



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
"DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ"  
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO PARA LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERA AMBIENTAL**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE EL USO DE  
MACROINVERTEBRADOS Y PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS  
SOBRE EL ESTERO LOS MONOS DEL CANTÓN MILAGRO**

**AUTORA  
VILLAFUERTE SORIA GENESIS ARIANA**

**TUTOR  
ING. DIEGO ARMANDO ARCOS JÁCOME MSc.**

**GUAYAQUIL, ECUADOR  
2025**



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**APROBACIÓN DEL TUTOR**

Yo, **ARCOS JÁCOME DIEGO ARMANDO**, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE EL USO DE MACROINVERTEBRADOS Y PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS SOBRE EL ESTERO LOS MONOS DEL CANTÓN MILAGRO** realizado por la estudiante **VILLAFUERTE SORIA GENESIS ARIANA**; con cédula de identidad N° **0924216476** de la carrera **INGENIERÍA AMBIENTAL**, sede matriz "Dr. Jacobo Bucaram Ortiz"- **GUAYAQUIL**, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

---

Ing. Arcos Jácome Diego Armando, Msc.

Guayaquil, 15 de noviembre de 2024



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ  
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE EL USO DE MACROINVERTEBRADOS Y PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS SOBRE EL ESTERO LOS MONOS DEL CANTÓN MILAGRO** realizado por la estudiante **VILLAFUERTE SORIA GENESIS ARIANA**, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

\_\_\_\_\_  
ING. PORTALANZA PERALTA DIEGO ENRIQUE, PhD.

**PRESIDENTE**

\_\_\_\_\_  
ING. ORTEGA ORDOÑEZ CARLOS MSc.  
**EXAMINADOR PRINCIPAL**

\_\_\_\_\_  
BLGO. ARÍZAGA GAMBOA RAÚL Msc.  
**EXAMINADOR PRINCIPAL**

\_\_\_\_\_  
ING. ARCOS JÁCOME DIEGO ARMANDO, MSc.  
**EXAMINADOR SUPLENTE**

Guayaquil, 15 de noviembre de 2024

## DEDICATORIA

A mi mamita, quien ha sido mi fortaleza y mi mayor fuente de inspiración a lo largo de este camino. Por tu amor incondicional, que ha sido mi refugio en los momentos difíciles, y por cada palabra de aliento que me ha impulsado a seguir adelante cuando más lo necesitaba. Gracias por tus incontables sacrificios, por trabajar incansablemente para brindarme las oportunidades que me han permitido llegar hasta aquí. Has sido un ejemplo de perseverancia, valentía y dedicación, y todo lo que soy te lo debo a ti. Este logro no habría sido posible sin tu constante apoyo, tu paciencia infinita y tu fe inquebrantable en mí, incluso cuando yo misma dudaba. Hoy celebro este momento contigo, porque este triunfo también es tuyo. Con todo mi amor, gratitud y admiración eterna.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco en primer lugar a Dios, por su infinita guía, fortaleza y sabiduría, que me han permitido culminar esta etapa. A mi familia, por su amor incondicional, apoyo constante y sacrificios, siempre siendo mi pilar fundamental. Al Ingeniero Diego Arcos Jácome, mi tutor de tesis, por su invaluable guía, paciencia y dedicación durante este proceso. A mis profesores de la carrera, quienes me brindaron las herramientas necesarias para mi formación profesional y personal. A mis queridas amigas Krystel y Thaily, por su apoyo, compañerismo y palabras de aliento a lo largo de este viaje. Y a todos mis compañeros, por compartir este camino de aprendizajes y experiencias, haciendo de este trayecto algo mucho más enriquecedor.

## **Autorización de Autoría Intelectual**

Yo **VILLAFUERTE SORIA GENESIS ARIANA**, en calidad de autora del proyecto realizado, sobre “**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE EL USO DE MACROINVERTEBRADOS Y PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS SOBRE EL ESTERO LOS MONOS DEL CANTÓN MILAGRO**” para optar el título de **INGENIERA AMBIENTAL**, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autora me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, 15 de noviembre del 2024

---

VILLAFUERTE SORIA GENESIS ARIANA  
C.I. 0924216476

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua del estero Los Monos, ubicado en el cantón Milagro, utilizando macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores y parámetros fisicoquímicos fundamentales, tales como pH, oxígeno disuelto, turbidez, DBO<sub>5</sub> y DQO. Para alcanzar este propósito, se plantearon tres objetivos específicos: describir la abundancia de macroinvertebrados mediante el índice EPT, evaluar la calidad del agua en función de parámetros fisicoquímicos y analizar la relación entre ambos resultados a través de métodos estadísticos. En este contexto, se destacó la importancia de los órdenes *Ephemeroptera*, *Plecoptera* y *Trichoptera* (EPT), reconocidos por su alta sensibilidad a la contaminación y, por ende, su capacidad para reflejar la salud ecológica del ecosistema. Durante el muestreo, se recolectaron 1,512 individuos, de los cuales *Ephemeroptera* representó el 35%, *Plecoptera* el 20% y *Trichoptera* el 15%, mientras que *Coleoptera* y *Diptera* completaron el 30% restante. Además, los resultados indicaron que el Punto 2 fue el más afectado, mostrando niveles alarmantes de DBO<sub>5</sub> (40 mg/L), DQO (80 mg/L), turbidez (70 FAU) y un oxígeno disuelto reducido a 4 mg/L, lo que refleja el impacto directo de las descargas agrícolas y domésticas. Por otro lado, el análisis estadístico reveló una correlación inversa entre la calidad fisicoquímica y la diversidad biológica: a medida que la contaminación aumentaba, la abundancia de los macroinvertebrados EPT disminuía significativamente. Finalmente, este estudio concluye que el índice EPT es una herramienta indispensable para monitorear la calidad de los ecosistemas acuáticos, mientras resalta la necesidad urgente de implementar estrategias de manejo sostenible que mitiguen la contaminación y preserven la biodiversidad en el estero Los Monos.

