

**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ**

**EXTENSIÓN PEDERNALES**

**FACULTAD DE BIOLOGÍA**

**Carrera Biología**



**Uleam**  
UNIVERSIDAD LAICA  
ELOY ALFARO DE MANABÍ

**PROYECTO DE TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN  
DEL TÍTULO DE BIÓLOGO**

**TITULO**

Evaluación de la calidad del agua mediante macroinvertebrados  
acuáticos en el río “Tachina” Pedernales- Manabí- 2024

**AUTOR (A)**

Michel Nicol Vera Torres.

**TUTOR (A)**

Ing. Cristhian Geovanny Figueroa Macías

**PEDERNALES – MANABÍ – ECUADOR**

**2024**

## CERTIFICACIÓN DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

El tribunal evaluador

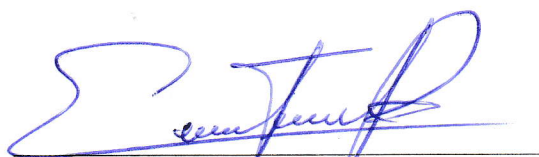
Certifica:

Que el trabajo de fin de carrera modalidad Proyecto de Investigación titulado: Evaluación de la calidad del agua mediante macroinvertebrados acuáticos en el río "Tachina" Pedernales-Manabí, realizado y concluido por la Srta. Vera Torres Michel Nicol, ha sido revisado y evaluado por los miembros del tribunal.

El trabajo de fin de carrera antes mencionado cumple con los requisitos académicos, científicos y formales suficientes para ser aprobado.

Pedernales, 30 de enero del 2024

Para dar testimonio y autenticidad firman:



Dr. Derli Álava Rosado  
Decano de la Extensión Pedernales  
PRESIDENTE DE TRIBUNAL



Blg. Edison Falcones Molina  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Dr. Henry Intriago Mendoza  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En calidad de docente tutor de la Extensión Pedernales de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

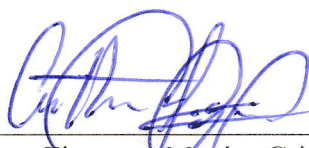
Haber dirigido y revisado el trabajo de investigación, bajo la autoría de la estudiante Vera Torres Michel Nicol, legalmente matriculada en la carrera de Biología, período académico 2024- 1- 2025, cumpliendo el total de 400 horas, bajo la opción de titulación de trabajo de investigación, cuyo tema del proyecto es Evaluación de la calidad del agua mediante macroinvertebrados acuáticos en el río “Tachina” Pedernales- Manabí.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Pedernales, 30 de enero del 2025

**Lo certifico,**



---

Ing. Figueroa Macías Cristhian  
**Docente Tutor**

**DERECHOS DE AUTORÍA**

Yo, Vera Torres Michel Nicol, con cédula de identidad No: 305016613-5, declaro que el presente trabajo de titulación “Evaluación de la calidad del agua mediante macroinvertebrados acuáticos en el río “Tachina” Pedernales- Manabí” ha sido desarrollada considerando los métodos de investigación existente y respetando los derechos intelectuales de terceros considerados en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que las ideas y contenidos expuestos en el presente trabajo son de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación antes mencionada.

Pedernales, 30 de enero de 2025



---

**Vera Torres Michel Nicol**

**C.I: 305016613-5**

## DEDICATORIA

Primero que todo quiero agradecerles a Dios por ser mi fortaleza y guía durante todo mi proceso universitario. Quiero dedicarle este logro al ser más especial a mi hijo Dereck Mario, que es mi pilar fundamental en mi vida, que con esfuerzo y dedicación he llegado como meta a finalizar mi tesis, agradecer también a mi hermosa madre quien ha sido el mejor ejemplo de mujer trabajadora que he conocido, gracias por su esfuerzo y apoyo incondicional, el cual me ha permitido llegar a este momento tan importante en mi vida.

Quiero agradecerle a mi padre por su apoyo y esfuerzo que ha realizado para ayudarme en este proceso, a mis queridos hermanos, por ser un pilar fundamental de mi vida, por su esfuerzo y apoyo, por estar en cada momento de mi vida.

También quiero extender mi agradecimiento a todos mis docentes en lo que viene a ser mi carrera universitaria, por su ayuda y apoyo incondicional. Quiero agradecer a una persona muy especial que es mi esposo Mario, que siempre ha estado para mí en todo momento sean buenos o malos, impulsando a acabar mi tesis pasando noches de desvelada juntos siempre acompañándome, dándome esa energía y fortaleza para impulsar a llegarlo a finalizar, quien me ha dado sus ánimos, estabilidad, me ha prestado su oído y sus hombros para llorar y reír, gracias por darme esa paz y fortaleza para seguir adelante, te amo con toda mi ser y mi alma.

Con todo mi amor y gratitud

*Michel Vera Torres.*

## AGRADECIMIENTO

Me complace presentar esta tesis como un testimonio de mi esfuerzo y dedicación para completar mi carrera. Han sido años de aprendizaje, retos y oportunidades que han forjado mi crecimiento personal y profesional. En este sentido, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a las personas e instituciones que me brindaron su apoyo y confianza en esta etapa. En primer lugar, quiero agradecer a mi familia por su amor incondicional y apoyo en todo momento. Gracias a mis padres por brindarme la oportunidad de educarme y por sus enseñanzas, que han sido fundamentales en mi formación, a mis hermanos, por su compañía y motivación en todo momento.

Agradezco también a mis amigas, quienes me brindaron su compañía, ánimo y apoyo en momentos difíciles. Gracias por sus consejos y por creer en mí. Asimismo, agradezco a mi tutor el Ing. Geovanny Figueroa, por su orientación, enseñanzas y paciencia, Sus conocimientos y experiencia fueron clave para el desarrollo de esta investigación. No puedo dejar de mencionar a las instituciones que hicieron posible la realización de esta tesis, a mi universidad, por brindarme una educación de calidad y por sus programas de apoyo al estudiante, a las instituciones y personas que colaboraron con el desarrollo de esta investigación, por su valiosa contribución. Principalmente, quiero agradecer a Dios y mi Esposo, por su amor incondicional, por guiarme y protegerme en cada paso del camino. Su bendición ha sido fundamental en el logro de este sueño. A todas estas personas e instituciones, gracias de todo corazón por su aporte y por ser parte de este logro.

**MVT**

## RESUMEN

En presente estudio se estableció con la finalidad de evaluar de la calidad del agua mediante macroinvertebrados acuáticos en el río “Tachina” Pedernales- Manabí, durante la época seca. El análisis de la diversidad biológica se realizó en tres parcelas (Parcela #1 Rpt, Parcela #2 Rpt y Parcela #3 Rpt) utilizando los índices de Shannon (Shaw) y Simpson (Simp), con 250 remuestreos bootstrap para estimar la variabilidad. La variable dependiente: (calidad del agua) y variables independientes mediante parámetros: (parámetros físicos – químicos). Para determinar la calidad de agua mediante el índice EPT, se empleó la técnica de red de Surber o de arrastre. El análisis de macroinvertebrados reveló la presencia de una diversidad de órdenes y familias, incluyendo *Ephemeroptera*, *Odonata*, *Diptera*, entre otros. Los resultados de los parámetros físicos – químicos determinan que el pH, presenta valores 9.49 y 9.57, indica un carácter alcalino en las tres muestras, la conductividad eléctrica, presenta valores muy similares: 16.29 en P1, 16.13 en P2 y 16.21 en P3, los Sólidos Totales Disueltos (TDS), muestran una ligera variación entre 7.5 y 7.62, indicando una cantidad similar de estos componentes en las tres muestras, la salinidad se mantiene baja y constante en 0.01 en las tres parcelas y la resistividad de Hach muestra un aumento progresivo de 59.90 en P1 a 60.20 en P2 y 63.7 en P3. El índice de Shannon muestra cierta variabilidad entre parcelas (2.40, 1.61 y 1.95) y el índice de Simpson, que arroja un valor de 0.00 en las tres parcelas.

**Palabras claves:** Río Tachina, Variables, Índice EPT, macroinvertebrados acuáticos.

### ABSTRACT

In this study, it was established with the purpose of evaluating water quality using aquatic macroinvertebrates in the “Tachina” Pedernales-Manabí river, during the dry season. The analysis of biological diversity was carried out in three plots (Plot #1 Rpt, Plot #2 Rpt and Plot #3 Rpt) using the Shannon (Shaw) and Simpson (Simp) indices, with 250 bootstrap resamples to estimate variability. The dependent variable: (water quality) and independent variables through parameters: (physical – chemical parameters). To determine water quality using the EPT index, the Surber or trawl net technique was used. The analysis of macroinvertebrates revealed the presence of a diversity of orders and families, including *Ephemeroptera*, *Odonata*, *Diptera*, among others. The results of the physical - chemical parameters determine that the pH, presents values of 9.49 and 9.57, indicating an alkaline character in the three samples, the electrical conductivity, presents very similar values: 16.29 in P1, 16.13 in P2 and 16.21 in P3, the Total Dissolved Solids (TDS), show a slight variation between 7.5 and 7.62, indicating a similar amount of these components in the three samples, the salinity remains low and constant at 0.01 in the three plots and the Hach resistivity shows a progressive increase from 59.90 in P1 to 60.20 in P2 and 63.7 in P3. The Shannon index shows some variability between plots (2.40, 1.61 and 1.95) and the Simpson index, which gives a value of 0.00 in the three plots.

**Keywords:** Tachina River, Variables, EFA Index, aquatic macroinvertebrates.



## INDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	ii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	iii
DERECHOS DE AUTORÍA.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
RESUMEN.....	7
ABSTRACT .....	8
INDICE GENERAL.....	9
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	11
ÍNDICE DE TABLAS.....	12
ÍNDICE DE ANEXOS .....	12
CAPITULO I.....	13
1. CONTEXTUALIZACION DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
1.1 INTRODUCCIÓN.....	13
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	16
1.2.1 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	19
1.2.2 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	19
1.3 HIPOTESIS .....	20
1.4 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	20
1.4.1 Objetivo general.....	20
1.4.2 Objetivos específicos .....	20
1.5 Justificación .....	21
1.6 MARCO TEÓRICO .....	23
1.6.1 Antecedentes.....	23
1.7 Bases teóricas.....	25

	10
1.7.1 Cuenca hidrográfica .....	25
1.7.2 Agua de los ríos.....	25
1.7.3 Calidad del agua.....	26
1.7.4 Evaluación biológica de la calidad del agua .....	27
1.7.5 Índices biológicos .....	28
1.7.6 Bioindicadores .....	28
1.7.7 Macroinvertebrados .....	29
1.7.8 Tipos de red.....	31
1.7.9 Utilización de los macroinvertebrados.....	32
CAPÍTULO II.....	33
2 DESARROLLO METODOLÓGICO .....	33
2.1 Métodos de investigación .....	33
2.1.1 Localización.....	33
2.1.2 Ubicación geográfica .....	34
2.1.3 CARACTERÍSTICAS AGROECOLÓGICAS Y EDAFOLÓGICAS....	34
2.2 MÉTODO Y TÉCNICA DE LA INVESTIGACIÓN .....	34
2.2.1 Método de investigación .....	34
2.2.2 Técnicas de aplicación .....	35
2.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	35
2.4 DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL .....	36
2.4.1 Diseño Experimental.....	36
2.4.2 Materiales y equipos .....	36
2.5 Variables de respuesta .....	37
2.5.1 Variable independiente: Calidad del agua. ....	37
2.5.2 Variables dependientes: Métodos analíticos.....	37

2.6 Manejo del ensayo .....	37
2.6.1 Toma de parámetros físico-químicos medición in situ: .....	37
2.6.2 Selección del área de muestreo .....	38
2.6.3 Identificación de las especies .....	38
2.6.4 Muestreo e identificación de los macroinvertebrados acuáticos.....	38
CAPITULO III.....	45
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	45
3.1 Índices de diversidad biológica.....	49
3.1.1 Comprobación de hipótesis o contestación a las preguntas de investigación .....	55
3.2 Discusión de los resultados.....	56
4. CONCLUSIONES.....	60
5. RECOMENDACIONES.....	62
6. BIBLIOGRAFÍA .....	64
6. ANEXOS .....	73

### ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1. Localización del ensayo.....	33
Figura 2. Orden Coleóptera.....	40
Figura 3. Orden Díptera .....	41
Figura 4. Orden Efemeroptera .....	42
Figura 5. Orden Odonata.....	43
Figura 6. Orden Plecoptera .....	44
Figura 7. Orden Tricoptera.....	44
Figura 8. Promedios de parámetros de calidad del agua del rio Tachina.....	53

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Características climáticas de la estación experimental Latitud 0.....	34
Tabla 2.	Materiales y equipos .....	36
Tabla 3.	Clasificación de los macroinvertebrados acuáticos encontrados en el río Tachina - cantón Pedernales .....	45
Tabla 4.	Ciclos bootstrap= 250; confianza (0,95) .....	49
Tabla 5.	Análisis de la Varianza .....	51
Tabla 6.	Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) .....	51
Tabla 7.	Análisis de la varianza (Ph) .....	54
Tabla 8.	Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) .....	54
Tabla 9.	Cuadro de medias de Tukey de las variables de calidad del agua del río Tachina.	55

### ÍNDICE DE ANEXOS

Anexos 1.	Datos de Parámetros Físicos-Químicos. ....	73
Anexos 2.	Observación del área de estudio .....	74
Anexos 3.	Obtención de macroinvertebrados .....	74
Anexos 4.	Toma de parámetros físicoquímicos .....	75
Anexos 5.	Recolección de macroinvertebrados .....	76
Anexos 6.	Macroinvertebrados recolectados y observados en microscopio.....	77

## CAPITULO I

### 1. CONTEXTUALIZACION DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1 INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia se conoce que el 71% de la superficie del planeta Tierra está cubierta de agua, de la cual el 0,75% (8 millones de km<sup>3</sup>) es agua dulce, repartida en aguas superficiales y subterráneas y el 0.2% flota en la atmósfera, es por esto que la calidad del agua potable es un factor determinante en el bienestar humano (Baque et al, 2016).

Los recursos hídricos son sistemas altamente sensibles a las presiones antropogénicas que por mucho tiempo han servido como depósitos de desechos, lo que ha provocado la disminución o incluso la extinción de algunas especies que componen la biota acuática. El aumento en la producción de contaminantes obliga a utilizar nuevos métodos distintos a los análisis físico-químicos, que pueden jugar un papel adicional en estudios ambientales integrales, entre los que destaca el monitoreo de macroinvertebrados acuáticos, que refleja perturbaciones en los cuerpos de agua (Santillán et al, 2016).

Los ríos con fondo arenoso carecen de gran diversidad de macroinvertebrados, al contrario, los fondos pedregosos y los que poseen algún tipo de vegetación tienden a tener una gran variedad de individuos, debido a que esta característica de sustrato les da a los macroinvertebrados las condiciones perfectas para su desarrollo en todo su ciclo de vida. La variabilidad de los parámetros físico – químicos tienden a estar relacionados de manera directa con las diferentes condiciones meteorológicas (García & Endara, 2022).

Los macroinvertebrados son uno de los indicadores biológicos más utilizados en la evaluación de ecosistemas fluviales del mundo, debido a sus características, requerimientos

especiales y adaptaciones evolutivas a determinadas condiciones ambientales, que los convierten en organismos con límites de tolerancia específicos a las diferentes alteraciones de su hábitat (Arroyo & Encalada, 2009).

En el Ecuador la contaminación de ríos, lagos y lagunas se le ha dado poca importancia, es un problema grave que afecta tanto a los ecosistemas acuáticos como a la salud humana, no se evidencia un análisis de la calidad del agua que considere tener presente a los seres vivos que habitan en esos ecosistemas. Gran parte de los análisis se provee mediante el uso de pruebas químicas que examinan, únicamente el análisis de la calidad del agua desde su potabilidad (Carrera & Fierro, Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua., 2001).

