad biológica del agua en una quebrada andina, Antioquia-Colombia. *Revista Politécnica*, 15(29), 65-81. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v15n29a6>
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp. <http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>
- Oñate Barraza, H. C., & Cortéz Henao, G. Y. (2020). Estado del agua del río Cesar por vertimientos residuales de la ciudad de Valledupar. Bioindicación por índice BMWP/Col. *Tecnura*, 24(65), 39-48. <https://doi.org/10.14483/22487638.15766>
- Oscanoa, C. A. L., Torres, J. A. P., & Changana, P. J. R. (2022). Análisis crítico del uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad del agua en el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. *Revista Kawsaypacha: sociedad y medio ambiente*, 9, 140-153. <https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.202201.007>
- Pascual, G., Iannacone, J., & Alvaríño, L. (2019). Macroinvertebrados bentónicos y ensayos toxicológicos para evaluar la calidad del agua y del sedimento del río Rímac, Lima, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(4), 1421-1442. <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i4.17164>
- Pérez, J. H., Martínez-Romero, L. C., Castellanos-Guerrero, L. T., Mora-Parada, A. R., & Rocha-Gil, Z. E. (2020). Macroinvertebrados bioindicadores de calidad de agua en sistemas hídricos artificiales del Departamento de Boyacá, Colombia. *Producción + Limpia*, 15(1), 35-48. <https://doi.org/10.22507/pml.v15n1a3>
- Pla, L. (2006). Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia*, 31(8), 583-590. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442006000800008&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006000800008&lng=es&tlng=es)
- Roldán Pérez, G. (2012). *Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua*. <https://sie.car.gov.co/handle/20.500.11786/37633>
- SENAMHI. (Setiembre de 2019). Datos Hidrometeorológicos a nivel nacional. <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>
- Sierra Ramírez, C. A. (2011). *Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico* (1a ed). Ediciones de la U. [https://www.academia.edu/9511155/Calidad\\_del\\_agua\\_evaluaci%C3%B3n\\_y\\_diagn%C3%B3stico](https://www.academia.edu/9511155/Calidad_del_agua_evaluaci%C3%B3n_y_diagn%C3%B3stico)
- Silva, Y. M., Alvarez, M. Ñ., & Bacilio, J. G. (2021). CALIDAD DE AGUA DEL RÍO TRES DE MAYO EN EL PARQUE NACIONAL TINGO MARÍA, SEGÚN LOS ÍNDICES H', BMWP/Col. Y NSF. *REBIOL*, 41(1), 3-15. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/facccbiol/article/view/3613/4294>
- Tisnado, G. M., Tafur, C. M., Polo-Corro, J. L., & Revilla, M. H. (2020). CALIDAD DEL AGUA SEGÚN LOS MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS Y PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS EN LA CUENCA DEL RÍO HUACAMARCANGA (LA LIBERTAD, PERÚ). *REBIOL*, 40(1), 85-98. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/facccbiol/article/view/2999/3327>
- Trama, F. A., Salcedo Gustavson, S. A., Demarcy, L., Erbure Cardozo, L., Jara Palomino, B. A., Muñoz Ccuro, F. E., Rios Alvarado, J. R., & Rizo Patrón Viale, F. L. S. (2020). Índices de calidad de hábitat y macroinvertebrados en siete Cuencas del Parque Nacional Yanachaga Chemillén y su Zona de Amortiguamiento: Conservación y manejo del bosque ribereño en el Perú. *Revista Peruana de Biología*, 27(2), 149-168. <https://doi.org/10.15381/rpb.v27i2.16730>



## IX. ANEXO

### Anexo 01. Matriz de consistencia.

**Título: “Evaluación de la calidad del agua mediante Bioindicadores que emplean Macroinvertebrados (Índice BMWP-Col) y Análisis fisicoquímicos-microbiológicos (Índice NSF) en el Río Neshuya, departamento Ucayali, Perú.”**