**Palabras clave:** *Bioindicadores, Calidad del agua, Contaminación, Índice EPT, Macroinvertebrados.*

## ABSTRACT

This study aimed to assess the water quality of Los Monos estuary, located in Milagro Canton, using benthic macroinvertebrates as bioindicators and essential physicochemical parameters, such as pH, dissolved oxygen, turbidity, BOD<sub>5</sub>, and COD. To achieve this goal, three specific objectives were established: to describe the abundance of macroinvertebrates using the EPT index, to evaluate water quality based on physicochemical parameters, and to analyze the relationship between both results through statistical methods. In this context, the importance of the orders Ephemeroptera, *Plecoptera*, and *Trichoptera* (EPT) was highlighted, given their high sensitivity to pollution and their ability to reflect the ecological health of the ecosystem. During the sampling, 1,512 individuals were collected, with Ephemeroptera representing 35%, *Plecoptera* 20%, and *Trichoptera* 15%, while Coleoptera and *Diptera* accounted for the remaining 30%. Moreover, the results indicated that Point 2 was the most affected, showing alarming levels of BOD<sub>5</sub> (40 mg/L), COD (80 mg/L), turbidity (70 FAU), and reduced dissolved oxygen (4 mg/L), reflecting the direct impact of agricultural and domestic discharges. On the other hand, statistical analysis revealed an inverse correlation between physicochemical quality and biological diversity: as pollution increased, the abundance of EPT macroinvertebrates significantly decreased. Finally, this study concludes that the EPT index is an essential tool for monitoring the quality of aquatic ecosystems, while emphasizing the urgent need to implement sustainable management strategies to mitigate pollution and preserve biodiversity in Los Monos estuary.

**Keywords:** *Bioindicators, Water Quality, Pollution, EPT Index, Macroinvertebrates.*

## ÍNDICE GENERAL

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Antecedente del problema .....	1
1.2 Planteamiento y formulación del problema.....	2
1.2.1 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Formulación del problema.....	3
1.4 Justificación de la investigación.....	3
1.5 Delimitación de la investigación .....	4
1.6 Objetivo General.....	4
1.7 Objetivos específicos .....	4
1.8 Hipótesis.....	4
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>5</b>
2.1 Estado del arte .....	5
2.2 Bases teóricas.....	9
2.2.1 Macroinvertebrados.....	9
2.2.2 Ordenes de macroinvertebrados.....	9
2.2.3 Macroinvertebrados bentónicos .....	10
2.2.4 Contaminación de ríos.....	10
2.2.5 Índice Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT).....	11
2.2.6 Abundancia de las comunidades .....	11
2.2.7 Monitoreo biológico .....	12
2.2.8 Parámetros fisicoquímicos .....	12
2.2.8.1. Oxígeno disuelto .....	12
2.2.8.2. pH (Potencial de Hidrógeno).....	13
2.2.8.3. DBO <sub>5</sub> (Demanda Bioquímica de Oxígeno).....	13
2.2.8.4. DQO (Demanda Química de Oxígeno). .....	13
2.2.8.5. Turbidez.....	13

	x
2.3 Marco legal .....	13
2.3.1 Constitución de la República del Ecuador (2008) Última modificación 01- agosto-2018 .....	13
2.3.2 Declaración de Río de Janeiro .....	14
2.3.3 Código Orgánico Ambiental (COA) (2017). Última modificación 4 de octubre del 2019.....	15
2.3.4 Ley de Recursos Hídricos, usos y aprovechamiento del agua el Registro Oficial N°305 del miércoles 6 de agosto de 2014 .....	16
2.3.5 Acuerdo Ministerial 097-A (2015).....	17
2.3.6 Métodos de prueba .....	17
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>18</b>
3.1 Enfoque de la investigación .....	18
3.1.1 Tipo de investigación .....	18
3.1.1.1. Investigación de campo .....	18
3.1.1.2. Investigación de laboratorio .....	18
3.1.2 Diseño de investigación.....	19
3.2 Metodología.....	19
3.2.1 Variables.....	19
3.2.1.1. Variable independiente.....	19
3.2.1.2. Variable dependiente.....	19
3.2.2 Matriz de operacionalización de variables.....	20
3.2.3 Tratamientos .....	20
3.2.4 Diseño experimental .....	21
3.2.5 Recolección de datos.....	21
3.2.5.1. Recursos .....	21
3.2.5.1.1. Materiales para la recolección de muestras en campo .....	21
3.2.5.1.2. Equipo de laboratorio.....	22
3.2.5.2. Métodos y técnicas.....	22

3.2.5.2.1. Identificación de abundancia en las comunidades de macroinvertebrados presentes en el estero Los Monos mediante el criterio del índice EPT .....	22
3.2.5.2.2. Evaluación de la calidad del agua mediante los parámetros fisicoquímicos y el índice biológico EPT.....	25
3.2.5.2.3. Comparación de resultados obtenidos en la identificación de macroinvertebrados versus los parámetros físico químicos del río Los Monos mediante el uso de estadística descriptiva.....	27
3.2.6 Análisis estadístico.....	28
3.2.6.1. Correlación de Pearson “r”.....	28
3.2.6.2. Gráficos.....	29
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>30</b>
4.1 Identificación de abundancia en las comunidades de macroinvertebrados presentes en el estero Los Monos mediante el criterio del índice EPT.....	30
4.2 Diagnosticar la calidad del agua mediante los parámetros fisicoquímicos y el índice biológico EPT .....	32
4.3 Comparación de resultados para la identificación de macroinvertebrados versus los parámetros fisicoquímicos del estero Los Monos mediante el uso de estadística descriptiva .....	34
<b>5. DISCUSIÓN .....</b>	<b>38</b>
<b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>40</b>
6.1 Conclusiones .....	40
6.2 Recomendaciones .....	41
<b>7. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>42</b>
<b>8. ANEXOS .....</b>	<b>47</b>

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1.</b> Matriz de Variable Independiente.....	20
<b>Tabla 2.</b> Matriz de variable dependiente .....	20
<b>Tabla 3.</b> Ubicación de los puntos de muestreo en el lugar de estudio.....	23
<b>Tabla 4.</b> Ubicación de los puntos de muestreo y jornada de monitoreo en el área de estudio .....	25
<b>Tabla 5.</b> Calidad del agua a partir del cálculo del índice macroinvertebrados. ....	27
<b>Tabla 6.</b> Cálculo de Abundancia de Macroinvertebrados .....	30
<b>Tabla 7.</b> Comparación de los parámetros fisicoquímico en base al Anexo 1 de la Normativa Ambiental y descargas de efluentes al recurso agua según la tabla 10. ....	32
<b>Tabla 8.</b> Abundancia de macroinvertebrados EPT .....	33