En el Ecuador el indicador de Nivel de conformidad en análisis físico-químicos para agua potable presenta un valor promedio del 91.30%, valor que se encuentra por debajo del promedio nacional en 5.71 puntos porcentuales. El indicador de cobertura de control de calidad en análisis microbiológicos para agua permite determinar la calidad de la prestación del servicio de agua (Ministerios de Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2020).

En la provincia de Manabí el uso de macroinvertebrados como fauna indicadora de contaminación de aguas, se basa en que esos organismos ocupan un hábitat con condiciones ambientales a los cuales están adaptados para determinar, la calidad del agua mediante métodos biológicos y físico – químicos. De este modo, cualquier cambio en las condiciones del hábitat traerá como consecuencia el cambio en la estructura y composición de la fauna de macroinvertebrados, principalmente compuesta por insectos (Yumbo et al, 2018).

La caracterización de la calidad del agua de un río implica la determinación del grado, el nivel o la intensidad de la contaminación que posee, la cual puede ser de origen físico, químico o biológico, y la capacidad del sistema de restituir de manera natural las propiedades o condiciones que poseía antes de ser afectado por el agente contaminante. El análisis de la calidad de agua del río Portoviejo (Manabí, Ecuador) mediante la aplicación del índice de calidad de agua, los resultados obtenidos demuestran que la calidad de agua va disminuyendo a medida que el río recorre la trayectoria de su cauce, debido a la alta carga contaminante producto del vertimiento de aguas residuales y a la disminución de su capacidad de autodepuración (Quiroz et al, 2017).

En Pedernales la principal fuente de consumo humano es mediante la captación del río Tachina por ello la presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar la calidad del agua mediante macroinvertebrados acuáticos en el río “Tachina” Pedernales- Manabí, mediante la observación realizada en el área de estudio se determina que esta fuente de agua presenta contaminación proveniente de actividades como agricultura, ganadería, desechos inorgánicos provenientes de los hogares, deforestación, entre otras actividades. Se realizó la comparación de la calidad del agua río arriba y río abajo, así como en diferentes entornos y ante diversas actividades cercanas.

El uso de los macroinvertebrados como indicadores biológicos es una buena oportunidad y una buena herramienta para abordar estos temas y para sensibilizar a los ciudadanos y escolares, así como para conocer los ríos de una forma integrada y de hacer una diagnosis de la calidad de los ríos que tienen a su alcance. La utilización de los macroinvertebrados como bioindicadores está relacionado directamente con el objetivo 6 del

desarrollo sostenible (agua limpia y saneamiento) y con el objetivo 14 (vida submarina) (Ladrera et al, 2023).

Se injerto parámetros (físico-químicos) y bioindicadores acuáticos (como macroinvertebrados) para evaluarla, para ello se aplicó una metodología cualitativa y cuantitativa y se tuvo en cuenta variables ecológicas como: observación de la calidad del agua por puntos de muestreos en el río “Tachina” para la identificación de macroinvertebrados acuáticos, reconocimiento de los macroinvertebrados, clasificación de los macroinvertebrado encontrados en los puntos de muestreo registrados en el río de Tachina, mediante herramienta de red clásica (triangular o D-net) o red de Surber.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Los problemas relacionados con la contaminación de las masas de agua son cada vez más graves y, como resultado, las personas se enfrentan al deterioro del estado de los organismos acuáticos y a amenazas cada vez más raras a los recursos. Aunque la demanda humana y agrícola de agua de alta calidad continúa creciendo, la contaminación orgánica está provocando la degradación de la calidad del agua y el agotamiento de los recursos hídricos. En las últimas décadas, los ecosistemas acuáticos continentales han sido los más afectados por las actividades humanas, y los desechos industriales y domésticos han acabado en los ríos y, en última instancia, en el mar. La relación entre abundancia y distribución ha aumentado el interés en el estudio de los recursos hídricos (Escobar & Montoya, 2019).

Actualmente existen muchas causas de la calidad del agua y la degradación del bioma, incluida la regulación del flujo, los canales, la ocupación ribereña, la agricultura, la industria y la urbanización. Los ecosistemas acuáticos son considerados uno de los recursos renovables



más importantes para la vida. Sin embargo, las actividades humanas como la urbanización, la agricultura, la industria y la construcción de embalses han provocado la degradación hidrológica de los ecosistemas acuáticos, provocando cambios significativos en sus condiciones ambientales, afectando así a las comunidades que habitan en ellos (Chavez, 2022).

La contaminación del agua proviene de una variedad de fuentes, como aguas residuales domésticas, líquidos industriales, vertidos de minería ilegal en las riberas de los ríos, depósitos de desechos en estanques o áreas abiertas cerca de manantiales naturales, contenedores de limpieza química para la agricultura, escorrentías líquidas de la agricultura y la acuicultura. La producción de sustancias tóxicas que dañan la vida de los organismos que viven o forman parte de los ecosistemas acuáticos es en muchos casos la principal causa de mortalidad de especies (Hilaño, 2023).

Los contaminantes de mayor incidencia en las aguas son biológicos y químicos, y dentro de estos últimos, inorgánicos y orgánicos. Esto va ligado inexorablemente a actividades urbanas y domésticas a través de residuos sólidos, por aguas residuales no tratadas (ausencia de redes de saneamiento y plantas depuradoras, fosas sépticas, etc.) y actividades industriales. Las aguas residuales son una fuente continua de enfermedades, unas de efectos más rápidos y graves, como el cólera o el tifus, y otras menos evidentes que actúan a más largo plazo produciendo un debilitamiento de la población. Por ello, tanto por motivos de salud pública como de protección del medioambiente, la calidad del agua debería ser el objetivo fundamental de su gestión (Argentaria, 2024).

Debido al nivel de urbanización, el uso de la tierra en las cuencas de drenaje y la falta de sistemas de tratamiento estándar, las fuentes de agua dulce en algunas áreas están demasiado contaminadas o degradadas para ser aptas para el consumo humano o para beneficiar a las plantas o animales de enfermedades transmitidas por el agua. Por las razones anteriores, como método para determinar la calidad del agua se utilizan macroinvertebrados acuáticos, algunos de los cuales difieren en su tolerancia a las características del agua (*Ephemeroptera*, *Plecoptera*, *Trichoptera*) y otros como (*Chironómidae*, *Oligoquetos*, son característicos de aguas contaminadas con materia orgánica (Prieto & Martínez, 2022).

Las emisiones de nuevos contaminantes a veces ocurren sin la posibilidad de registrar con precisión su ocurrencia, lo que lleva al estudio de diversos métodos para determinar la calidad de las masas de agua, como los indicadores biológicos de los organismos acuáticos. (Hernán et al, 2020).

De acuerdo a los problemas antes mencionado determinar los niveles de contaminación mediante invertebrado es fundamental, debido a que los macroinvertebrados cambian su hábitat al ser contenidos ellos mueren por estos son utilizados como bioindicadores, por lo que se debe de realizar monitoreos continuo en el río Tachina debido a su uso como fuente de agua potable para el cantón Pedernales, en esta fuente de agua se pueden observar claramente los principales problemas de contaminación los cuales afectan directamente en la calidad del agua de este afluente lo cual es a una problemática a nivel local que proviene desde la cabecera del río hasta su final atravesando varias comunidades las cuales consumen el agua del río aun conociendo que su calidad no es apta para consumo humano.

### ***1.2.1 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES***

- **Variable independiente:** Calidad del agua.
- Observación de la calidad del agua por puntos de muestreos en el río “Tachina” para la identificación de macroinvertebrados acuáticos, reconocimiento de los macroinvertebrados, clasificación de los macroinvertebrado encontrados en los puntos de muestreo registrados en el río de Tachina, mediante herramienta de red clásica (triangular o D-net) o red de Surber.
- **Variables dependientes:** Métodos analíticos.
- Análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos.
- Reconocimiento de los macroinvertebrados acuáticos.
- Aplicación de métodos analíticos y análisis de los estudios biológicos como indicadores de la calidad de agua del río “Tachina”.

### ***1.2.2 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN***

En la presente investigación se plantearon las siguientes preguntas de investigación para llegar a la resolución de la problemática planteada:

¿La calidad del río Tachina presenta parámetros físico-químicos aptos para ser consumidas por la población del cantón Pedernales?

¿Los desechos sólidos y líquidos provenientes de las actividades del ser humano, pueden intervenir directamente en la calidad del agua?

¿Cuál será el nivel de contaminación que posee el río Tachina y que tipo de macroinvertebrados indicadores de determinados parámetros se encuentran en este afluyente de agua?

### **1.3 HIPOTESIS**

**H0:** La calidad del agua del río Tachina, evaluada mediante macroinvertebrados acuáticos e índices fisicoquímicos, muestra variaciones significativas en relación con las actividades antrópicas a lo largo de su curso.

**H1:** La calidad del agua del río Tachina, evaluada mediante macroinvertebrados acuáticos e índices fisicoquímicos, no muestra variaciones significativas en relación con las actividades antrópicas a lo largo de su curso.

### **1.4 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

#### ***1.4.1 Objetivo general***

Evaluar de la calidad del agua mediante macroinvertebrados acuáticos en el río “Tachina” Pedernales- Manabí

#### ***1.4.2 Objetivos específicos***

- Determinar la composición y abundancia de macroinvertebrados acuáticos mediante herramientas taxonómicas y claves especializadas.
- Evaluar las relaciones entre los parámetros fisicoquímicos y la diversidad de macroinvertebrados.
- Proponer medidas de manejo basadas en los hallazgos para mejorar la calidad del agua del río Tachina.

### **1.5 Justificación**

El 70% de la superficie terrestre está cubierta por agua. Su importancia radica en que es responsable de la existencia de todas las formas de vida en la tierra y está directamente relacionado con la calidad de vida humana. Pero, por paradójico que parezca, se trata de un recurso limitado, ya que solo el 1% de su volumen total es agua fácilmente disponible (Baque et al, 2016).

En este sentido, según Baque et al. (2016) el 80% de la población mundial vive en zonas amenazadas por la seguridad hídrica, y los más afectados son 3.400 millones de personas, casi todos pertenecen a países en desarrollo, por lo que Ecuador se encontrará en esta situación. La agricultura representa el 70% de la extracción de agua (Campoverde, 2020).

La calidad del agua en diversos ecosistemas acuáticos ha cobrado gran importancia en la actualidad debido a la influencia antropogénica, por lo que los países desarrollados desarrollan planes de manejo de ecosistemas, basados principalmente en el uso de índices fisicoquímicos que brindan datos inmediatos sobre el estado de los cuerpos de agua. Y en base a estos indicadores, se formulan reglas de gestión de recursos. Por lo tanto, el uso actual de bioindicadores es de gran importancia en la evaluación de ecosistemas acuáticos, ya que con ellos se puede evaluar no solo la calidad fisicoquímica, sino también la calidad ecológica de todo el ecosistema (Pinzón et al, 2024).

Los efectos de la contaminación de los ríos en zonas templadas se han descrito ampliamente durante décadas, pero se sabe poco sobre los efectos de la contaminación de los ríos en el Neotrópico. Los macroinvertebrados se utilizan ampliamente como indicadores

biológicos de la calidad de las fuentes de agua porque sus características y requisitos específicos hacen que estos organismos sean muy sensibles a diversas influencias. El método de tratar a los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua se utiliza en Europa desde hace aproximadamente un siglo. Se han desarrollado en todo el mundo varios sistemas que vinculan la fauna bentónica con la calidad del agua (Arroyo & Encalada, 2009).

En el presente estudio se planteó evaluar el río Tachina del cantón Pedernales, como muchos otros cuerpos de agua, es una principal fuente de agua para la población del cantón, provee agua para consumo humano, riego, actividades productivas, siendo fundamental para la economía local, ya sea a través de la pesca, el turismo o la agricultura. Menciona (Sarukhán, 2019) que todas las actividades humanas generan impactos en la calidad del mismo, influye directamente en la diversidad y abundancia de especies acuáticas, incluyendo peces, anfibios y aves.

Dado que el río Tachina es una fuente vital de agua para la comunidad local y un hábitat crítico para diversas especies acuáticas, resulta fundamental evaluar su estado ecológico. Mencionan Carrera & Fierro, (2001) los macroinvertebrados, al ser organismos sésiles y altamente sensibles a las alteraciones en la calidad del agua, se presentan como bioindicadores idóneos para este propósito. Su capacidad para reflejar la calidad del agua a lo largo del tiempo, sumada a la relativa facilidad y bajo costo de su muestreo, hacen de esta metodología una herramienta valiosa para monitorear los efectos de las actividades humanas, como la agricultura y la urbanización, sobre este importante ecosistema.

## 1.6 MARCO TEÓRICO

### 1.6.1 Antecedentes

Según Chávez (2022) quien realizó un estudio para evaluar la calidad del agua mediante la identificación de macroinvertebrados acuáticos en el tramo del río Toribio en ciénaga Magdalena, Colombia. Se recolectaron macroinvertebrados en 6 puntos seleccionados del río Toribio utilizando redes Surber. Se recolectaron un total de 1126 ejemplares, 642 en la época seca y 484 en la época húmeda, y se observaron un total de 36 familias morfológicas (24 en la época seca y 26 en la época húmeda). Insecta es la más común, con 32 especies, Odonata es la más representativa, con 7 variedades. En cuanto a familias, sólo cuatro (4) tuvieron registrada más de una variante: *Coenagrionidae* (5), *Chironomidae* (3), *Leptophlebiidae* (2) y *Tricorithydae* (2). Según los resultados de los índices de Biological Monitoring Working Group (BMWP) y índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera), la calidad del agua del tramo de monitoreo del río Toribio en Colombia varía en diferentes puntos y momentos de muestreo, lo que indica que el estado general del tramo es de "crítico a cuestionable". Con base en la composición y estructura observada de los macroinvertebrados acuáticos, podemos decir que existe cierta perturbación en el tramo estudiado del río Toribio.

Pinzón et al, (2024) evaluaron la calidad del agua del río Toribio aplicando el índice biológico BMWP (Biological Monitoring Working Group) utilizando macroinvertebrados como indicadores biológicos. El estudio es de carácter descriptivo y recopila datos fisicoquímicos y de diferentes poblaciones de macroinvertebrados en tres estaciones establecidas en el curso bajo del río Toribio durante dos períodos lluviosos anuales (uno húmedo y otro seco). Para ello se obtuvieron, identificaron y clasificaron muestras, y luego

se utilizó el índice BMWP para determinar la calidad ecológica del ecosistema. De los datos obtenidos del muestreo, uno de los más destacables es la diferencia de macroinvertebrados en las dos estaciones estudiadas (seca y húmeda) y cómo estas condiciones afectan la presencia o ausencia de estas especies.

García & Endara, (2022) evaluaron la calidad del agua del río Alhambrado en Ecuador entre la provincia de Pichincha y Napo utilizando macroinvertebrados bentónicos y parámetros fisicoquímicos. Miden los siguientes índices: varios índices de los Ríos Altos Andes (IMEERA), índices *Ephemeroptera* y *Trichoptera*, Índice Biológico Andino (ABI) y Grupo de Trabajo de Biomonitorio/Índice Experimental de Ecuador (BMWP/ECU), Análisis de Componentes Principales (PCA) Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) para un período de tres meses (enero a marzo de 2019). Se recolectaron 1993 ejemplares. La mayoría (80%) fueron *Chironomidae*, los menos: *Loachidae*, *Asteridae* y *Leptozoidae* (0,05%). Más del 90% son recolectores de macroinvertebrados. PCA y ACC determinaron que la proporción de sólidos suspendidos totales con respecto a la mayoría de los taxones era mayor. La calidad del agua se calificó de pobre a moderada y los resultados de los indicadores biológicos fueron sensibles a parámetros físicos y químicos como el oxígeno disuelto, la demanda bioquímica de oxígeno 5 (DBO5) y la demanda química de oxígeno (DQO). Varía según las estaciones climáticas.