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES Y DIMENSIONES	INDICADORES	DISEÑO	MÉTODOS Y TÉCNICAS	POBLACIÓN Y MUESTRA
<p><b>GENERAL</b> ¿Cuál es la relación de la calidad del agua mediante bioindicadores que emplean macroinvertebrados (Índice BMWP-Col) y análisis fisicoquímicos / microbiológicos (Índice NSF) en el Río Neshuya, departamento Ucayali, Perú?</p> <p><b>ESPECÍFICOS</b> ¿Cuál es la calidad del agua del Río Neshuya según el Índice BMWP-Col empleando macroinvertebrados como bioindicadores?</p> <p>¿Cuál es la calidad del agua del Río Neshuya según análisis fisicoquímicos - microbiológicos (Índice NSF)?</p> <p>¿Cuál es la diversidad y abundancia de macroinvertebrados en el Río Neshuya?</p> <p>¿Cuál es la relación entre la abundancia de familias de macroinvertebrados y parámetros fisicoquímicos / microbiológicos al evaluar la calidad del agua del Río Neshuya?</p> <p>¿Qué características taxonómicas tienen los macroinvertebrados recolectados en el Río Neshuya?</p>	<p><b>GENERAL</b> Evaluar la calidad del agua mediante bioindicadores que emplean macroinvertebrados (Índice BMWP-Col) y análisis fisicoquímicos / microbiológicos (Índice NSF) en el Río Neshuya, departamento Ucayali, Perú.</p> <p><b>ESPECÍFICOS</b> Determinar la calidad del agua del Río Neshuya según el Índice BMWP-Col empleando macroinvertebrados como bioindicadores</p> <p>Determinar la calidad del agua del Río Neshuya mediante análisis fisicoquímicos / microbiológicos (Índice NSF)</p> <p>Calcular la diversidad y abundancia de macroinvertebrados en el Río Neshuya</p> <p>Determinar la relación entre la abundancia de familias de macroinvertebrados y parámetros fisicoquímicos / microbiológicos al evaluar la calidad del agua del Río Neshuya.</p> <p>Describir la taxonomía de los macroinvertebrados recolectados en el Río Neshuya,</p>	<p><b>GENERAL (Hi)</b> La calidad del agua mediante bioindicadores que emplean macroinvertebrados (Índice BMWP-Col) es igual al emplear análisis Fisicoquímicos / microbiológicos (Índice NSF) en el Río Neshuya, departamento Ucayali, Perú.</p> <p><b>NULA (H0)</b> La calidad del agua mediante bioindicadores que emplean macroinvertebrados (Índice BMWP-Col) no es igual al emplear análisis Fisicoquímicos / microbiológicos (Índice NSF) en el Río Neshuya, departamento Ucayali, Perú.</p> <p><b>ESPECÍFICOS</b> La calidad del agua del Río Neshuya, según el índice BMWP-Col es crítica.</p> <p>La calidad del agua del Río Neshuya, según el índice NSF es mala.</p> <p>La diversidad y abundancia de macroinvertebrados en el Río Neshuya es alta.</p> <p>La abundancia de determinadas familias de macroinvertebrados está directamente relacionada con la concentración de determinados parámetros fisicoquímicos / microbiológicos al evaluar la calidad del agua del Río Neshuya.</p>	<p><b>INDEPENDIENTE (X)</b> -Bioindicadores (Macroinvertebrados)</p> <p><b>DIMENSIONES</b> -Buena -Aceptable -Dudosa -Crítica -Muy crítica</p> <p>-Parámetros fisicoquímicos / microbiológicos.</p> <p><b>DIMENSIONES</b> -Excelente -Buena -Regular -Mala -Pésima</p> <p><b>DEPENDIENTE (Y)</b> Calidad de agua del río Neshuya</p>	<p><b>Macroinvertebrados a nivel Familia.</b></p> <p>Resultados de parámetros fisicoquímicos/ microbiológicos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Oxígeno Disuelto</li> <li>- pH</li> <li>- DBO</li> <li>- Cambio de T°</li> <li>- Fosfatos Totales</li> <li>- Nitratos</li> <li>- Turbidez</li> <li>- Sólidos totales</li> <li>- Coliformes fecales</li> </ul> <p>Valor del Índice BMWP-Col.</p> <p>Valor del Índice NSF</p> <p>Valor del Índice de diversidad y abundancia</p>	<p>No experimental</p> <p>Correlacional</p>	<p><b>MÉTODOS</b> -Comparativo -Inferencial</p> <p><b>TÉCNICAS</b> <b>1. De muestreo</b> -Estadística</p> <p><b>2. De recolección de datos</b> -Fichas de campo</p> <p><b>3. De procedimiento</b> -Porcentajes -Estadígrafos</p>	<p><b>POBLACIÓN</b> 03 Estaciones en el Río Neshuya</p> <p><b>MUESTRA</b> 09 muestras de bioindicadores (macroinvertebrados)</p> <p>09 muestras de agua</p> <p><b>TIPO DE MUESTRA</b> No probabilístico</p>





1034  
1035

## Anexo 02. Ficha de registro de identificación del punto de monitoreo (Campo).



### Ficha 01: Registro de Identificación del Punto de Monitoreo (Campo)



Nombre del cuerpo de agua:

Clasificación del cuerpo de agua:   
(Categorizado de acuerdo a la R.J. N° 056-2018-ANA)

Nombre de la cuenca:

#### IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO

Código del punto de monitoreo:   
(Según lo indicado en ítem 6.5.4 del Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales)

Descripción:  
(Origen / Ubicación)

Accesibilidad:   
(Describir detalladamente la vía de acceso, para que otras personas puedan encontrar fácilmente el punto de monitoreo)

Representatividad:   
(Describir el tramo de río que el punto de monitoreo representa)

Reconocimiento del Entorno:   
(Indicar referencias topográficas que permiten el fácil reconocimiento del punto en campo)

#### UBICACIÓN

Distrito:  Provincia:  Departamento:

Localidad:

Coordenadas (WGS84): Sistema de coordenadas: UTM

Norte:  Zona:

Este:  Altitud:  m.s.n.m.

Croquis de Ubicación del Punto de Monitoreo  
(referencia)

Fotografía:  
(tomada a un mínimo de 20 mts. De distancia del punto de monitoreo)

Fecha:

1036  
1037

### Anexo 03. Ficha de registro de datos fisicoquímicos y microbiológicos (Campo).



#### Ficha 02: Registro de datos Fisicoquímicos y Microbiológicos (Campo)



CUENCA: \_\_\_\_\_ HORA: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_ ALTURA: \_\_\_\_\_

DISTRITO: \_\_\_\_\_ DEPARTAMENTO: \_\_\_\_\_

LOCALIDAD: \_\_\_\_\_ PROVINCIA: \_\_\_\_\_

Punto de monitoreo	Descripción origen/ubicación	Coordenadas <sup>1</sup>		pH	T (°C)		OD mg/L	COND µS/cm	Caudal m <sup>3</sup> /s	Observaciones <sup>2</sup>
		Norte	Este		Agua	Aire				
RNESH ____										
RNESH ____										
RNESH ____										

<sup>1</sup>Las coordenadas del punto de control deberán ser expresadas en sistema UTM en estándar geodésico WGS84

<sup>2</sup>Las observaciones en campo se refieren, entre otros, a características atípicas tales como coloración anormal del agua, abundancia de algas o vegetación acuática, presencia de residuos, actividades humanas, presencia de animales y otros factores que modifiquen características naturales del cuerpo de agua.



1038  
1039

## Anexo 04. Ficha de registro de datos biológicos (Campo).



### Ficha 03 : Registro de datos Biológicos (Campo)



Código estación:

Fecha:

Hora

Coordenadas y Altitud:

Vegetación acuática:

SI

NO

Tipo de Sustrato:

Sustrato Duro



Sustrato Duro No Removible

Sustrato Blando

Sustrato Superficial

Comentarios:

1040  
1041  
1042**Anexo 05. Ficha de registro de resultados parámetros fisicoquímicos y microbiológicos (Laboratorio).**

<div><div>UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL</div></div>		
<b>Ficha 04 : Registro de resultados de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos (Laboratorio)</b>		Imagen referencial
Codigo de punto de monitoreo: .....		
Hora de muestreo: .....		
Fecha de muestreo: .....		Fecha de análisis: .....
Observaciones: .....		
Parámetros	Resultados	Unidad de medida
<b>Fisicoquimicos</b>		
Oxígeno Disuelto		% Saturación
Demanda Bioquímica de Oxígeno		mg/l
Nitratos		mg/l
pH		Unidad de pH
Cambio de temperatura		°C
Solidos totales		mg/l
Fosfatos		mg/l
Turbiedad		mg/l
<b>Microbiologico</b>		
Coliformes Fecales		NMP/ 100MI
<b>WQI NSF</b>		<b>Puntuación de calidad</b>
Determinación de calidad NSF: .....		





1043  
1044  
1045

**Anexo 06. Ficha de registro de familias colectadas de macroinvertebrados (Laboratorio).**

<div><div>UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL</div></div>		
<b>Ficha 05: Registro de familias colectadas de macroinvertebrados (Laboratorio)</b>		<div>Imagen referencial</div>
<b>Codigo de punto de monitoreo:</b> .....		
<b>Hora de colecta:</b> .....		
<b>Fecha de colecta:</b> .....		<b>Fecha de análisis:</b> .....
<b>Observaciones:</b> .....		
Ítem	Familia	Puntos de valor BMWP-Col
<b>Puntuación total</b>		
<b>Determinación de calidad BMWP-Col :</b> .....		