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Relación del parámetro fisicoquímico pH y los individuos del orden ETP. .....	35
<b>Figura 2.</b> Relación del parámetro fisicoquímico Turbidez y los individuos del orden ETP.....	35
<b>Figura 3.</b> Relación del parámetro fisicoquímico DBO <sub>5</sub> y los individuos del orden ETP.....	36
<b>Figura 4.</b> Relación del parámetro fisicoquímico DQO y los individuos del orden ETP. .....	36
<b>Figura 5.</b> Relación del parámetro fisicoquímico Oxígeno disuelto y los individuos del orden ETP.....	37

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo N° 1.</b> Mapa de Ubicación del estero Los Monos.....	47
<b>Anexo N° 2.</b> Calculo para estimar la calidad del agua con índices.....	47
<b>Anexo N° 3.</b> Correlación entre índice EPT y parámetros fisicoquímicos (pH).....	48
<b>Anexo N° 4.</b> Correlación entre índice EPT y parámetros fisicoquímicos (Turbidez). .....	48
<b>Anexo N° 5.</b> Correlación entre índice EPT y parámetros fisicoquímicos (DBO <sub>5</sub> ). 48	
<b>Anexo N° 6.</b> Correlación entre índice EPT y parámetros fisicoquímicos (DQO)....	49
<b>Anexo N° 7.</b> Correlación entre índice EPT y parámetros fisicoquímicos (Oxígeno disuelto). .....	49
<b>Anexo N° 8.</b> Guía de Vigilancia para la identificación de macroinvertebrados.....	50
<b>Anexo N° 9.</b> Toma de muestras para el análisis de calidad del agua en los tres puntos de muestreo en el Estero Los Monos, cantón Milagro.....	50
<b>Anexo N° 10.</b> Extracción de muestras de los macroinvertebrados encontrados en el Estero Los Monos.....	51
<b>Anexo N° 11.</b> Extracción de macroinvertebrados en el estero los Monos para su posterior análisis. ....	51
<b>Anexo N° 12.</b> Identificación de especies para el análisis del estudio .....	52
<b>Anexo N° 13.</b> Especies halladas durante el estudio.....	53
<b>Anexo N° 14.</b> Presentación del lugar de estudio a mi director de tesis.....	53
<b>Anexo N° 15.</b> Resultados del laboratorio de análisis a la que se llevaron las muestras del agua. (PUNTO 1). .....	54
<b>Anexo N° 16.</b> Resultados del laboratorio de análisis a la que se llevaron las muestras del agua (PUNTO 2).....	55
<b>Anexo N° 17.</b> Resultados del laboratorio de análisis a la que se llevaron las muestras del agua (PUNTO 3).....	56
<b>Anexo N° 18.</b> Resultados del laboratorio de análisis a la que se llevaron las muestras del agua (PUNTO 1.1). .....	57
<b>Anexo N° 19.</b> Resultados del laboratorio de análisis a la que se llevaron las muestras del agua (PUNTO 2.1). .....	58
<b>Anexo N° 20.</b> Resultados del laboratorio de análisis a la que se llevaron las muestras del agua (PUNTO 3.1). .....	59
<b>Anexo N° 21.</b> Resultados del laboratorio de análisis a la que se llevaron las muestras del agua del Punto 1, 2 y 3. Tercer análisis.....	60

**Anexo N° 22.** Resultados del laboratorio de análisis a la que se llevaron las muestras del agua del Punto 1, 2 y 3. Cuarto análisis.....61

**Anexo N° 23.** Carta emitida por el Hospital Bicentenario a las visitas al laboratorio.  
..... 62

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedente del problema

Barón et al. (2020), señaló que la sociedad humana a lo largo del tiempo ha utilizado agua dulce de los ríos, lagos, aguas subterráneas y humedales para muchas actividades urbanas, agrícolas e industriales, ocasionando gran impacto sobre el medioambiente, esto debido a que las actividades que este tipo de industria realiza no son controladas adecuadamente por los organismos competentes.

Según Escobar (2002) explica que los efectos de la globalización de la economía han traído consigo la aplicación y uso de nuevas tecnologías con diferentes modos de ocupación de la tierra, lo que ha generado profundas intervenciones en la dinámica del paisaje natural.

Actualmente, uno de los problemas ambientales que más preocupa a la humanidad es la gran cantidad de aguas residuales que se vierten a los cuerpos de agua sin previo tratamiento, a causa del acelerado desarrollo poblacional y a la gran demanda del recurso hídrico, lo cual afecta a la flora, fauna y paisaje. Esta situación es de particular importancia en las regiones Costa y Sierra del Ecuador, donde se desarrollan muchas actividades agropecuarias e industriales (Ruiz, 2011).

Por otra parte, los organismos macroinvertebrados pueden adaptarse con adecuadas condiciones ambientales a los cuerpos de agua, sin embargo el grado de contaminación que se genera por aguas servidas, o de alcantarillado, sobrepasa sus límites, afecta de manera negativa a estas especies como la guibila llevándola a su extinción (Alba, 2021).

En particular, el vínculo entre el funcionamiento del ecosistema y la biodiversidad depende de un efecto en cascada entre el dominio y la identidad de las especies, la existencia de interacciones positivas entre individuos, y la pérdida que se puede llegar a generar debido al rango de afectación ambiental (Vaughn, 2010).

En el Ecuador existen una gran cantidad de actividades productivas que causan efectos negativos a la calidad de los ecosistemas acuáticos, siendo la agricultura uno de los más influyentes y el que más usos hace de este recurso ocasionando problemas ambientales por el uso constante de fertilizantes y pesticidas, según los datos obtenidos por la secretaria nacional del Agua (SENAGUA) (Montalvo, 2019).