Yumbo et al, (2018) determinaron la calidad del agua en puntos seleccionados del río Paján en la provincia de Manabí donde se instaló una planta de tratamiento biológico de aguas residuales (PTBAR). Realizaron este estudio de noviembre de 2016 a enero de 2017. Se detectaron cuatro especies de insectos. Muestreo y análisis fisicoquímicos aguas arriba, aguas abajo y a la salida del PTBAR. Se identificaron familias de insectos y se calcularon los



índices IBF y BMWP. Se recolectaron 3349 especies de insectos pertenecientes a 10 órdenes y 35 familias. Las familias más abundantes fueron *Chironomidae* (Diptera) y *Ephemeroidea* (*Ephemeroptera*), sin diferencias entre familias ( $p > 0.05$ ). Se demostró que los índices IBF y BMWP eran 6,7 y 55,3, respectivamente, sin diferencia estadística. Junto con un nivel bajo de oxígeno disuelto (rango: 3,5-3,75 mg/l) y un alto nivel de sólidos disueltos totales (rango: 1500-1594 mg/l), se demostró que esta sustancia varía en calidad de normal a alta. Sorteo de estudio.

## **1.7 Bases teóricas**

### **1.7.1 Cuenca hidrográfica**

Una cuenca hidrográfica es un área de la superficie de la Tierra donde las gotas de lluvia tienden a apuntar hacia la misma salida de un sistema de flujo de agua. Los límites de la cuenca forman la llamada "cuenca", una línea imaginaria que conecta la cima de las tierras altas del país, y el agua fluye por las laderas de estas tierras altas hasta las cabeceras principales (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2019).

### **1.7.2 Agua de los ríos**

Aunque los ríos representan sólo una pequeña fracción (0,49%) del agua dulce de la Tierra, desempeñan un papel importante en el sustento de la vida en la Tierra y el desarrollo humano. De toda el agua dulce líquida superficial del mundo, el 87% se encuentra en lagos, el 11% en pantanos y sólo el 2% en ríos. Los ríos son ecosistemas increíblemente diversos y productivos que contribuyen al crecimiento económico, la seguridad alimentaria y el bienestar humano. Por ejemplo, el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) estima que 2 mil millones de personas en todo el mundo dependen directamente de los ríos para obtener

agua potable, y 500 millones de personas (alrededor de 1 de cada 14 personas) viven en deltas fluviales, que son topografías triangulares formadas por ríos. Bocas. Y dependen de sus sedimentos (Organización de las Naciones Unidas, 2022).

El agua de los ríos constituye un importante suministro, se relaciona con el riego de cultivos, la nutrición humana, sirve como canal de mercancías cuando su caudal lo permite, ayuda a impulsar la economía de un país o región, e incluso evalúa su existencia y ayuda a gestionarla. De esta manera, se evaluarán los macroinvertebrados acuáticos y se crearán sitios de muestreo para ellos (Morsy & Galal, 2020).

### ***1.7.3 Calidad del agua***

Se han evaluado que los ambientes acuáticos presentan buenas características, presentan características naturales reconocidas y desarrollan comunidades robustas y diversas caracterizadas por macroinvertebrados. Los macroinvertebrados acuáticos son organismos que se adhieren a microhábitats compuestos por plantas acuáticas, rocas, troncos, terrenos submarinos y sedimentos, proporcionando sistemas de agua fluida y quiescente en el fondo submarino (Pérez, 2016).

Para determinar si el agua está contaminada y es apta para el consumo humano o para actividades como cocinar, es esencial comprender la dinámica social y la importancia del agua para garantizar la calidad de vida desde una perspectiva de salud pública. Esto es especialmente importante en las zonas urbanas, donde la gente suele consumir alimentos preparados en restaurantes o establecimientos informales. Es necesario mantener el agua en óptimas condiciones, el valor del agua para la supervivencia de todas las especies, estos

programas pueden promover comportamientos sociales encaminados a la protección de embalses naturales y artificiales (Grises et al, 2022).

El término "biocalidad" surgió al evaluar la calidad del agua mediante el estudio de la composición y estructura de las comunidades biológicas en un cuerpo de agua. Se considera que un medio acuático es de buena calidad biológica si presenta características naturales que permiten el desarrollo de su comunidad biológica característica. Esta cualidad está estrechamente relacionada con el uso final del agua; cuanto mayor es la diversidad hídrica, mejor es su calidad biológica (Medina et al, 2018).

#### ***1.7.4 Evaluación biológica de la calidad del agua***

Debido a la gran cantidad de información que se puede obtener a través de los organismos acuáticos, el uso de indicadores biológicos para evaluar la calidad del agua está aumentando en todo el mundo. Los dos grupos de organismos de agua dulce más utilizados son el fitoplancton y los peces, y aunque existen algunos trabajos que revelan su uso, sus combinaciones aún no han sido ampliamente utilizadas (González et al, 2022).

Los métodos más comunes de monitoreo de la calidad del agua incluyen pruebas fisicoquímicas y bacteriológicas, pero estos métodos tienen algunas limitaciones, especialmente en ecosistemas donde las condiciones topográficas e hidrológicas cambian rápidamente y no permiten la evaluación de cambios temporales o la integración de diferentes factores ambientales (García et al, 2017).

La gran mayoría de los macroinvertebrados acuáticos (alrededor del 80%) corresponden a grandes grupos de artrópodos, y entre estos insectos, especialmente sus

formas larvarias, son los más numerosos. Para recolectar la biota propiamente dicha, se midieron 25 m paralelos al río con una cinta métrica, se determinaron aleatoriamente transectos perpendiculares a la línea de costa en la cinta métrica y se tomaron réplicas determinadas en el diseño de muestreo. Los organismos más diversos en diferentes biotopos, matrices de fondo (cascajo de piedra, arena, vegetación, etc.), macrófitos, matrices artificiales deben recolectarse en áreas y períodos de tiempo suficientemente representativos (López, 2006).

### ***1.7.5 Índices biológicos***

Los indicadores biológicos sintetizan información del medio que habitan, su aporte al diagnóstico de la calidad ambiental de los ecosistemas acuáticos resulta un complemento indispensable de otros tipos de mediciones como las que brindan los parámetros físico-químicos. Su uso como bio monitores puede ser considerado, además de una herramienta de evaluación ambiental, un potente medio de comunicación. Los indicadores biológicos permiten detectar la aparición de elementos contaminantes nuevos o insospechados, incluso en bajas concentraciones, ya que muchas sustancias se acumulan en el cuerpo de ciertos organismos (bioacumulación) y por lo tanto analizar estas concentraciones en esos indicadores puede reflejar el nivel de contaminación ambiental (Gómez et al, 2020).

### ***1.7.6 Bioindicadores***

Los científicos Spanh y Sherry describieron indicadores biológicos en 1999. Como si fueran específicos. Estos indicadores biológicos son capaces de responder a la acumulación de contaminantes antes que los indicadores artificiales o abióticos, los bioindicadores ambientales son aquellos organismos vivos los cuales, gracias a sus características

ecológicas, cuentan con una elevada sensibilidad a los diferentes cambios ambientales que se dan en la naturaleza, reaccionando frente a ellos como si de estímulos específicos se trataran (Fernández, 2024).

Una buena especie u organismo bioindicador puede considerarse un organismo que tiene baja tolerancia y alta sensibilidad a los cambios en su entorno de vida y, al igual que estos organismos, se puede observar un deterioro fisiológico después de la exposición a diversos cambios o cambios de contaminación (Hilaño, 2023).

La ventaja de utilizar indicadores biológicos es que es posible evaluar el estado ecológico del río en un determinado período de tiempo y observar su desarrollo a lo largo del tiempo. Para ello se utilizan organismos sensibles al cambio, que indican principalmente la presencia de contaminantes o cambios en sus ecosistemas (García et al, 2017).

Los indicadores biológicos o bioindicadores son organismos utilizados para evaluar cambios en la calidad ambiental debido a tensiones naturales o antropogénicas. El estudio de un objetivo biológico también cambia su estado natural, y estos cambios pueden detectarse para determinar la salud del medio ambiente. Para que los organismos puedan usarse como bioindicadores, generalmente deben cumplir ciertos criterios, los organismos candidatos deben estar fácilmente distribuidos y ser accesibles, deben tener cierta importancia ecológica y social y, preferiblemente, deben ser grandes, longevos y capaces de acumular y concentrar cantidades detectables de contaminantes; sin muerte (Vivarelli, 2024).

### ***1.7.7 Macroinvertebrados***

Los macroinvertebrados son aquellos visibles a simple vista o capturados por una red de unas 125  $\mu\text{m}$ . Esta distinción es relativa y a veces arbitraria, lo que nos permite definir

taxonómicamente a los macroinvertebrados con mayor precisión. Este grupo está representado en muchos filos de animales, incluidos: artrópodos, moluscos, anélidos, platelmintos, y nematodos. Sin embargo, cabe aclarar que algunos miembros de estos filos son microscópicos, por lo que se consideran un grupo de meiofauna (microcrustáceos y micromoluscos, muchos anélidos y nematodos, etc.) (Hanson et al, 2010).

El manejo de los macroinvertebrados acuáticos es un método para desarrollar evaluaciones de la calidad del agua al interferir con la tolerancia de las características del agua, algunos organismos son sensibles (*Ephemeroptera*, *Trichoptera*) y otros, por ejemplo (*Chironomidae*, orden *Oligochaeta*), son organismos especiales en cuerpos de agua de materia orgánica (Giacometti & Bersosa, 2006).

Estos son excelentes indicadores de la calidad del agua y, al usarlos para el monitoreo, podemos obtener una imagen clara del estado del agua. Algunos animales necesitan agua de alta calidad para sobrevivir, mientras que otros prosperan incluso en condiciones contaminadas. Por ejemplo: las moscas de piedra sólo viven en agua limpia y desaparecen cuando el agua está contaminada. Por el contrario, las larvas de algunos gusanos u otras moscas pueden soportar la contaminación y reproducirse en agua sucia. A medida que estos insectos maduran, se convierten en insectos voladores portadores de enfermedades (Carrera & Fierro, 2001).

En ríos, arroyos u otros cursos de agua se pueden encontrar diferentes comunidades biológicas, en las que se pueden distinguir macroinvertebrados, es decir animales que se pueden observar a simple vista, en promedio varían de 0,4 a 1,0 mm, son heterogéneos. La mayoría de los científicos los consideran los mejores indicadores biológicos de la calidad del

agua, no sólo por su tamaño y distribución generalizada, sino también porque tienen un ciclo de vida relativamente largo. Están adaptados a las condiciones ambientales, es decir, tienen diferentes intervalos de tolerancia a las condiciones ambientales acuáticas, que permiten evaluar el impacto de la actividad humana diaria. Los macroinvertebrados acuáticos proporcionan información de trayectoria espaciotemporal, es decir, la información se acumula a lo largo del tiempo (Medina et al, 2018).

### ***1.7.8 Tipos de red***

De acuerdo con (López, 2006) existen varios tipos de redes que pueden utilizarse para capturar macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua. A continuación, se describen tres tipos de mallas:

**Red tipo D:** recomendada para limpieza en zonas de aguas poco profundas y adaptada a condiciones irregulares en riberas y recodos. Se lleva a cabo un muestreo intensivo a lo largo de ambas orillas durante cada 10 m. La red consta de un asa (de 1,5 a 2 m de largo) (A) hecha de metal, madera o plástico reforzado y un marco que sostiene la red de 200 a 400 mm de ancho, 200 a 300 mm de alto y 100 a 200 mm de hombro. (B). La rejilla debe estar hecha de un material resistente al desgaste con un tamaño de poro de 300-500  $\mu\text{m}$ . La red está cosida sobre una lona duradera y fijada de forma segura al marco.

**Red de mano o pantalla:** 1 metro cuadrado de malla de 500  $\mu\text{m}$  sujeta a dos mangos de madera o aluminio. Una persona se para contra el flujo de agua y sostiene la red, mientras que la otra retira el sustrato con los pies o las manos en la dirección del flujo de agua. El material queda atrapado en la rejilla y se recomienda repetir esta operación hasta cubrir un área de 6 m<sup>2</sup>.

**Red surber:** Consta de dos marcos cuadrados de hierro o aluminio de 30,5 cm de largo de cada lado, un marco se utiliza para definir la superficie a muestrear (250 cm<sup>2</sup>) y el otro marco sostiene la red. En la posición de trabajo, cuando dos marcos están en ángulo recto con dos sujetadores, la red debe tener aprox. Mide 70 cm de largo y el cuello está hecho de un material más pesado, como lona, para evitar que se deshilache. Durante el muestreo, la red se coloca en el lecho del río aguas arriba y la matriz de roca en el área de Surbernet se lava bajo el agua para que los organismos remolcados queden atrapados en la red y la matriz deba alejarse a pie para ser liberada la biota presente.

#### ***1.7.9 Utilización de los macroinvertebrados***

Los macroinvertebrados son los organismos más utilizados en estudios relacionados con la contaminación de los ríos como indicadores de las condiciones ecológicas o de la calidad del agua porque: son relativamente sedentarios, tienen poca movilidad y se ven directamente afectados por las descargas a los cuerpos de agua, tienen ciclos de vida largos en comparación con otros organismos. , lo que permite estudiar los cambios que ocurren durante un largo período de tiempo, en conjunto cubren un amplio espectro ecológico y tienen un tamaño aceptable en comparación con otros microorganismos (Pavòn, 2022).

Los macroinvertebrados acuáticos sirven como indicadores de la calidad del agua para estudiar y monitorear los efectos de las actividades humanas en ríos y estuarios. Es un medio para apoyar a las comunidades y organizaciones locales en las actividades de conservación de los ríos (Carrera & Fierro, 2001).



## CAPÍTULO II

### 2 DESARROLLO METODOLÓGICO

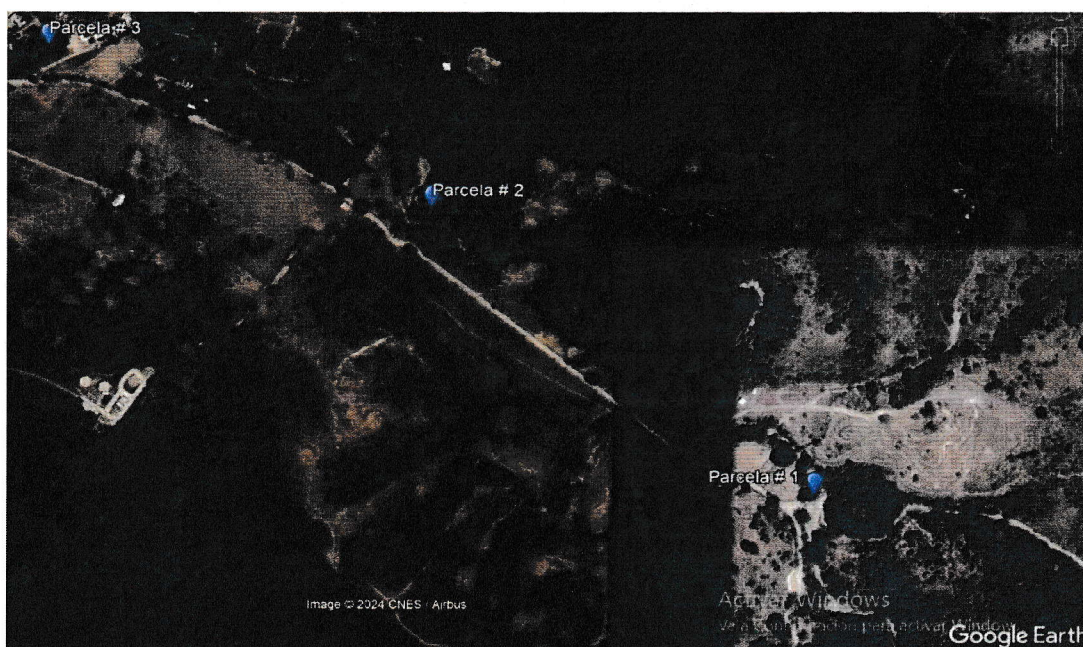
#### 2.1 Métodos de investigación

En el presente trabajo de investigación se aplicaron conocimientos y técnicas de observación por medio de parámetros y guías de manejo, basándose en los métodos científicos establecidos para identificación y evaluación de estas especies que son bioindicadores para la calidad del agua.

##### 2.1.1 Localización

La presente investigación se realizó por la ruta de Spondylus en el río Tachina, ubicado geográficamente entre la comunidad de Tachina perteneciente al cantón Pedernales en Manabí.