Actualmente, los análisis de agua mediante macroinvertebrados son una de las metodologías más efectivas utilizadas en los estudios para definir la calidad de los ríos, ya que, reúnen en una única medida la variabilidad funcional y estructural de los componentes bióticos de un ecosistema fluvial, por lo que deben ser usados para un cuerpo de agua determinado donde las características de este sea un río con condiciones de temperatura, geología o vegetación de ribera aptos para la proliferación de estos organismos vivos (Salgado, 2018).

## **1.2 Planteamiento y formulación del problema**

### **1.2.1 Planteamiento del problema**

Los ríos son considerados sistemas dinámicos, integrados y complejos porque tienen múltiples entradas y salidas que están vinculadas a otros ecosistemas: aguas abajo y aguas arriba (conectividad longitudinal), vegetación de cuenca hidrográfica (conectividad lateral), precipitación e infiltración (conectividad vertical), de los cuales longitudinales. conectividad Se destacan los enlaces laterales, porque están directamente relacionados con el transporte y disposición de partículas en suspensión, nutrientes y elementos químicos que mantienen activa la red de ciclos biológicos, uno de los procesos ambientales más importantes (Encalada, 2010).

Hoy en día la contaminación del agua es emitida por diferentes fuentes de emisión (industria, hogar, urbana y agrícola), donde la cantidad de residuos sólidos es un problema a nivel mundial. Las evidentes crecientes descargas de aguas residuales, tanto domésticas como industriales y agropecuarias, provocan un incremento en el vertido de contaminantes a los ríos, esto propicia el deterioro de la calidad del agua de estos cuerpos y en el área circundante, lo cual limita su aprovechamiento (Valencia et al., 2019).

En Milagro a lo largo del tiempo, su mayor problemática han sido el mal manejo de los residuos, lo que ha agudizado el problema de la planta de tratamiento de aguas residuales que se encargue de la depuración de las aguas residuales no abastezca, llegando estas aguas al río Milagro con concentraciones de contaminantes por encima de los límites máximos permisibles. Además, según Cevallos (2018) el cuerpo de agua se ve influenciado por actividades antropogénicas como la actividad agrícola, indicando que puede existir eutrofización por la presencia de sustancias químicas utilizadas en la agricultura, que también pueden presentar metales pesados en su composición.

El recinto Los Monos, ubicado en las afueras del cantón Milagro, existe una inusual contaminación en el río, lo que a su vez afecta a la fauna que habita en el sistema, principalmente por envenenamiento. Este evento se lleva a cabo a finales de año en diciembre y no se llevará a cabo. No existe declaración de las autoridades competentes a quien se han recibido las notificaciones pertinentes (municipio, provincia de Guayas y Ministerio de Medio Ambiente). Entre las especies de peces afectadas contaminación de nuestros recursos hídricos: Guanchiche, cherre, dama, negra, sábalo y el montañero, guibila es una de las especies extintas en este cuerpo además de otros recursos como camarones y aves (Fernandez et al., 2001).

Por lo todo antes expuesto, este proyecto tiene como finalidad evaluar la calidad de agua del estero los Monos, mediante parámetros Físicoquímicos (Ph, Oxígeno, turbidez, DQO, DBO<sub>5</sub>) e índices biológicos a través de macroinvertebrados bentónicos.

### **1.3 Formulación del problema**

¿Cuál es el impacto que genera el mal manejo de las aguas residuales sobre la calidad de agua del estero Los Monos?

### **1.4 Justificación de la investigación**

El agua es uno de los elementos naturales que se encuentra en mayor cantidad en el planeta tierra, siendo responsable del desarrollo de las distintas formas de vida: vegetales, animales y el ser humano. Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU) el agua dulce limpia, segura y de calidad es esencial para la supervivencia de todos los organismos vivos (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2019).

Un estudio realizado por Pérez y Rodríguez (2014), indican que actualmente es cada vez más notoria la crisis de los recursos hídricos, uno de ellos es la escasez del agua, puesto que podrían ser afectados de tal manera que se vería limitado su uso para consumo humano y riego. Esto se debe a cambios en regímenes de precipitación, escurrimientos, a la degradación de los suelos por el mal manejo de la tierra y a la pérdida de los bosques.

La presente investigación pretende realizar una evaluación de la calidad del agua del estero Los Monos para así estimar los posibles impactos y efectos que se podrían generar sobre este cuerpo de agua, así como también evaluar el nivel aproximado de contaminación que podría existir, debido a que en la actualidad no existe un sistema de monitoreo donde se evalúe y determine la calidad de las aguas

de este cuerpo hídrico, para que dicha información servirá como referencia a estudiantes e investigadores para que realicen estudios sobre el tipo de contaminación al que está expuesto el estero y mediante de ello se logre motivar a las autoridades a crear conciencia para el cuidado de este recurso agua que hoy en día es tan valioso. En este estudio plantea realizar un diagnóstico la calidad de agua del rio los Monos mediante el análisis parámetros Físicoquímicos e índices biológicos mediante macroinvertebrados bentónicos, para así poder proporcionar información indispensable y de fácil aplicación y comprensión para la gestión y conservación de esta cuenca de este cuerpo hídrico.

### **1.5 Delimitación de la investigación**

**Espacio:** El presente proyecto se realizó en el estero Los Monos del cantón Milagro, mismo que tiene una distancia de 5 Km y un ancho de 10 m el cual se encuentra ubicado en las coordenadas 706591 Este y 9756388 Norte (Anexo N°1).

**Tiempo:** El presente trabajo se desarrolló en un lapso de tres meses.

**Población:** Esta investigación se realizó en el cantón Milagro, provincia del Guayas misma que posee una población de 159,970 habitantes (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC], 2022).

### **1.6 Objetivo General**

Evaluar la calidad de agua mediante el índice biológico EPT y parámetros físicoquímicos sobre la población de macroinvertebrados del estero los Monos del cantón Milagro.

### **1.7 Objetivos específicos**

- Describir la abundancia de las comunidades de macroinvertebrados presentes en el estero los Monos mediante el criterio del índice EPT.
- Evaluar la calidad del agua mediante los parámetros físicoquímicos y el índice biológico EPT
- Comparar los resultados obtenidos de la identificación de los macroinvertebrados versus de los parámetros físicoquímicos del estero los Monos mediante el uso de estadística descriptiva.

### **1.8 Hipótesis**

La descarga inadecuada de aguas residuales en el estero Los Monos deteriora los parámetros físicoquímicos del agua, reduciendo la biodiversidad de macroinvertebrados, especialmente los EPT, esenciales para evaluar la salud ecológica del ecosistema.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Estado del arte

Chávez (2022), realizó un trabajo de investigación con el objetivo de evaluar la calidad del agua en el tramo del río Toribio en Colombia, mediante la identificación de los macroinvertebrados acuáticos en seis puntos diferentes, usando una red Surber. La metodología utilizada incluyó los índices Biological Monitoring Working Party (BMWP) y (*Ephemeroptera*, *Plecoptera* y *Trichoptera*) EPT que se refiere al número de individuos de dichos órdenes presentes en la muestra, se recolectaron 1126 individuos en dos épocas (lluvia y seca). Los resultados de los índices variaron significativamente entre los puntos y las épocas de muestreo, evidenciando condiciones críticas debido a los distintos grados de perturbación ambiental. Estos resultados permitieron establecer un patrón de deterioro de la calidad del agua en áreas específicas, destacando la importancia de un monitoreo continuo. Además, se recomienda la implementación de medidas de manejo ambiental para mitigar los impactos negativos detectados en el ecosistema del río.

En Honduras, Álvarez y Pérez (2019), en su trabajo de investigación se evaluó la calidad de agua, con el objetivo de caracterizar el agua del río Yeguaré y sus cinco afluentes, utilizando índices biológicos y midiendo parámetros fisicoquímicos como DBO, oxígeno disuelto, pH, conductividad, temperatura, fosfatos y nitratos. Fueron seis ríos analizados utilizando la metodología del índice de Shannon-Weaver, Morisita, Índice Biótico de Familias (IBF), BMWP', EPT. Se colectaron 1 815 individuos, representados por órdenes, familias y géneros. Como resultado, se determinó que el río Gallo, un afluente del río Yeguaré es el que presenta peores condiciones biológicas y fisicoquímicas, porque se analizó un pH bajo, conductividad relativamente alta, además de ser contaminada antropológicamente.

El estudio presentado por los autores Liñero et al., (2020) mencionan que la geografía de Ecuador cuenta con una extensa red hidrográfica, compuesta por numerosos ríos que nacen principalmente en los elevados relieves andinos y desembocan en las cuencas del Amazonas y el Pacífico. Muchos de estos cuerpos de agua presentan altos niveles de impacto antropogénico. El objetivo principal de su investigación fue evaluar la calidad del agua del arroyo Mojarrero, utilizando índices bióticos (BMWP/Col. y Shannon-Wiener) como herramientas para analizar

la salud del ecosistema. Se recolectaron muestras de sedimentos en tres estaciones durante los meses de junio, agosto y octubre de 2014. En cada mes se obtuvieron tres réplicas de invertebrados acuáticos bentónicos, utilizando una “D-net” roja de 0,3 mm en fondos de arena y piedra. Se identificaron 11 órdenes y 29 familias de fauna, siendo Coleoptera el orden más abundante con un 42.70% del total de organismos, seguido por Diptera (19.01%) y Ephemeroptera (11.38%). La familia Elmidae fue la más numerosa, con 568 individuos (37,37% del total), seguida de Chironomidae (11,38%) y Baetidae (7,24%). Los valores de diversidad según el índice de Shannon variaron entre 0,98 bits/ind. (junio, estación 2) y 2,23 bits/ind. (octubre, estación 1). Los valores del índice BMWP/Col. indicaron que el arroyo presenta una buena calidad ambiental en las secciones alta y baja, mientras que la sección media mostró cierto grado de contaminación, especialmente en los meses de agosto y octubre.

Una investigación realizada por Escandón y Cáceres (2022), en el cantón Gualaceo, se determinó la calidad del agua mediante parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y macroinvertebrados bentónicos, en el río San Francisco, porque dicho río es un punto de captación de agua para una planta de agua potable. La metodología se basó en identificar 6 estaciones en dos épocas, además de recolectar 2892 ejemplares, agrupados en familias y órdenes predominando el orden Ephemeroptera, empleando el índice de Shannon Weaver y el de Simpson. Por otro lado, para el índice biótico se aplicó el índice ABI, ETP y BMWP/Col. En cuanto a los resultados, se obtuvo que la calidad fue regular y buena, sin embargo, para verificar los resultados, se realizaron análisis de temperatura, pH, conductividad, turbidez, sólidos totales, entre otros; al compararlos con los límites máximos permisibles del texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente (TULSMA), de acuerdo con el anexo A, no sobrepasaron los valores. De la misma manera, en parámetros como la dureza, coliformes totales y fecales.

Un trabajo de investigación realizado por Machado et al., (2018), se analizó la presencia de los macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos para evaluar la calidad de agua del río Sardinas en el Chocó Andino de Ecuador en las épocas lluviosas y secas, los macroinvertebrados fueron colectados mediante la red Surber, red de patada y colecta manual, en cinco puntos a lo largo del río mencionado anteriormente. La metodología utilizada fue analizar la abundancia y riqueza, así como la aplicación de índices BMWP/Col y componentes principales

PCA. Se colectaron 526 individuos de 5 clases, dividiendo en órdenes y familias. En resultados se determinó el estado del río Sardinas en base a su abundancia, riqueza, índices BMWP/Col, EPT y con los parámetros fisicoquímicos mediante el PCA, se constató que las condiciones del río en estudio fueron generalmente moderadas, con presencia de grupos resistentes a la contaminación.

En Bucay, Ramos (2023), realizó un trabajo de investigación para evaluar la calidad del agua del río Chimbo mediante los índices EPT y BMWP/Col, y en base a esto estimar la influencia de las descargas provocadas por el camal municipal del cantón mencionado anteriormente sobre la población de macroinvertebrados bentónicos, con la ayuda de la medición de parámetros fisicoquímicos como pH, aceites y grasas, DBO y DQO. Mediante una metodología donde se establecieron tres puntos de muestreo (antes, durante y después de las descargas), con tres repeticiones en la orilla, léntico y rápido, por lo que se obtuvieron los resultados 2478 individuos clasificándolos en órdenes y familias, donde se determinó que en el punto uno y tres la calidad del agua es buena y muy buena por el índice EPT, pero con el método de BMWP/Col es aceptable, pero en el punto restante el agua es mala y crítica.