*Figura 1. Localización del ensayo*



*Fuente: (Google Earth, 2020) Localización del ensayo*

### **2.1.2 Ubicación geográfica**

La presente investigación se realizó en el río Tachina del cantón Pedernales. Ubicado geográficamente entre la parroquia de pedernales, comunidad Tachina perteneciente al cantón Pedernales en Manabí, en las coordenadas Latitud 0° “0,05664”, – Longitud “-80.03930” O con un alcance de 50 m.

### **2.1.3 CARACTERÍSTICAS AGROECOLÓGICAS Y EDAFOLÓGICAS**

**Tabla 1.** *Características climáticas de la estación experimental Latitud 0.*

<b>Características</b>	
<b>Precipitación medio anual</b>	800 – 1.200 mm/año
<b>Temperatura media anual</b>	24 – 28 °C
<b>Humedad relativa anual</b>	86,77%
<b>Heliofanía anual</b>	20,39%
<b>Evaporación</b>	87,38 mm

Fuente: Datos proporcionados por (Custodio, 2020) de las características agroecológicas del área en estudio.

## **2.2 MÉTODO Y TÉCNICA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.2.1 Método de investigación**

En la presente investigación de carácter experimental se aplicó una metodología cualitativa-cuantitativa y observacional, donde se aplicaron técnicas y conocimientos claves para evaluar de la calidad del agua mediante macroinvertebrados acuáticos en el río “Tachina” Pedernales- Manabí, utilizando redes tipo D y para la identificación de los macroinvertebrados acuáticos se utilizó el manual de guía de macroinvertebrados acuático.

### 2.2.2 *Técnicas de aplicación*

Las técnicas que se emplearon en la investigación fueron direccionadas a través del conocimiento científico y técnico para realizar una correcta evaluación de la calidad del agua mediante indicadores de macroinvertebrados acuáticos en el río “Tachina” a continuación se describen las técnicas aplicadas:

**Estudios cuantitativos:** Se utilizó equipo de muestreo como las redes de Surber o tipo Hess para el muestreo del área determinada (río) dentro de la investigación, también se utilizó la red tipo D con una adaptación para el control del área muestreada, para la recolección de macroinvertebrados, los cuales fueron preservados y se transportaron al laboratorio donde fueron separados del material vegetal usando una lupa o un microscopio de disección y los resultados fueron expresados en cantidad por metro cuadrado ( $\#/m^2$ ).

Adicional se utilizó índice de Shanon-Wiener indica la presencia de un área diversa en el predio estudiado en este caso las parcelas experimentales estudiadas y el índice de Simpson mediante el cual se representó la probabilidad de que dos individuos, dentro de un hábitat, seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie, de forma que mediante este índice se determinaron las especies existentes en las áreas de estudio y se agruparon de acuerdo a las familias.

## 2.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Se utilizaron los equipos para recolección de muestras con redes tipo D, redes manuales diversas e incluso coladores de cocina se utilizaron con el objetivo de registrar la mayor cantidad de taxa, es posible usar varios tipos de redes o recolectar los organismos

directamente del sustrato mediante el uso de pinzas entomológicas. Recolectas directas son importantes para poder obtener aquellos organismos que se encuentran fuertemente adheridos al sustrato, como las larvas de *Petrophila* (Lepidoptera) y varios tricópteros, como *Hydroptilidae* y *Xiphocentronidae*.

## 2.4 DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL

### 2.4.1 *Diseño Experimental*

Para el diseño del experimento se establecieron tres puntos de muestreo (unidades experimentales) donde se recolectaron los macroinvertebrados acuáticos presentes en el río Tachina del cantón Pedernales, utilizando una malla Surber de tipo D de 500  $\mu\text{m}$ . Los datos fueron tomados en cuatro ocasiones (agosto, septiembre, octubre), para el análisis de datos se utilizó el programa INFOSTAT.

### 2.4.2 *Materiales y equipos*

**Tabla 2.** *Materiales y equipos*

#### Descripción de materiales

Red de Surber 500  $\mu\text{m}$

Lupa

Pinzas

Frascos plásticos

Libreta de campo

Guantes

Botas

Alcohol 70%

GPS

Medidor de conductividad digital HQ14d

Medidor de pH

## Manual de guía de macroinvertebrados acuáticos

Cernidor plástico

Frascos de vidrio

*Elaborador por Autor (Vera M, 2024)*

### 2.5 Variables de respuesta

#### 2.5.1 *Variable independiente: Calidad del agua.*

- Observación de la calidad del agua por puntos de muestreos en el río “Tachina” para la identificación de macroinvertebrados acuáticos, reconocimiento de los macroinvertebrados, clasificación de los macroinvertebrados encontrados en los puntos de muestreo registrados en el río de Tachina, mediante herramienta de red clásica (triangular o D-net) o red de Surber.

#### 2.5.2 *Variables dependientes: Métodos analíticos.*

- Análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos.
- Reconocimiento de los macroinvertebrados acuáticos.
- Aplicación de métodos analíticos y análisis de los estudios biológicos como indicadores de la calidad de agua del río “Tachina”.

### 2.6 Manejo del ensayo

#### 2.6.1 *Toma de parámetros físico-químicos medición in situ:*

Se utilizaron para medir la calidad del agua son: físicos transparencia o su contrario turbidez, color, olor y sabor, conductividad eléctrica que indicó la cantidad de iones salinos disueltos, temperatura, radiactividad, pH, acidez, alcalinidad, aniones como cloruros, sulfatos, fluoruros, nitratos, dureza, metales como hierro, manganeso, cobre y zinc, DBO,

DQO y otras sustancias tóxicas inorgánicas y orgánicas. Las reacciones en los organismos vivos sólo son posibles dentro de un rango restringido de pH.

### ***2.6.2 Selección del área de muestreo***

La selección de los puntos de muestreo se realizó mediante uso de sistemas de información geográfica y recorridos previos por el área de influencia de la microcuenca, de este modo se establecieron 3 puntos de muestreos, identificados de acuerdo con las zonas estratégicas, uso de agua y facilidad de acceso.

### ***2.6.3 Identificación de las especies***

La identificación de macroinvertebrados se efectuó a nivel taxonómico del rango de género o familia de manera cualitativa, en la cual se asigna un puntaje que va de 1 a 10 de acuerdo con el nivel de tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación. La identificación de organismos se lo realizó con ayuda de claves taxonómicas especializadas para la región entre ellas la guía de identificación de especies, con las respectivas características de los macroinvertebrados acuáticos.

### ***2.6.4 Muestreo e identificación de los macroinvertebrados acuáticos***

Para la colecta de macroinvertebrados, se aplicó el método rápido de muestreo para un solo hábitat, utilizando una red de Surber de captura tipo D de 12 pulgadas por 24 pulgada y ojo de malla de 500  $\mu\text{m}$ .

Se realizaron 4 réplicas durante el período de agosto a noviembre de 2024, los macroinvertebrados fueron recolectados con la red tipo Surber de 500  $\mu\text{m}$ , removiendo el

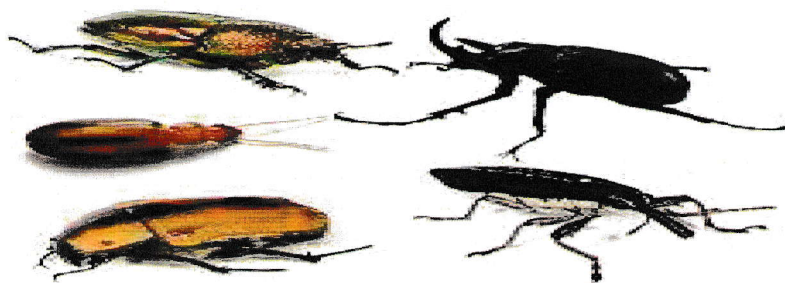
sustrato con el pie dentro de, un espacio de 30 cm x 40 cm, para los sustratos que contienen arena y grava o removiendo manualmente los cantos rodados con diámetros mayores a 2.5 in. Las muestras se tomaron en un tramo de la parte baja, media y alta de los puntos de monitoreo establecido, buscando diferentes sustratos como arena, grava, cantos rodados y vegetación.

El tiempo de monitoreo en cada punto fue de 30-40 minutos, distribuidos proporcionalmente en función del área de cada sustrato muestreado. Cada muestra, se limpió en campo extrayendo las hojarascas, piedras grandes u otros elementos que no fueran de interés, para esto, se hizo una limpieza manual a medida que se realizaban los arrastres y luego se pasó la muestra por un tamiz de 10 centímetros, las muestras recolectadas fueron transportadas al laboratorio en botellas de plástico y boca ancha previamente rotulados con la información del punto de muestreo. Para la preservación de los especímenes se utilizó una solución de alcohol al 70%. Una vez identificados y separados los diferentes grupos taxonómicos, las muestras representativas de cada especie se las colocan en frascos con ayuda de pinzas entomológicas, etiquetándolas con tinta indeleble con la información del lugar de recolección, número de muestra, nombre científico, la fecha y nombre del clasificador a continuación se describen las ordenes de macroinvertebrados encontrados:

**Orden Coleoptera:** Constituyen un orden de insectos holometábolos, presenta piezas bucales de tipo masticador y el primer par de alas transformadas en unas estructuras rígidas, denominadas *élitros*, que protegen la parte posterior del tórax, incluido el segundo par de alas, y el abdomen. Presentan una enorme variabilidad morfológica, pueden cualquier hábitat, incluidos el dulceacuícola y el marino, aunque en este último su presencia es mínima. El tamaño oscila entre los 0,3 mm de algunos *Ptiliidae* y los 20 cm de las hembras de *Titamus*

*giganteus* y *Xixuthrus heros*. El cuerpo presenta los tres *tagmas* característicos de los insectos, cabeza, tórax y abdomen, si bien, debido a la existencia de un *pterotórax* cubierto por los *élitros*, el cuerpo parece dividirse en una parte anterior y una posterior bajo los *élitros* (Insectario Virtual del Peñón de Ifach, 2024).

Figura 2. Orden Coleóptera

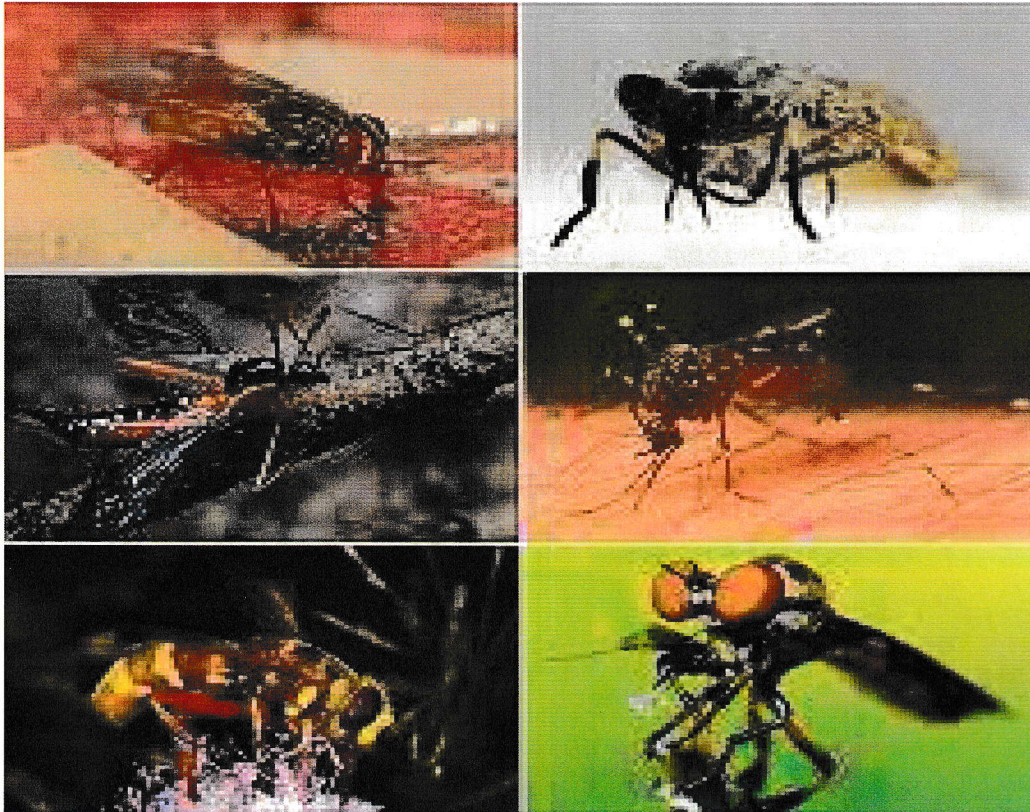


Fuente: (Google, 2024) Orden Coleóptera

**Orden Díptera:** Orden de insectos neopteros, endopterigotos que incluye grupos tan conocidos como las moscas y mosquitos, además de muchos otros. Caracterizados porque sus alas posteriores han quedado reducidas a unos órganos llamados halterios o balancines, que no se utilizan para volar, sino para mantener la estabilidad y la dirección durante el vuelo, como indica su nombre científico (*Diptera*, gr. "dos alas") poseen sólo dos alas membranosas y no cuatro como la gran mayoría de los Insectos. Son Insectos holometábolos con metamorfosis completa que normalmente incluye cuatro fases: huevo, larva, pupa y adulto. El número de huevos por puesta es extremadamente variable según la especie, desde 6-8 huevos hasta poder llegar a poner varios miles de huevos. Las larvas tardarán más o menos tiempo en salir, dependiendo de la especie y de las condiciones ambientales (Insectario Virtual del Peñón de Ifach, 2024).



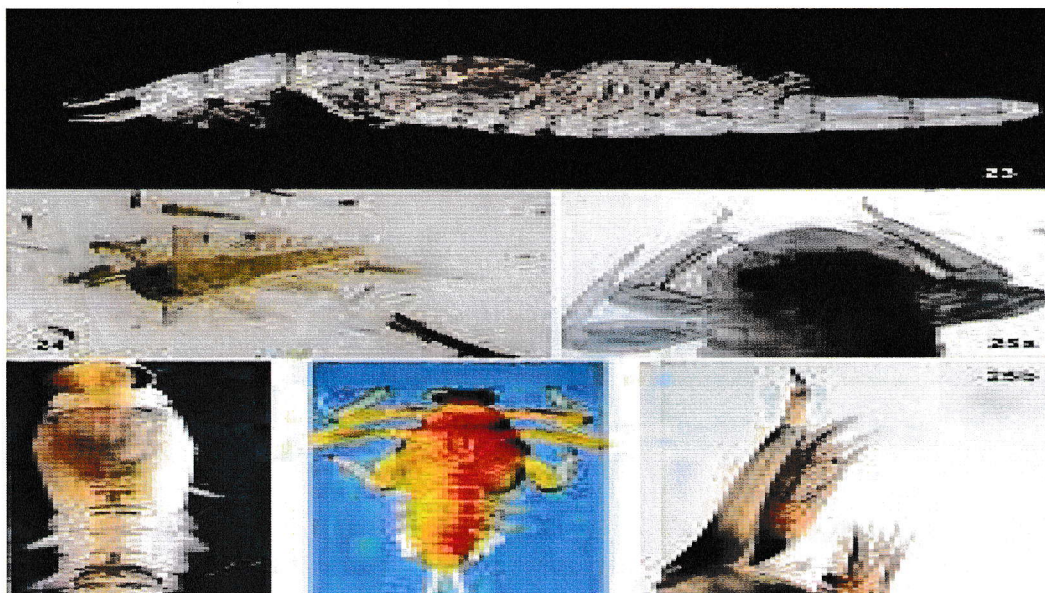
Figura 3. Orden Díptera



Fuente: (Google, 2024) Orden Díptera

**Orden Efemeroptera:** Son insectos relativamente primitivos, con una serie de rasgos ancestrales que probablemente estaban presentes en los primeros insectos voladores, como colas largas y alas que no se pliegan sobre el abdomen. Sus etapas inmaduras son formas acuáticas de agua dulce que reciben el nombre de náyades o ninfas, cuya presencia indica un ambiente limpio, no contaminado. Son los únicos insectos que pasan por una fase, el subimago, en la que son terrestres, ya poseen alas y son capaces de volar, pero aún no han mudado al estado de imago o adulto sexualmente maduro. Eclosionan en primavera u otoño, en gran número (Naturalist, 2025).

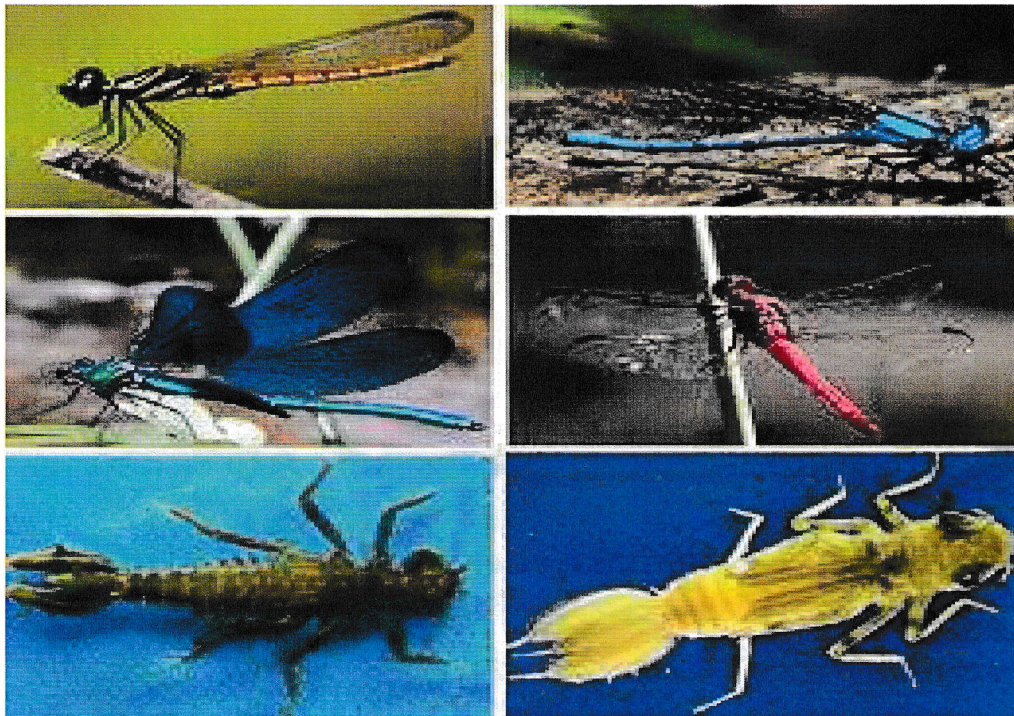
Figura 4. Orden Ephemeroptera



Fuente: (Google, 2024) Orden Ephemeroptera

**Orden Odonata:** Orden de insectos hemimetábolos que incluye a los comúnmente conocidos como libélulas y caballitos del diablo. Los adultos poseen la cabeza más ancha que el resto del cuerpo, ojos voluminosos, antenas reducidas, cuatro alas membranosas transparentes y surcadas de gran cantidad de venas, y un abdomen largo y delgado. Viven asociados a los ambientes acuáticos, que son necesarios para el desarrollo de sus ninfas. Ponen sus *huevos*, dependiendo de las especies, insertados en la vegetación acuática viva o muerta (*Zigópteros* y los *Ésnidos*), clavados en el sustrato (*Cordulegástridos*, *Cordúlidos*, *Macrómidos*), pegándolos a la vegetación acuática (*Libelúlidos*) o dejándolos caer en el agua (*Gónfidos*, *Libelúlidos*). La fase de huevo dura entre una semana y dos meses si el desarrollo es directo, y varios meses para aquellas que pasan el invierno en esta fase (Insectario Virtual del Peñón de Ifach, 2024).

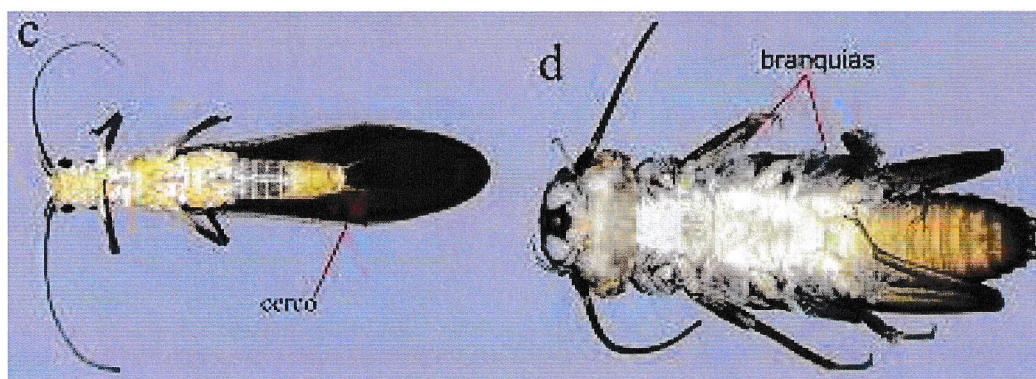
Figura 5. Orden Odonata



Fuente: (Google, 2024) Orden Odonata

**Orden Plecoptera:** Insectos neópteros y exopterigotas, con ninfas acuáticas y adultos terrestres. Grupo importante por las funciones ecológicas que desempeñan, en las aguas continentales, especialmente en los medios fluviales. Los adultos presentan dos pares de alas, aunque pueden estar más o menos reducidas, con abundante venación y que en reposo suelen disponerse abatidas sobre el abdomen, las posteriores plegadas longitudinalmente, formando en la mayoría de los casos una lámina plana, aunque a veces se disponen ligeramente enrolladas entorno a este. Poseen el cuerpo aplanado, largas antenas, dos ojos compuestos y tres ocelos centrales, patas marchadoras con tres artejos tarsales y abdomen cilíndrico acabado en dos cercos que pueden ser largos y filiformes o cortos. Las ninfas pueden poseer traqueobranquias, en algunos casos persisten en el adulto de forma vestigial (Melic, 2023).

Figura 6. Orden Plecoptera



Fuente: (Google, 2024) Orden Plecoptera

**Orden Tricoptera:** La totalidad de las especies depende del medio acuático para su desarrollo, son insectos holometábolos que están relacionados con los lepidópteros y los adultos asemejan pequeñas polillas. Sin embargo, sus piezas bucales no forman una proboscis, aunque poseen palpos bien desarrollados. Sus alas están cubiertas de pelos. Muchas especies de tricópteros poseen antenas sumamente largas y en reposo las alas se mantienen a menudo dobladas en forma de techo encima del cuerpo. El tamaño de los adultos varía entre 2 a 30mm, y la mayoría son de colores oscuros, aunque las especies de algunos géneros poseen colores claros (Springer, 2010).

Figura 7. Orden Tricoptera



Fuente: (Google, 2024) Orden Tricoptera

### CAPITULO III

#### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en el río Tachina reveló la presencia de una diversidad de órdenes y familias, incluyendo Ephemeroptera (como *Oligonueridae* y *Heptageniidae*), Odonata (como *Calopteryx splendens*, *Crocothemis erythraea* y *Enallagma cyathigerum*), Diptera (incluyendo *Culicidae* y *Chironominae*), entre otros. La presencia de Ephemeroptera, conocidos por su alta sensibilidad a la contaminación, sugiere una calidad del agua relativamente buena en al menos algunos puntos de muestreo. Sin embargo, la presencia de familias como Chironomidae, que pueden tolerar ciertos niveles de contaminación orgánica, podría indicar la existencia de presiones ambientales.

**Tabla 3.** Clasificación de los macroinvertebrados acuáticos encontrados en el río Tachina - cantón Pedernales

FAMILIA	NUMERO DE RECOLECTADOS
<i>Amphipoda Crustacea</i>	2
<i>Diptera</i>	1
<i>Arthropoda - Hydrometridae</i>	2
<i>harpacticoida.</i>	1
<i>Culícos (Diptera culicidae)</i>	3
<i>Chironominae.</i>	4
<i>Heteroptera</i>	1
<i>Diptera (Culicidae)</i>	1
<i>Floodwater Mosquito (Aedes albifasciatus)</i>	1
<i>Pteromalidae</i>	1
<i>Trechaleidae (Shinobius cona sp)</i>	1
<i>Hydrometra stagnorum</i>	1

Elaborador por Autor (Vera M, 2024)

Los resultados muestran la diversidad biológica del grupo "Total" utilizando dos índices diferentes. El índice de Shannon (2,69) sugiere una diversidad moderada. El índice de Simpson (0,05) también apoya esta idea, indicando una baja probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie. Los intervalos de confianza proporcionan un rango de valores plausibles para cada índice, considerando la incertidumbre del muestreo. Los diferentes métodos de cálculo de los intervalos (Estimado, Percentil y Bootstrap) ofrecen perspectivas ligeramente distintas sobre la precisión de las estimaciones.

El análisis de la diversidad biológica en tres parcelas (Parcela #1 Rpt, Parcela #2 Rpt y Parcela #3 Rpt) se realizó utilizando los índices de Shannon (Shaw) y Simpson (Simp), con 250 remuestreos bootstrap para estimar la variabilidad. Debido a que se tomó una única muestra ( $n=1$ ) por parcela, los valores "EST" (Estimado) representan directamente el valor del índice calculado para esa muestra. En la Parcela #1 Rpt, el índice de Shannon arrojó un valor de 2,40, con un error estándar bootstrap (EEBoot) de 0,17 y una desviación estándar bootstrap (DEBoot) de 1,84. Los intervalos de confianza al 95% (LI y LS) calculados tanto por método Estimado (LI E: 1,51; LS E: 2,18) como por Percentil (LI P: 1,47; LS P: 2,15) muestran una considerable dispersión, reflejando la incertidumbre asociada a la estimación con una única muestra.

Referente a los resultados obtenidos en la presente investigación los cuales concuerdan con Zurita, (2022) donde obtuvo el índice de Shannon-Wiener en el P1 (0.1742); P2 (0.2876); P3 (0.2866) tienen baja diversidad de macro invertebrados en el P4 (0,857) tiene media diversidad; el índice de Simpson en el P1 (0.0604); P2 (0.1141); P3 (0.1302); P4 (0.4728) se obtuvo menos biodiversidad de macro invertebrados; el índice ETP en los cuatro

puntos se obtuvo la calidad de agua mala ya que en los resultados salieron con un total del 0%, estos resultados se apoyan a los obtenidos en el presente trabajo donde se establece después del análisis de datos que se presenta una diversidad moderada. El índice de Simpson (0,05) también apoya esta idea, indicando una baja probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie.

El índice de Simpson para esta parcela fue de 0,00, con un EEBoot de 0,04 y un DEBoot de 0,09. Los intervalos de confianza para Simpson (LI E: 0,02; LS E: 0,17 y LI P: 0,04; LS P: 0,18) también presentan un rango amplio. En la Parcela #2 Rpt, el índice de Shannon fue de 1,61 (EEBoot: 0,26; DEBoot: 1,12), con intervalos de confianza más amplios (LI E: 0,62; LS E: 1,63 y LI P: 0,50; LS P: 1,61), indicando una mayor incertidumbre en la estimación. El índice de Simpson para esta parcela también fue de 0,00 (EEBoot: 0,14; DEBoot: 0,20), con intervalos de confianza amplios (LI E: 0,07; LS E: 0,47 y LI P: 0,00; LS P: 0,60). Finalmente, en la Parcela #3 Rpt, el índice de Shannon fue de 1,95 (EEBoot: 0,24; DEBoot: 1,42), con intervalos de confianza (LI E: 0,96; LS E: 1,89 y LI P: 0,96; LS P: 1,75). El índice de Simpson para esta parcela fue nuevamente de 0,00 (EEBoot: 0,09; DEBoot: 0,15), con intervalos de confianza (LI E: 0,03; LS E: 0,32 y LI P: 0,05; LS P: 0,33).

La repetición del valor 0,00 para el índice de Simpson en las tres parcelas, junto con los amplios intervalos de confianza, especialmente con  $n=1$ , sugiere que la estimación de la diversidad con este índice es poco precisa con este tamaño de muestra. En general, los resultados muestran variabilidad en los valores del índice de Shannon entre las parcelas, pero la baja cantidad de muestras por parcela limita la precisión de las estimaciones y la

posibilidad de realizar comparaciones robustas. Se recomienda aumentar el tamaño de la muestra para obtener estimaciones más confiables de la diversidad.



## 3.1 Índices de diversidad biológica

Tabla 4. Ciclos bootstrap= 250; confianza (0,95)

Grupo	Indice	N	EST	nBoot	DEBoot	EEBoot	LI	E	LSE	LIP	LSP	LIB	LS
<b>Total</b>	Shaw	9	2,69	250	2,51	0,19		2,13	2,89	1,88	2,76	2,55	2,77
	Simp	9	0,05	250	0,06	0,02		0,03	0,10	0,04	0,11	0,03	0,06

	Indice	n	EST	nBoot	DEBoot	EEBoot	LIE	LSE	LIP	LSP
<b>Parcela #1</b>	Shaw	1	2,40	250	1,84	0,17	1,51	2,18	1,47	2,15
<b>Rpt</b>	Simp	1	0,00	250	0,09	0,04	0,02	0,17	0,04	0,18
<b>Parcela #2</b>	Shaw	1	1,61	250	1,12	0,26	0,62	1,63	0,50	1,61
<b>Rpt</b>	Simp	1	0,00	250	0,20	0,14	0,07	0,47	0,00	0,60
<b>Parcela #3</b>	Shaw	1	1,95	250	1,42	0,24	0,96	1,89	0,96	1,75
<b>Rpt</b>	Simp	1	0,00	250	0,15	0,09	0,03	0,32	0,05	0,33

<b>Parcela #1 Rpt</b>	Shaw	1	1,95	250	1,42	0,20	1,02	1,82	1,00	1,75
	Simp	1	0,00	250	0,15	0,07	E-03	0,29	0,05	0,29
<b>Parcela #2 Rpt</b>	Shaw	1	0,00	250	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,00
	Simp	1	Sd	0	sd	sd	sd	Sd	sd	sd
<b>Parcela #3 Rpt</b>	Shaw	1	0,00	250	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Simp	1	sd	0	sd	sd	sd	sd	sd	sd

	<b>Indice</b>	<b>n</b>	<b>EST</b>	<b>nBoot</b>	<b>DEBoot</b>	<b>EEBoot</b>	<b>LIE</b>	<b>LSE</b>	<b>LIP</b>	<b>LSP</b>
<b>Parcela #1 Rpt</b>	Shaw	1	1,39	250	0,93	0,25	0,45	1,42	0,56	1,39
	Simp	1	0,00	250	0,24	0,16	-08,00	0,55	0,00	0,50
<b>Parcela #2 Rpt</b>	Shaw	1	0,00	250	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Simp	1	sd	0	sd	sd	sd	Sd	Sd	Sd
<b>Parcela #3 Rpt</b>	Shaw	1	sd	0	sd	sd	Sd	sd	Sd	sd
	Simp	1	0,00	250	00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

El análisis de varianza (ANOVA) del índice de Shannon (SHAW) con 9 observaciones (N=9) arrojó un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,88, indicando que el modelo explica el 88% de la variabilidad. No obstante, el  $R^2$  ajustado ( $R^2$  Aj) de 0,75 sugiere una ligera reducción al considerar el número de predictores. El coeficiente de variación (CV) de 39,89% revela una dispersión relativamente alta en los datos.

El análisis de la varianza (SC tipo III) descompuso la varianza total. Para la Parcela, la suma de cuadrados (SC) fue de 3,32 con 2 grados de libertad (gl), resultando en un cuadrado medio (CM) de 1,66, una prueba F de 5,88 y un p-valor de 0,0645, indicando que la Parcela no tiene un efecto estadísticamente significativo. En contraste, para la Repetición, la SC fue de 4,70 con 2 gl, un CM de 2,35, una prueba F de 8,33 y un p-valor de 0,0375, mostrando un efecto estadísticamente significativo sobre el índice de Shannon.