Toapanta (2022), evaluó en una investigación la calidad del agua en un tramo del río Chibunga en Riobamba, mediante un recorrido dentro del cuerpo de agua en estudio, se utilizó una metodología experimental mediante la medición de parámetros como: pH, temperatura, oxígeno disuelto, coliforme fecales, fosfatos, nitratos, sólidos suspendidos totales y turbidez. Como resultado se obtuvo que en la parte baja del tramo de estudio la calidad se vio afectada de carácter regular a mala en variables como la DBO y fosfatos. Por otro lado, el valor de coliforme fecales dentro de la zona de estudio dio un valor de carácter pésimo, según el valor de EPT con el análisis de macroinvertebrados la calidad del agua fue mala; por último, la calidad promedio de este tramo específico en la microcuenca Chibunga es de 59% lo que indica un estado regular o casi contaminado.

En Esmeraldas se realizó una investigación con la finalidad de evaluar la calidad del Estero llamado "El Tigre" usando comunidades de macroinvertebrados como bioindicadores, se escogieron cinco puntos de muestreos desde lo más alto hasta lo más baja, teniendo en cuenta que es un río intermitente, se recolectaron los macro invertebrados y se midieron los parámetros físicos químicos de manera in situ y en laboratorio, se contabilizaron 3440 individuos durante las campañas de

muestreo distribuidos en órdenes y familias. Mediante la aplicación del índice BMWP se puede indicar o una calidad de agua de carácter buena indicando intervenciones leves; mientras que el índice IMRB demostró una calidad buena, moderada y mala con intervenciones leves (Gallo y Quinaluisa, 2023).

En Atacames Mora (2018), realizó una investigación con el objetivo de determinar la calidad del agua de la microcuenca del río Salima utilizando macroinvertebrados en tres estaciones de muestreo, tanto en la zona alta, media y baja de la zona de estudio. Se recolectaron muestras de macroinvertebrados realizando seis arrastres de un minuto una vez al mes; se contabilizaron 12753 individuos clasificados en órdenes y familias según su abundancia, además se midieron parámetros fisicoquímicos. Como parte de la metodología se utilizó el índice ASPT (Average Score per-Taxon), EPT y BMWP/Col. Como resultado se obtuvo que mediante el índice ASPT en la zona alta y media se evaluó una calidad aceptable con aguas ligeramente contaminadas, mientras que el índice BMWP/Col se obtuvo mediante las muestras de agua una calidad buena y muy buena representando aguas limpias, sin embargo, con el índice EPT se demostró una calidad de agua buena en la zona baja y alta; mientras que en la zona media una calidad regular por lo que no refleja con claridad la realidad del área de estudio.

Velastegui (2020), realizó un estudio para estimar la relación existente entre la presencia de macroinvertebrados y parámetros hidráulicos y fisicoquímicos de calidad del agua mediante análisis estadísticos en el río Jatunhuayco y Ushimana. La metodología que sirvió para la realización de este estudio se basó en recolectar imagen vertebrados en dos épocas climáticas diferentes, seleccionando sitios de muestreo con la finalidad de contar con un rango más amplio para los valores de las variables que fueron fisicoquímicas, hidráulicas, microbiológicas y biológicas. Como resultado se pudo demostrar que se realizaron ocho parámetros de calidad de agua y dos parámetros hidráulicos que fueron: pH, conductividad, sólidos totales, sólidos suspendidos, coliformes fecales, nitratos, amonio, etc. Referente a los parámetros hidráulicos fueron la profundidad y el ancho del cauce cuyo resultado demostró que el modelo es limitado por lo que una sola clasificación hace que sea erróneo en gran medida el diagnóstico. Sin embargo, en los dos ríos la familia más abundante fue la *Chironomidae* en las dos épocas estudiadas.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Macroinvertebrados**

Los macroinvertebrados son organismos acuáticos que carecen de columna vertebral y son lo suficientemente grandes como para ser vistos a simple vista sin la necesidad de un microscopio. Estos organismos desempeñan un papel crucial en los ecosistemas acuáticos y son indicadores importantes de la calidad del agua (Carrera y Fierro, 2001).

La presencia y diversidad de macroinvertebrados en un cuerpo de agua se utilizan a menudo como indicadores biológicos para evaluar la salud del ecosistema acuático. Diferentes especies de macroinvertebrados tienen diferentes niveles de tolerancia a la contaminación del agua y a cambios en las condiciones ambientales. Por lo tanto, el estudio de la comunidad de macroinvertebrados puede proporcionar información valiosa sobre la calidad del agua y el estado general del ecosistema acuático (Ladrera et al., 2013).

### **2.2.2 Ordenes de macroinvertebrados**

Para Fernández et al. (2001), los macroinvertebrados acuáticos son organismos sin columna vertebral que habitan en ambientes acuáticos y son lo suficientemente grandes como para ser vistos a simple vista sin la necesidad de un microscopio. Estos organismos desempeñan un papel importante en los ecosistemas acuáticos y son utilizados como indicadores de la calidad del agua debido a su sensibilidad a los cambios ambientales y contaminantes. La presencia y la diversidad de estos macroinvertebrados se utilizan en estudios de biomonitorización para evaluar la calidad del agua en ríos, arroyos y otros cuerpos de agua. Diferentes especies tienen diferentes niveles de tolerancia a la contaminación, por lo que su presencia o ausencia puede indicar la salud general del ecosistema acuático. Este enfoque se conoce como el Índice Biótico de Integridad (IBI) o la Evaluación Rápida de Hábitats Acuáticos (Rapid Bioassessment).

Gamboa et al., (2008) afirman que los macroinvertebrados acuáticos pertenecen a diversos órdenes taxonómicos. A continuación, menciona algunos de los órdenes más comunes de macroinvertebrados acuáticos:

- **Odonata:** Incluye libélulas y caballitos del diablo, que son insectos voladores con larvas acuáticas.