**Tabla 5.** *Análisis de la Varianza*

Variable	N	$R^2$	$R^2$ Aj	CV
SHAW	9	0,88	0,75	39,89

**Tabla 6.** *Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)*

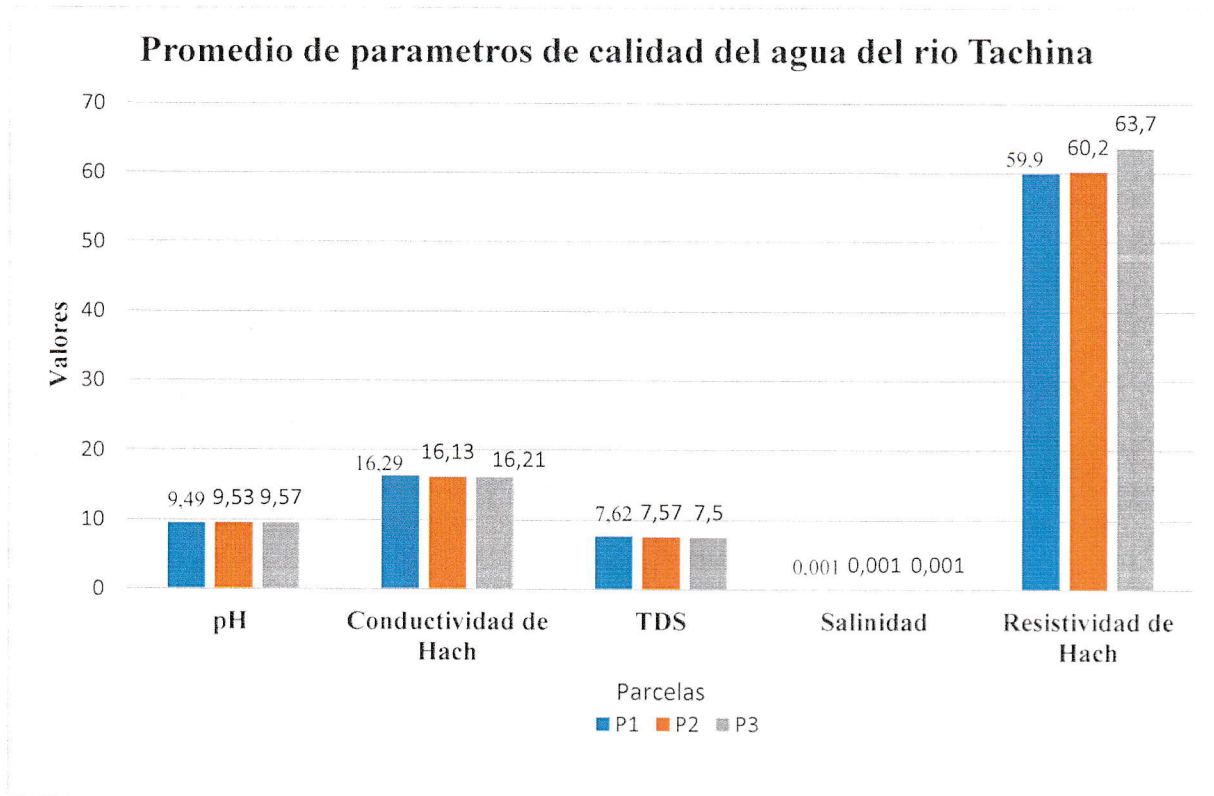
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Parcela	3,32	2	1,66	5,88	0,0645
Rept.	4,70	2	2,35	8,33	0,0375
Error	1,13	4	0,28		
Total	9,15	8			

El análisis de la calidad del agua, presumiblemente del río Tachina, en tres parcelas distintas (P1, P2 y P3) revela características notablemente consistentes entre ellas. El pH, con valores entre 9.49 y 9.57, indica un carácter alcalino en las tres muestras, sugiriendo la posible presencia de minerales o contaminantes que elevan el pH. La conductividad Hach, que mide la capacidad del agua para conducir electricidad y se relaciona con la presencia de iones disueltos, presenta valores muy similares: 16.29 en P1, 16.13 en P2 y 16.21 en P3, lo que sugiere una concentración iónica similar en las tres parcelas.

Los Sólidos Totales Disueltos (TDS), que incluyen minerales, sales y materia orgánica, muestran una ligera variación entre 7.5 y 7.62, indicando una cantidad similar de estos componentes en las tres muestras. La salinidad se mantiene baja y constante en 0.01 en las tres parcelas, lo que denota una baja concentración de sales. Finalmente, la resistividad de Hach, que es inversamente proporcional a la conductividad, muestra un aumento progresivo de 59.90 en P1 a 60.20 en P2 y 63.7 en P3, lo cual es coherente con la ligera variación observada en la conductividad.

En conjunto, los datos numéricos demuestran una gran homogeneidad en la calidad del agua entre las tres parcelas analizadas, con un pH alcalino constante, baja salinidad, cantidades similares de TDS y conductividades muy parecidas, reflejadas en las variaciones de la resistividad.

Figura 8. Promedios de parámetros de calidad del agua del río Tachina



Elaborador por Autor (Vera M, 2024)

El análisis de la varianza (ANOVA) realizado para el pH en las tres parcelas del río Tachina revela que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las parcelas. El p-valor obtenido (0.9676) es muy superior al umbral de significancia comúnmente aceptado de 0.05, lo que indica que la variación en el pH entre las parcelas se debe al azar y no a un efecto real de la parcela. Numéricamente, la Suma de Cuadrados (SC) para la Parcela es de 3.5E-03 (0.0035), un valor muy pequeño en comparación con la SC del Error (0.32), lo que se traduce en un valor F también muy bajo (0.03). Esto confirma la falta de un efecto significativo de la parcela en el pH. El coeficiente de variación (CV) del 2.41% indica una baja variabilidad en los datos del pH. El  $R^2$  de 0.01 y el  $R^2$  ajustado de 0.00 refuerzan la conclusión de que el modelo no explica la variabilidad en el pH, lo cual es coherente con el

alto p-valor. En resumen, desde un punto de vista estadístico, el pH se mantiene constante entre las parcelas estudiadas del río Tachina.

**Tabla 7.** *Análisis de la varianza (Ph)*

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
pH	0	0,01		0,00	2,41

**Tabla 8.** *Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)*

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Parcela	3,5E-03	2	1, 7E-03	0,03	0,9676
Error	0,32	6	0,05		
Total	0,32	8			

El cuadro de medias de Tukey muestra los resultados de las variables de calidad del agua del río Tachina en tres parcelas (P1, P2 y P3). Los resultados indican que no existen diferencias significativas entre las parcelas para ninguna de las variables medidas (pH, Conductividad Hach, TDS, Salinidad y Resistividad de Hach), ya que todas las medias comparten la misma letra (A). Numéricamente, el pH varía ligeramente entre 9.49 (P1) y 9.57 (P3), mostrando un carácter alcalino constante. La Conductividad Hach presenta valores muy similares, entre 16.13 (P2) y 16.29 (P1). Los TDS también muestran poca variación, entre 7.5 (P3) y 7.62 (P1). La Salinidad se mantiene constante en 0.01 en las tres parcelas. La Resistividad de Hach muestra una ligera tendencia al aumento desde P1 (59.90) hasta P3 (63.7), lo que es consistente con las pequeñas diferencias en la conductividad. En conclusión, el análisis de Tukey confirma que, si bien existen pequeñas variaciones numéricas entre las

parcelas, estas no son estadísticamente significativas, lo que sugiere una homogeneidad en la calidad del agua del río Tachina en los puntos muestreados.

**Tabla 9.** Cuadro de medias de Tukey de las variables de calidad del agua del río Tachina.

PARCELA	pH	Conductividad Hach	TDS	Salinidad	Resistividad de Hach
P1	9,49 A	16,29 A	7,62 A	0,01 A	59,90 A
P2	9,53 A	16,13 A	7,57 A	0,01 A	60,20 A
P3	9,57 A	16,21 A	7,5 A	0,01 A	63,7 A

### 3.1.1 Comprobación de hipótesis o contestación a las preguntas de investigación

H0: El agua del río Tachina presenta contaminación derivada de actividades antrópicas... Los datos sugieren la presencia de cierta contaminación, pero no de una contaminación severa. La coexistencia de *Ephemeroptera* (sensibles) y *Chironominae* (tolerantes) indica una calidad del agua intermedia. La baja abundancia general podría ser un indicio de estrés, pero se necesitan más datos para confirmarlo.

H1: El agua del río Tachina no presenta contaminación derivada de actividades antrópicas. Esta hipótesis no se puede aceptar completamente con los datos disponibles. La presencia de *Chironominae* y *Culicidae* sugiere algún grado de alteración.

Los datos disponibles apuntan a que el río Tachina podría estar experimentando cierto grado de contaminación, probablemente de tipo orgánica, pero no a niveles extremos. La presencia de *Ephemeroptera* indica que aún existen zonas con buena calidad de agua, pero

la presencia de *Chironominae* y la baja abundancia general sugieren que hay presiones ambientales.

### 3.2 Discusión de los resultados

En el estudio realizado por Ríos y Santillán, (2024) donde usaron una red tipo D-net, registraron un total de 4109 individuos pertenecientes a 29 familias y 14 órdenes. Las familias predominantes fueron Gripopterygidae, Chironomidae, Simuliidae y Baetidae. El índice BMWP reveló que la calidad del agua es crítica en la mayoría de los puntos, excepto en los puntos 9 y 10, que presentan calidad dudosa y aceptable, respectivamente, en un contexto general de aguas contaminadas. Estos resultados reflejan un alto grado de contaminación en la microcuenca, atribuida principalmente a actividades humanas como la agricultura, la deforestación y el desarrollo urbano. La presencia de especies indicadoras de baja calidad de agua resalta el impacto negativo de estas prácticas sobre los ecosistemas acuáticos.

De acuerdo a lo antes mencionado los resultados concuerdan en un gran porcentaje debido a que existe la presencia de *Ephemeroptera* (*Oligonueridae* y *Heptageniidae*) es un indicador positivo, ya que estos organismos son sensibles a la contaminación. Sin embargo, la presencia de *Chironominae*, una familia de *Diptera* tolerante a la contaminación orgánica, sugiere que existen ciertas presiones ambientales. La presencia de *Culicidae* (mosquitos) también puede indicar cierta contaminación, ya que suelen proliferar en aguas con materia orgánica. La presencia de otros grupos como Odonata (*Calopteryx splendens*, *Crocothemis erythraea* y *Enallagma cyathigerum*), si bien algunos pueden tolerar ciertos niveles de alteración, no son indicadores concluyentes de alta contaminación.



Por ello podemos argumentar que los indicadores biológicos permiten detectar la aparición de elementos contaminantes nuevos o insospechados, incluso en bajas concentraciones, ya que muchas sustancias se acumulan en el cuerpo de ciertos organismos (bioacumulación) y por lo tanto analizar estas concentraciones en esos indicadores puede reflejar el nivel de contaminación ambiental (Gómez et al, 2020).

El análisis de la diversidad biológica en tres parcelas, usando los índices de Shannon y Simpson con un tamaño de muestra de  $n=1$  por parcela, revela una alta incertidumbre en las estimaciones. Si bien el índice de Shannon muestra cierta variabilidad entre parcelas (2.40, 1.61 y 1.95), los amplios intervalos de confianza y los altos valores de error estándar y desviación estándar bootstrap impiden realizar comparaciones robustas. Aún más problemático es el índice de Simpson, que arroja un valor de 0.00 en las tres parcelas, indicando una subestimación severa de la diversidad debido al bajo tamaño de muestra. Se concluye que se requiere un aumento significativo en el tamaño de la muestra para obtener estimaciones confiables de la diversidad y permitir comparaciones válidas.

Conforme a los resultados obtenidos después de aplicar los índices de Shannon y Simpson para los datos recolectados en campo, se menciona que existe variabilidad entre parcelas, pero aun así la muestra no es representativa, lo cual es una limitante por lo que se sugiere el incremento de la muestra para fortalecer el ensayo experimental y presentar un análisis más amplio.

Por ello Arroyo y Encalada, (2009) mencionan que los índices de Simpson y Shannon son herramientas fundamentales en ecología y conservación para cuantificar la biodiversidad de un ecosistema o comunidad. Ambos índices consideran tanto el número de especies

presentes (riqueza de especies) como la abundancia relativa de cada especie (equidad), pero lo hacen con diferentes enfoques, lo que los hace complementarios y útiles en diferentes contextos.

El análisis de la calidad del agua del río Tachina en tres parcelas (P1, P2 y P3) muestra una notable homogeneidad entre ellas. El pH consistentemente alcalino (9.49-9.57), la conductividad Hach similar (16.13-16.29), los TDS con poca variación (7.5-7.62), la baja y constante salinidad (0.01) y las variaciones coherentes en la resistividad (59.90-63.7) indican características fisicoquímicas muy parecidas en los puntos muestreados. En resumen, si bien existen ligeras fluctuaciones numéricas, la calidad del agua presenta una composición similar en las tres parcelas.

Antes los resultados (Prieto & Martínez, 2022), afirma que la medición de parámetros fisicoquímicos en el agua de los ríos es crucial porque proporciona información fundamental sobre su calidad y la salud del ecosistema. Estos parámetros, como el pH, la conductividad, los sólidos disueltos, la salinidad y el oxígeno disuelto, revelan la presencia de contaminantes, la capacidad del agua para sustentar la vida acuática y su idoneidad para diversos usos (consumo humano, riego, industria, etc.). Monitorear estos parámetros permite detectar cambios en la calidad del agua, identificar fuentes de contaminación y tomar medidas para proteger y restaurar los ecosistemas fluviales.

El análisis de la calidad del agua es imprescindible por lo que se convierte en una necesidad donde la solución a este planteamiento es la implementación de medidas de gestión y conservación mediante las cuales se puedan controlar los efectos externos tales como: contaminación por derrame de sustancias tóxicas, desechos sólidos en las riberas de los ríos,

deforestación, compactación, entre otros, por lo se busca proteger la salud del ser humano y de los ecosistemas acuáticos del sector, mediante los indicadores biológicos macroinvertebrados se determina de forma practica la calidad del agua debido a que existen grupos que son sensibles a la contaminación.

#### 4. CONCLUSIONES

- En el río Tachina desde hace varios años se ha notado considerablemente los problemas de contaminación que se presentan a su alrededor entre los más comunes destaca la deforestación para la construcción de asentamientos humanos, se ha convertido en vertedero desechos sólidos y la mayor parte de sus aguas están contaminadas por desechos sólidos y líquidos, por lo que al aplicar este ensayo a campo se detectó la presencia de *Ephemeroptera*, un grupo sensible a la contaminación, sugiere una calidad de agua relativamente buena en ciertas zonas y la presencia simultánea de *Chironominae*, un grupo tolerante a la contaminación orgánica, indica la existencia de presiones ambientales y cierto grado de contaminación.
- Los índices de Shannon y Simpson, revela una diversidad moderada a nivel general (Shannon = 2.69) y una baja probabilidad de encontrar dos individuos de la misma especie (Simpson = 0.05). Sin embargo, el análisis por parcelas, con un tamaño de muestra limitado a uno (n=1), genera una alta incertidumbre en las estimaciones, evidenciada por los amplios intervalos de confianza.
- El resultado fisicoquímico del agua del río Tachina revela una notable consistencia entre las tres parcelas estudiadas. Los parámetros evaluados, incluyendo pH (constantemente alcalino), conductividad, sólidos totales disueltos (TDS), salinidad (baja y constante) y resistividad, muestran valores similares en las tres ubicaciones. Tanto el análisis de varianza (ANOVA) para el pH como la prueba de Tukey para las demás variables confirman la ausencia de diferencias estadísticamente significativas

entre las parcelas, lo que indica una calidad del agua homogénea en los puntos de muestreo.

- La evidencia sugiere un grado de contaminación probablemente orgánica, pero no extrema, respaldado por la coexistencia de macroinvertebrados sensibles (*Ephemeroptera*) y tolerantes (*Chironominae*). En general, el río presenta una calidad de agua intermedia, con zonas de mejor calidad. La homogeneidad de los parámetros fisicoquímicos contrasta con la limitación del bajo tamaño de muestra en el análisis de diversidad, lo que impide una conclusión definitiva sobre la magnitud de la contaminación y la biodiversidad. Estos datos pueden ser utilizados por las autoridades locales para promover campañas de monitoreo y recuperación constante dentro de los ríos del cantón especialmente el río Tachina el cual presenta un mayor índice de afectación por contaminación afectando la calidad de sus aguas.

## 5. RECOMENDACIONES

- Es importante usar el mismo tipo de red en cada recolecta, además se pueden emplear distintas redes por hábitat. En áreas con flujo continuo se usa el Surber o la red tipo D y se mueve el sustrato como se describió arriba. En áreas sin flujo se usan redes como la Hess. En este caso, se hace el disturbio en el fondo y se crea una corriente de agua con la mano para que los organismos caigan a la red.
- Aumentar significativamente el tamaño de la muestra en los estudios de macroinvertebrados bentónicos: Un tamaño de muestra de  $n=1$  por parcela es insuficiente para obtener estimaciones precisas de la diversidad y dificulta la interpretación de los índices ecológicos. Se recomienda realizar muestreos replicados en cada parcela para obtener datos más robustos y confiables.
- Realizar análisis fisicoquímicos más completos: Si bien los parámetros básicos analizados muestran homogeneidad, la inclusión de otros parámetros como nutrientes (nitratos, fosfatos), metales pesados, pesticidas u otros contaminantes específicos podría proporcionar una imagen más completa del estado del agua y ayudar a identificar posibles fuentes de contaminación.
- Realizar estudios complementarios para evaluar el estado ecológico del río: Además del análisis de macroinvertebrados y los parámetros fisicoquímicos, se podrían considerar otros estudios como el análisis de la calidad del sedimento, estudios de ictiofauna (peces) o evaluaciones del hábitat ribereño. Esto permitiría una evaluación integral del ecosistema fluvial y una mejor comprensión de las presiones que lo afectan.

- La educación ambiental es importante, porque permite hacer conciencia acerca de la contaminación excesiva que se evidencia en los ríos a nivel nacional, es importante realizar monitores constantes por lo que se recomienda establecer un programa de monitoreos periódico utilizando macroinvertebrados y parámetros fisicoquímicos y establecer un protocolo estandarizado para el monitoreo del río, aplicable a otras cuencas en la región.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Argentaria, B. B. (14 de 12 de 2024). *Contaminación del agua: qué es y cuáles son sus consecuencias*. Recuperado el 19 de 01 de 2025, de <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/la-contaminacion-del-agua-descubre-las-causas-y-consecuencias/>
- Arroyo, C., & Encalada, A. (2009). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA A TRAVÉS DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS E ÍNDICES BIOLÓGICOS EN RÍOS TROPICALES EN BOSQUE DE NEBLINA MONTANO*. Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales, USFQ. . Recuperado el 09 de 10 de 2024, de <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/download/4/6/7&ved=2ahUKEwjQ6rSqu6yKAXVOH0QIHc8oGbMQFnoECBUQAQ&usg=AOvVaw1Z3rQeTgCpNVS R-p8hdq1z>
- Baque, M. R., Ochoa, L. S., Osorio, B. G., Suatunce, P., Ocampo, E. D., & Arevalo, L. C. (2016). Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador. *CIENCIA UNEMI*, 09(20). Recuperado el 1129 de 2024, de <https://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/357>
- Campoverde, N. V. (2020). *Valoración económica de los servicios ecosistémicos asociados al carbono orgánico en los bofedales y los recursos hídricos de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba . Recuperado el 04 de 10 de 2024, de <http://dspace.espech.edu.ec/handle/123456789/14159>



- Carrera, C., & Fierro, K. (2001). *Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*. Obtenido de EcoCiencia: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=56374>
- Carrera, C., & Fierro, K. (2001). *Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*. Quito : EcoCiencia. Recuperado el 13 de 11 de 2024, de <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56374.pdf&ved=2ahUKEwjMmKod8K-KAxVtrIQIHcgHFr8QFnoECBQQAaw&usg=AOvVaw3Ut8Sq-EpD8N9LhaFZxpp7>
- Chavez, C. R. (03 de 10 de 2022). EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE LA BIOINDICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS, EN UN TRAMO DEL RIO TORIBIO, CIÉNAGA MAGDALENA, COLOMBIA. *Ciencia e Ingeniería*, 09(02). Recuperado el 03 de 10 de 2024, de <https://portal.amelica.org/ameli/journal/690/6903714007/html/>
- Custodio, S. (2020). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PARROQUIA DIEZ DE AGOSTO* . GADPR Diez de Agosto . Recuperado el 30 de 09 de 2024, de [https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://diezdeagosto.gob.ec/wp-content/uploads/2024/02/PDYOT-ADMINISTRACION-ANTERIOR.pdf&ved=2ahUKEwi1jIT15YmKAxXCRjABHTieF38QFnoECBYQAQ&usg=AOvVaw19A\\_Y-hZkvxSmZeT6yK-N-0](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://diezdeagosto.gob.ec/wp-content/uploads/2024/02/PDYOT-ADMINISTRACION-ANTERIOR.pdf&ved=2ahUKEwi1jIT15YmKAxXCRjABHTieF38QFnoECBYQAQ&usg=AOvVaw19A_Y-hZkvxSmZeT6yK-N-0)
- Escobar, G. A., & Montoya, M. Y. (2019). LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y LA CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA EN UNA QUEBRADA ANDINA, ANTIOQUIA-COLOMBIA. *Revista Politécnica*, 15(29). Recuperado el 11 de 10 de 2024, de <https://www.redalyc.org/journal/6078/607866916006/html/>

- Fernández, L. (08 de 07 de 2024). *Bioindicadores: qué son, tipos y ejemplos*. Recuperado el 10 de 11 de 2024, de Ecología verde : <https://www.ecologiaverde.com/bioindicadores-que-son-tipos-y-ejemplos-2846.html>
- García, J. M. (09 de 02 de 2017). Uso de bioindicadores para la evaluación de la calidad del agua en ríos: aplicación en ríos tropicales de alta montaña. *Revisión corta*(22). Recuperado el 09 de 11 de 2024, de <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://revistas.ugca.edu.co/index.php/ugciencia/article/download/659/1174/&ved=2ahUK EwjDmMiHx6-KAxXXTTABHTpAL1cQFnoECD4QAw&usg=AOvVaw3GRQ2Gy7Md-z45GBoxQTnY>
- García, R. C., & Endara, G. A. (04 de 05 de 2022). Evaluación de la calidad del agua en el río Alambrado utilizando macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores en la zona del embalse de la Laguna de la Mica. *Revista Bionatura* , 05(04). Recuperado el 05 de 10 de 2024, de <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://revistabionatura.com/files/2020.05.04.17.pdf&ved=2ahUKEwjQ6rSqu6yKAxVOH0QIHc8oGbMQFnoECCUQAQ&usg=AOvVaw3fgZXOkMXjuMSJqmK0iIGz>
- Giacometti, J., & Bersosa, F. (junio de 2006). Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua en el río Alambi. *Serie Zoológica*, 6(2), 17-32. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Juan-Giacometti/publication/267967001\\_Macroinvertebrados\\_acuaticos\\_y\\_su\\_importanc](https://www.researchgate.net/profile/Juan-Giacometti/publication/267967001_Macroinvertebrados_acuaticos_y_su_importanc)

ia\_como\_bioindicadores\_de\_calidad\_del\_agua\_en\_el\_rio\_Alambi/links/550afd090c  
f265693cef4b26/Macroinvertebrados-acuaticos-y-su-importancia-

Gómez, N., & Fernández, E. D. (2020). Los indicadores biológicos. En *La bioindicación en el monitoreo y evaluación de los sistemas fluviales de la Argentina: Bases para el análisis de la integridad ecológica*. Eudeba. Recuperado el 09 de 11 de 2024, de <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/140318>

González, V. Y., Rodríguez, S. R., Hechavarría, L., & Roldofo, S. C. (11 de 07 de 2022). Propuesta de un indicador de calidad biológica del agua en la evaluación del manejo. *Acta Botánica Cubana*, 221. Recuperado el 09 de 11 de 2024, de <https://revistasgeotech.com/index.php/abc/article/view/422/504>

Google Earth. (13 de 11 de 2020). *Globo terraqueo*. Recuperado el 25 de 11 de 2024, de <https://www.google.es/intl/es/earth/index.html>

Grises, M., Chávez-Marco, & Miriam, J. (abril de 2022). Medición de calidad del agua en río Chambo (Ecuador) en un programa educativo experiencial. *Facultad de Ciencias*, 33(2). doi:10.4067/S0718-07642022000200059

Hanson, P. M. (12 de 2010). Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical*, 58(04). Recuperado el 12 de 11 de 2024, de [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442010000800001](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800001)

Hernán, P. J., Martínez, R. L., Castellanos, G. L., Mora, P. A., & Rocha, G. Z. (18 de 11 de 2020). Macroinvertebrados bioindicadores de calidad de agua en sistemas hídricos artificiales del Departamento de Boyacá, Colombia. *Producción + Limpia*, 15(01). Recuperado el 12 de 10 de 2024, de

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-04552020000100035](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552020000100035)

Hilaño, C. P. (2023). "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA A TRAVÉS DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN LA CUENCA DEL RIO KUSHAPUKOS EN EL CANTÓN TIWINTZA, PROVINCIA DE MORONASANTIAGO 2022." . UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA , FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR , Libertad . Recuperado el 06 de 10 de 2024, de <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/10122>

Insectario Virtual del Peñón de Ifach. (2024). *Orden Odonata*. Recuperado el 19 de 01 de 2024, de <https://parquesnaturales.gva.es/es/web/insectarium-virtual-del-parc-natural-del-penyal-d-ifac/orden-odonata>

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. (01 de 08 de 2019). *¿Qué es una cuenca?* . Recuperado el 03 de 11 de 2024, de <https://www.gob.mx/imta/articulos/que-es-una-cuenca-211369>

Ladrera, R., & Prat2, M. R. (2023). *MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO INDICADORES BIOLÓGICOS: UNA HERRAMIENTA DIDÁCTICA* . Recuperado el 19 de 01 de 2025, de [https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.ehu.eus/ikastorratza/11\\_alea/macro.pdf&ved=2ahUKEwj079S7-4WLAxWiRzABHX59NG4QFnoECBUQAQ&usg=AOvVaw1GUA1pTytYs2\\_yxYbMbi\\_O](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.ehu.eus/ikastorratza/11_alea/macro.pdf&ved=2ahUKEwj079S7-4WLAxWiRzABHX59NG4QFnoECBUQAQ&usg=AOvVaw1GUA1pTytYs2_yxYbMbi_O)

López, M. (2006). *Manual de Evaluación de Calidad del Agua* . Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA) . Recuperado el 09 de 11 de 2024, de <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://>

par-

manglares.net/images/docs/publicaciones/Chile/Manual\_calidad\_del\_agua.pdf&ved

=2ahUKEwjAhoCc46-

KAxUiQzABHXQ6Bs8QFnoECBwQAQ&usg=AOvVaw2Wz2IXqJvYjEjYVHND

Cilg

Medina, L. J., Avendaño, S. L., & Uriel, G. R. (2018). *ANÁLISIS DE LA CALIDAD*

*BIOLÓGICA DE LAS FUENTES HÍDRICAS ESTUDIADAS*. Recuperado el 06 de

11 de 2024, de

[https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://corponor.gov.co/calidad_agua/2019/5_DOCUMENTOS_RESUMEN_CALIDAD_BIOLOGICA_DEL_AGUA/2_ANALISIS_DE_LA_CALIDAD_BIOLOGICA_DE_L_AGUA_PRESENTACION.pdf&ved=2ahUKEwjDmMiHx6-KAxXXTTABHTpAL1cQF)

[corponor.gov.co/calidad\\_agua/2019/5\\_DOCUMENTOS\\_RESUMEN\\_CALIDAD\\_](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://corponor.gov.co/calidad_agua/2019/5_DOCUMENTOS_RESUMEN_CALIDAD_BIOLOGICA_DEL_AGUA/2_ANALISIS_DE_LA_CALIDAD_BIOLOGICA_DE_L_AGUA_PRESENTACION.pdf&ved=2ahUKEwjDmMiHx6-KAxXXTTABHTpAL1cQF)

[BIOLOGICA\\_DEL\\_AGUA/2\\_ANALISIS\\_DE\\_LA\\_CALIDAD\\_BIOLOGICA\\_DE](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://corponor.gov.co/calidad_agua/2019/5_DOCUMENTOS_RESUMEN_CALIDAD_BIOLOGICA_DEL_AGUA/2_ANALISIS_DE_LA_CALIDAD_BIOLOGICA_DE_L_AGUA_PRESENTACION.pdf&ved=2ahUKEwjDmMiHx6-KAxXXTTABHTpAL1cQF)

[L\\_AGUA\\_PRESENTACION.pdf&ved=2ahUKEwjDmMiHx6-](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://corponor.gov.co/calidad_agua/2019/5_DOCUMENTOS_RESUMEN_CALIDAD_BIOLOGICA_DEL_AGUA/2_ANALISIS_DE_LA_CALIDAD_BIOLOGICA_DE_L_AGUA_PRESENTACION.pdf&ved=2ahUKEwjDmMiHx6-KAxXXTTABHTpAL1cQF)

[KAxXXTTABHTpAL1cQF](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://corponor.gov.co/calidad_agua/2019/5_DOCUMENTOS_RESUMEN_CALIDAD_BIOLOGICA_DEL_AGUA/2_ANALISIS_DE_LA_CALIDAD_BIOLOGICA_DE_L_AGUA_PRESENTACION.pdf&ved=2ahUKEwjDmMiHx6-KAxXXTTABHTpAL1cQF)

Melic, D. (2023). *Orden Plecoptera*. Recuperado el 18 de 01 de 2025, de [http://sea-](http://sea-entomologia.org/IDE@/web/Hexapoda/Plecoptera/index.html)

[entomologia.org/IDE@/web/Hexapoda/Plecoptera/index.html](http://sea-entomologia.org/IDE@/web/Hexapoda/Plecoptera/index.html)

Ministerios de Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2020). *BENCHMARKING DE*

*PRESTADORES PÚBLICOS DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y*

*SANEAMIENTO EN EL ECUADOR*. Agencia de Regulación y Control del Agua.