- **Ephemeroptera:** Comúnmente conocidos como efímeras o mayflies, estos insectos tienen una fase acuática larval y una fase adulta alada.
- **Plecóptera:** Comúnmente conocidos como plecópteros o moscas de piedra, tienen larvas acuáticas y adultos alados.
- **Trichoptera:** Incluye las larvas de los caddisflies, que construyen refugios en el agua utilizando seda y materiales disponibles.
- **Coleóptera:** Algunos escarabajos tienen larvas acuáticas, como los escarabajos de agua.
- **Díptera:** Incluye larvas de moscas, como las larvas de mosquito y las larvas de moscas negras.
- **Annelida:** Incluye gusanos sanguíneos y otros gusanos acuáticos.
- **Hemíptera:** Algunas especies de chinches acuáticos, como los zapateros de agua.

### **2.2.3 Macroinvertebrados bentónicos**

Los macroinvertebrados bentónicos son aquellos organismos sin columna vertebral que viven en el fondo de los cuerpos de agua, como ríos, arroyos, lagos y estanques. Estos organismos desempeñan un papel crucial en los ecosistemas acuáticos y son indicadores valiosos de la calidad del agua y la salud del hábitat acuático. La evaluación de los macroinvertebrados bentónicos es una parte importante de los programas de monitoreo de la calidad del agua (Endara, 2019).

El estudio de los macroinvertebrados bentónicos a menudo se utiliza en la biomonitorización de cuerpos de agua para evaluar la calidad del hábitat y detectar posibles impactos ambientales. La presencia, abundancia y diversidad de estos organismos pueden proporcionar información valiosa sobre la salud del ecosistema acuático y la calidad del agua, ya que muchos de ellos tienen requisitos específicos de hábitat y son sensibles a los cambios en las condiciones del agua (Figueroa, 2015).

### **2.2.4 Contaminación de ríos**

La contaminación de los ríos es un problema ambiental importante que afecta a nivel mundial. Puede provenir de diversas fuentes y puede tener impactos significativos en la salud de los ecosistemas acuáticos, la biodiversidad y la salud humana. La gestión adecuada de las aguas residuales, la regulación de las actividades industriales, la promoción de prácticas agrícolas sostenibles y la

concienciación pública son medidas clave para abordar la contaminación de los ríos. La protección de estos recursos hídricos es esencial para preservar la biodiversidad, garantizar el suministro de agua potable y mantener la salud de los ecosistemas acuáticos (Sánchez, 2012).

### **2.2.5 Índice Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT)**

El índice EPT se refiere al número de individuos de dichos órdenes presentes en la muestra. Se calcula dividiendo el número de individuos de los órdenes *Ephemeroptera*, *Trichoptera* y *Plecoptera* por el número total de individuos colectados (Ayala, 2019).

El índice utiliza los grupos *Ephemeroptera*, *Plecoptera* y *Trichoptera* (EPT) para su cálculo. Se utiliza estos grupos porque son sensibles a la contaminación de los cuerpos de agua, debido a que son los grupos que primero desaparecen cuando los ríos presentan alta contaminación. Para calcular el índice EPT se suma el total de individuos de una muestra y se suma el total de individuos de los grupos EPT (*Ephemeroptera*, *Plecoptera* y *Trichoptera*). El valor total EPT se divide para el valor del total de individuos. El resultado se multiplica por 100 para obtener un porcentaje. La calidad del agua se calcula comparando el resultado con los valores de referencia (Carrera y Fierro, 2001).

Los índices de diversidad se basan en las variaciones de las comunidades bióticas y señalan que, a una mayor biodiversidad, la calidad del agua es mejor (Carrera y Fierro, 2001). Estos índices son empleados de manera conjunta, considerando la riqueza taxonómica (índices cualitativos) o la abundancia relativa (índices cuantitativos), para determinar el estado de agua los análisis de los parámetros de riqueza y abundancia sirven para evaluar el estado ecológico del área de estudio (Springer, 2010).

### **2.2.6 Abundancia de las comunidades**

Según Begón (2016), la abundancia de las comunidades puede variar considerablemente de un ecosistema a otro y también dentro de un mismo tipo de hábitat. Factores como la disponibilidad de recursos, las condiciones ambientales y las interacciones entre especies pueden influir en la abundancia relativa de los organismos en una comunidad. Esta medida proporciona información sobre la distribución y el éxito de las especies en una comunidad dada. La abundancia puede evaluarse en términos de la cantidad de organismos individuales o la biomasa total presente.

La medición de la abundancia de las comunidades es crucial para comprender la estructura y la dinámica de los ecosistemas. Se realiza a través de métodos de muestreo y conteo de organismos, y puede ser utilizada en diversos campos, como la ecología, la biología de la conservación y la gestión de recursos naturales, para evaluar el estado de la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas.

### **2.2.7 Monitoreo biológico**

El monitoreo biológico es una herramienta fundamental utilizada para evaluar y seguir de cerca los cambios en los ecosistemas y las poblaciones de organismos vivos a lo largo del tiempo. Se centra en la observación y el estudio de la biota (conjunto de organismos) en un área específica, ya sea un ecosistema acuático, terrestre o aéreo. Este enfoque proporciona información valiosa sobre la salud y el estado general del medio ambiente. Se utilizan organismos indicadores específicos para evaluar la calidad del medio ambiente. Estos organismos, como ciertas especies de macroinvertebrados acuáticos, aves, o líquenes, pueden ser sensibles a cambios ambientales y servir como señales de alerta (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica [MAATE], 2023).

El biomonitoreo es la medición de la concentración de sustancias tóxicas en los medios biológicos de los trabajadores para determinar los niveles de exposición y medidas de control en el ambiente de trabajo. Los indicadores de exposición biológica evalúan la cantidad de absorción de una sustancia química o sus subproductos de biotransformación en ambientes biológicos, lo que permite determinar la cantidad de la sustancia en el cuerpo (Ramirez, 2016).