Recuperado el 19 de 01 de 2025, de

[https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/12/Boletin-Estadistico-APS_dic21_v02.pdf&ved=2ahUKEwiV5sXs-IWLaxWDmbAFHaSTI9sQFnoECCEQAQ&usg=AOvVaw3eQdB4h2zDgL4GYwofwdX_)

[www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/12/Boletin-](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/12/Boletin-Estadistico-APS_dic21_v02.pdf&ved=2ahUKEwiV5sXs-IWLaxWDmbAFHaSTI9sQFnoECCEQAQ&usg=AOvVaw3eQdB4h2zDgL4GYwofwdX_)

[Estadistico-APS\\_dic21\\_v02.pdf&ved=2ahUKEwiV5sXs-](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/12/Boletin-Estadistico-APS_dic21_v02.pdf&ved=2ahUKEwiV5sXs-IWLaxWDmbAFHaSTI9sQFnoECCEQAQ&usg=AOvVaw3eQdB4h2zDgL4GYwofwdX_)

[IWLaxWDmbAFHaSTI9sQFnoECCEQAQ&usg=AOvVaw3eQdB4h2zDgL4GYw](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/12/Boletin-Estadistico-APS_dic21_v02.pdf&ved=2ahUKEwiV5sXs-IWLaxWDmbAFHaSTI9sQFnoECCEQAQ&usg=AOvVaw3eQdB4h2zDgL4GYwofwdX_)

[ofwdX\\_](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/12/Boletin-Estadistico-APS_dic21_v02.pdf&ved=2ahUKEwiV5sXs-IWLaxWDmbAFHaSTI9sQFnoECCEQAQ&usg=AOvVaw3eQdB4h2zDgL4GYwofwdX_)

- Morsy, K., & Galal, M. (diciembre de 2020). Evaluación de la calidad del agua de las lagunas del delta del Nilo. *Air, Soil and Water Research, Volume 13*. doi:10.1177/1178622120963072
- Naturalist. (19 de 01 de 2025). *Efímeras Y Parientes orden Ephemeroptera*. Recuperado el 20 de 01 de 2025, de <https://ecuador.inaturalist.org/taxa/48011-Ephemeroptera>
- Organización de las Naciones Unidas. (23 de 09 de 2022). *Cuatro razones para proteger los ríos*.
- Pavón, R. (24 de 11 de 2022). *Macroinvertebrados*. Recuperado el 13 de 11 de 2024, de [https://www.ambientum.com/enciclopedia\\_medioambiental/aguas/macroinvertebrados.asp](https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/macroinvertebrados.asp)
- Pérez, G. R. (03 de 07 de 2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista De La Academia Colombiana De Ciencias Exactas, Físicas Y Naturales, 40*, 254–274. doi:10.18257
- Pinzón, C. F., García, P. C., & Avila, T. J. (2024). Evaluación de la calidad del agua mediante el uso de macroinvertebrados como bioindicadores en el Río Toribio de Ciénaga – Magdalena. *10(01)*. Recuperado el 09 de 10 de 2024, de <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9501835.pdf&ved=2ahUKEwjQ6rSqu6yKAxV OH0QIHc8oGbMQFnoECCgQAQ&usg=AOvVaw2VbsZPhPyvBCYpVOey--78>
- Prieto, M. C., & Martínez, G. F. (07 de 2022). Estudio de la calidad de agua con macroinvertebrados en el sector turístico Pailas Rotas, Cantón Gonzanamá Provincia de Loja. *Polo del conocimiento, 07(07)*. Recuperado el 12 de 10 de 2024, de <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://>

dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9042895.pdf&ved=2ahUKEwihwvb43qyKAX  
W8mYQIHdUMIL4QFnoECBwQAQ&usg=AOvVaw17sk7S106B5HMC9ku7DpC  
o

Quiroz, F. L., & Elena Izquierdo Kulich, I. C. (2017). Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*. Recuperado el 19 de 01 de 2025, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1680-03382017000300004](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382017000300004)

Renato, B.-M., Luis, S.-O., Betty, G.-O., Pedro, S., Eduardo, D.-O., & Lorena, C.-A. (20 de 09 de 2016). Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador. *Revista Ciencia UNEMI*, 09(20). Recuperado el 04 de 10 de 2024, de <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5774767.pdf&ved=2ahUKEwjm4YeqxKyKAXVrp7AFHfmrJOkQFnoECBYQAQ&usg=AOvVaw3wTkJKvh8APzVAyRINuqes>

Ríos, R. A., & Santillán, L. G. (2024). *Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de calidad de agua en la microcuenca Columbe cantón Colta*. Universidad Nacional de Chimborazo. Recuperado el 20 de 01 de 2025, de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/13571>

Santillán, P., Pérez, V. P., & Quishpi, G. A. (2016). *Análisis de la calidad de agua de los ríos Nagsiche y Pumacunchi, pertenecientes a la subcuenca del Río Patate, de la Provincia de Cotopaxi*. Universidad Nacional de Chimborazo, Chimborazo . Recuperado el 03 de 10 de 2024, de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/2853>

Sarukhán, K. v. (18 de 05 de 2019). *¿Por qué se pierde la biodiversidad?* . Recuperado el 10 de 12 de 2024, de <https://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/porque.html>

Springer, M. (12 de 2010). Trichoptera. *Revista de Biología Tropical*, 58(04). Recuperado el 19 de 01 de 2025, de [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442010000800007](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800007)

Vivarelli, L. (04 de 05 de 2024). *Bioindicadores: qué son y para qué sirven*. Recuperado el 10 de 11 de 2024, de <https://blog.3bee.com/es/bioindicadores-que-son-y-para-que-sirven/>

Yumbo, K., & Iler, V. W. (02 de 03 de 2018). Determinación de la calidad de aguas mediante indicadores biológicos y físico-químicos en el río Paján, Manabí, Ecuador. (10). Recuperado el 10 de 10 de 2024, de <https://revistas.uees.edu.ec/index.php/IRR/article/view/184/117>

Zurita, J. P. (2022). *BIODIVERSIDAD Y CALIDAD DE AGUA MEDIANTE EL ESTUDIO DE MACRO INVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN LA QUEBRADA "LAS LANZAS", CANTÓN RUMIÑAHUI, PROVINCIA DE PICHINCHA*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA , Quito. Recuperado el 20 de 01 de 2025, de <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23469/1/UPS%2520-%2520TTS1062.pdf&ved=2ahUKEwiH1a-jxoeLAXVVVTABHWcGMjsQFnoECBYQAQ&usg=AOvVaw2gDMZZLr80yg6BCu9nLhbO>



## 6. ANEXOS

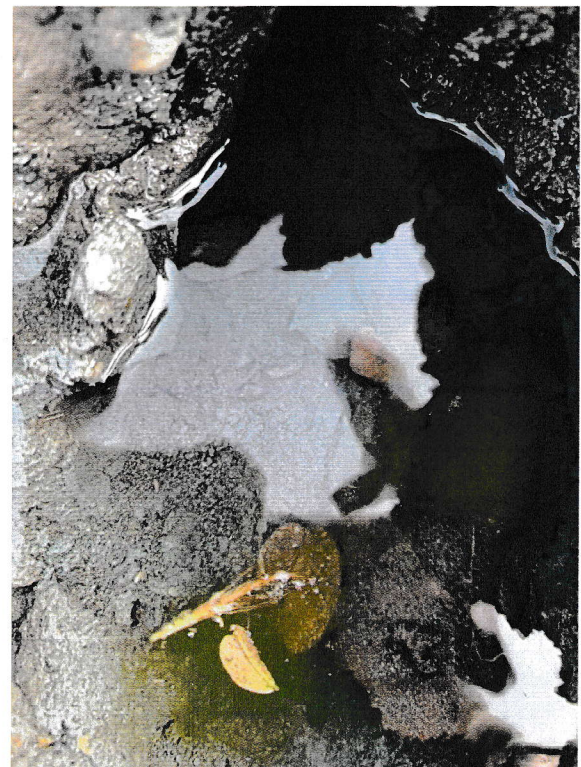
### Anexos 1. Datos de Parámetros Físicos-Químicos.

<b>PARCELA</b>	<b>REPET</b>	<b>Ph</b>	<b>Conductividad Hach</b>	<b>TDS</b>	<b>Salinidad</b>	<b>Resistividad Hach</b>
<b>P1</b>	R1	9,71	15,21	7,06	0,01	65,8
<b>P2</b>	R1	9,70	15,20	7,06	0,01	65,7
<b>P3</b>	R1	9,70	15,20	7,05	0,01	65,7
<b>P1</b>	R2	9,17	17,58	8,34	0,01	51,5
<b>P2</b>	R2	9,31	17,55	8,31	0,01	51,4
<b>P3</b>	R2	9,32	15,79	8,32	0,01	52,5
<b>P1</b>	R3	9,59	16,08	7,45	0,01	62,4
<b>P2</b>	R3	9,59	15,64	7,43	0,01	63,5
<b>P3</b>	R3	9,57	15,56	7,45	0,01	63,7

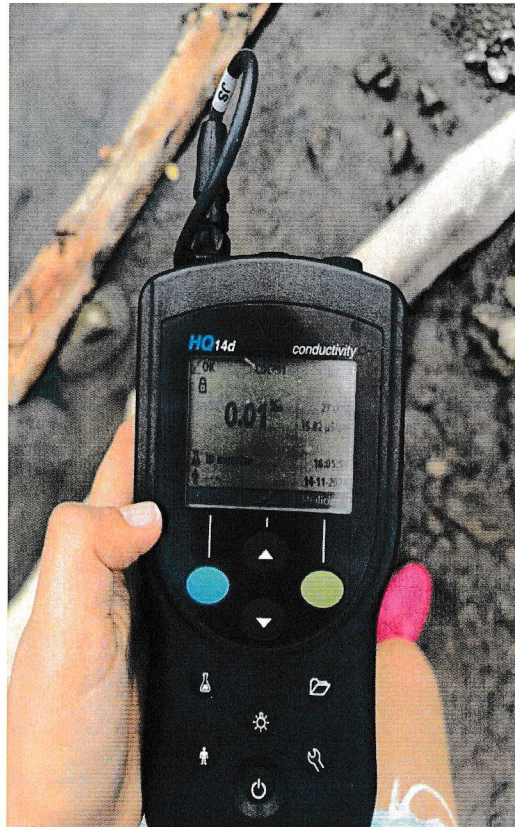
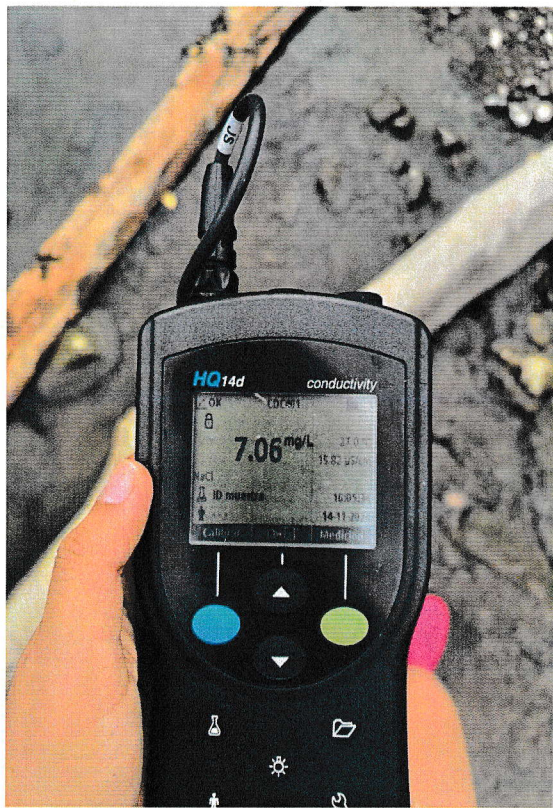
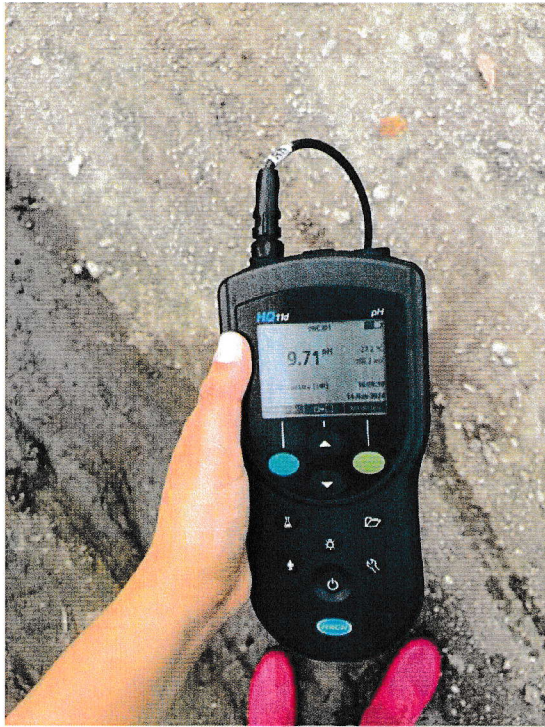
**Anexos 2. Observación del área de estudio**



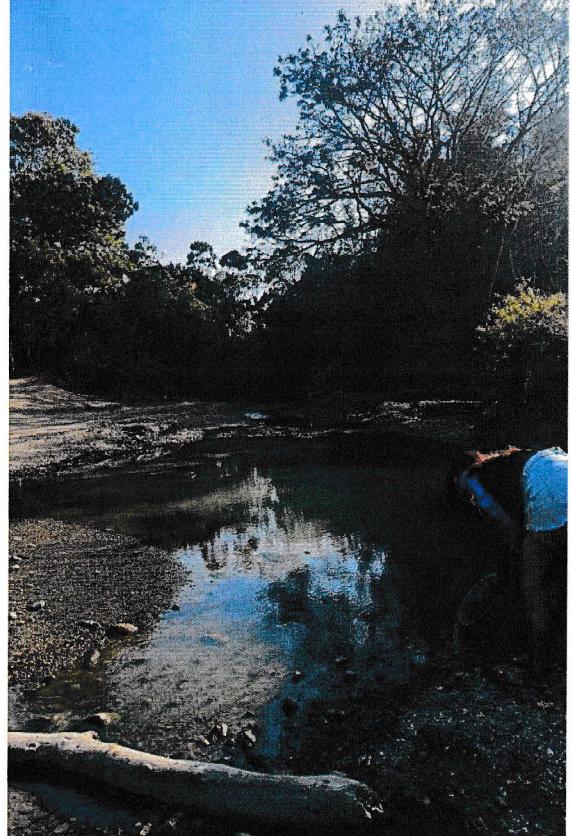
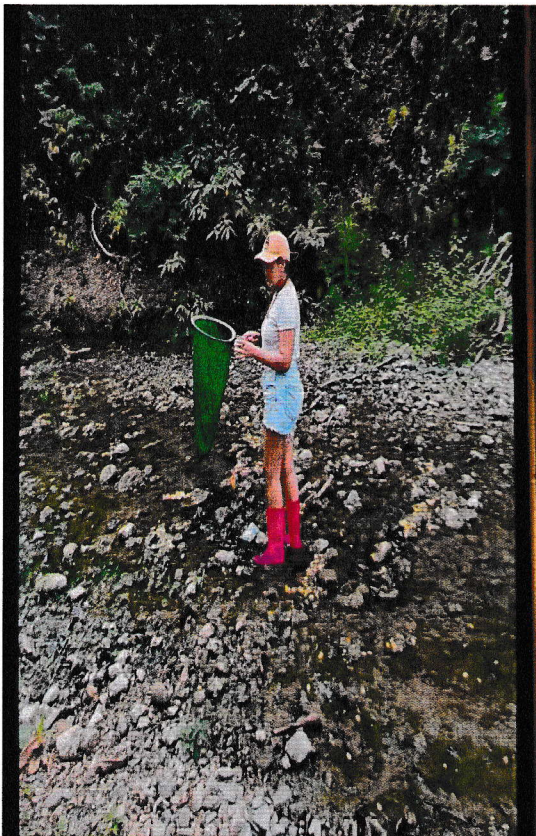
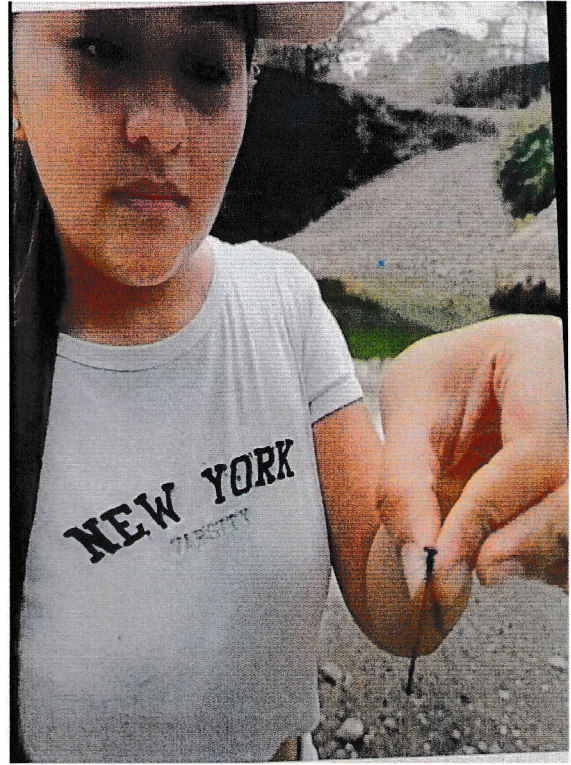
**Anexos 3. Obtención de macroinvertebrados**



#### Anexos 4. Toma de parâmetros físicoquímicos



Anexos 5. Recolección de macroinvertebrados



Anexos 6. Macroinvertebrados recolectados y observados en microscopio