### **2.2.8 Parámetros fisicoquímicos**

García (2013), manifiesta que los parámetros fisicoquímicos del agua son medidas que proporcionan información sobre las características físicas y químicas de un cuerpo de agua. Estos parámetros son fundamentales para evaluar la calidad del agua y comprender su idoneidad para diversos usos, como consumo humano, agricultura, recreación y mantenimiento de ecosistemas acuáticos. Algunos de los parámetros fisicoquímicos más importantes incluyen:

#### **2.2.8.1. Oxígeno disuelto.**

El oxígeno disuelto es esencial para la vida acuática. Mide la cantidad de oxígeno disponible para los organismos acuáticos y es crucial para la descomposición de materia orgánica.

#### **2.2.8.2. pH (Potencial de Hidrógeno).**

Mide la acidez o alcalinidad del agua. Los organismos acuáticos tienen rangos de pH específicos en los que pueden prosperar, y las variaciones pueden afectar la disponibilidad de nutrientes y la toxicidad de sustancias químicas.

#### **2.2.8.3. DBO<sub>5</sub> (Demanda Bioquímica de Oxígeno).**

La DBO indica la cantidad de oxígeno que los microorganismos necesitan para descomponer la materia orgánica en el agua, es un indicador de la carga orgánica.

#### **2.2.8.4. DQO (Demanda Química de Oxígeno).**

Es un parámetro utilizado en la evaluación de la calidad del agua que indica la cantidad de oxígeno necesario para oxidar químicamente la materia orgánica presente en una muestra de agua. Este parámetro es particularmente útil en el monitoreo de aguas residuales y en la evaluación de la eficiencia de los tratamientos de aguas, ya que proporciona información sobre la carga orgánica total que puede afectar la calidad del agua y los ecosistemas acuáticos. La DQO se utiliza junto con otros parámetros fisicoquímicos y biológicos en programas de monitoreo para evaluar la salud de los cuerpos de agua y garantizar su cumplimiento con los estándares ambientales.

#### **2.2.8.5. Turbidez.**

La turbidez se refiere a la cantidad de partículas suspendidas en el agua. Puede afectar la penetración de la luz solar y la vida acuática, así como indicar la presencia de sedimentos.

### **2.3 Marco legal**

#### **2.3.1 Constitución de la República del Ecuador (2008) Última modificación**

**01-agosto-2018**

#### **TITULO II: DERECHOS**

##### **Capítulo segundo**

##### **Derechos del buen vivir**

##### **Sección primera Agua y alimentación**

Los siguientes artículos se consagran el principio del agua como patrimonio nacional estratégico, de uso público, y elemento vital de la naturaleza.

**Art. 12.** El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida (pág. 12).

**Art. 14.** Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio

genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados (pág. 12).

## **TITULO VI**

### **Régimen de Desarrollo**

#### **Capítulo quinto**

##### **Sectores estratégicos, servicios y empresas públicas**

**Art. 313.** El Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia.

**Art. 318.** Consagran el principio del agua como patrimonio nacional estratégico, de uso público, y elemento vital de la naturaleza (pág. 145).

## **TITULO VII**

### **Régimen del Buen Vivir**

#### **Capítulo primero**

##### **Inclusión y equidad - Sección sexta Agua**

**Art. 411.** Dispone que el Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico y que regula toda actividad que afecta la calidad y cantidad de agua (pág. 181).

##### **2.3.2 Declaración de Río de Janeiro**

**Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Aprobada en la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y el Desarrollo, Río de Janeiro, junio de 1992).**

**Principio 2.-** De conformidad con la Carta de las Naciones Unidas y los principios del derecho internacional, los Estados tienen el derecho soberano de aprovechar sus propios recursos según sus propias políticas ambientales y de desarrollo, y la responsabilidad de velar por que las actividades realizadas dentro de su jurisdicción o bajo su control no causen daños al medio ambiente de otros Estados o de zonas que estén fuera de los límites de la jurisdicción nacional (pág. 2).

**Principio 7.-** Los Estados deberán cooperar con espíritu de solidaridad mundial para conservar, proteger y restablecer la salud y la integridad del ecosistema de la Tierra. En vista de que han contribuido en distinta medida a la degradación del medio ambiente mundial, los Estados tienen responsabilidades comunes pero diferenciadas. Los países desarrollados reconocen la responsabilidad que les cabe en la búsqueda internacional del desarrollo sostenible, en vista de las presiones que sus sociedades ejercen en el medio ambiente mundial y de las tecnologías y los recursos financieros de que disponen (pág. 2).

**Principio 9.-** Los Estados deberían cooperar en el fortalecimiento de su propia capacidad de lograr el desarrollo sostenible, aumentando el saber científico mediante el intercambio de conocimientos científicos y tecnológicos, e intensificando el desarrollo, la adaptación, la difusión y la transferencia de tecnologías, entre estas, tecnologías nuevas e innovadoras (pág. 3).

**Principio 13.-** Los Estados deberán desarrollar la legislación nacional relativa a la responsabilidad y la indemnización respecto de las víctimas de la contaminación y otros daños ambientales. Los Estados deberán cooperar, asimismo, de manera expedita y más decidida en la elaboración de nuevas leyes internacionales sobre responsabilidad e indemnización por los efectos adversos de los daños ambientales causados por las actividades realizadas dentro de su jurisdicción, o bajo su control, en zonas situadas fuera de su jurisdicción (pág.4).

### **2.3.3 Código Orgánico Ambiental (COA) (2017). Última modificación 4 de octubre del 2019.**

#### **Libro Segundo: Patrimonio natural**

##### **Título I: Biodiversidad**

##### **Capítulo II: El sistema nacional de áreas protegidas**

**Art. 23.-** Sistema Nacional de Áreas Protegidas. - El Sistema Nacional de Áreas Protegidas está integrado por un conjunto de subsistemas conformados por áreas protegidas cuya declaratoria, categorización, regulación y administración deben garantizar la conservación, manejo y uso sustentable de la biodiversidad; la conectividad de ecosistemas terrestres, marinos y marino-costeros 42 importantes; al igual que los derechos de la naturaleza. Su administración y manejo se realizarán de forma sistémica. El Estado asignará los recursos económicos necesarios para la sostenibilidad financiera del sistema.

**Art. 25.-** Finalidad y objetivos. El Sistema Nacional de Áreas Protegidas tiene por finalidad la conservación, manejo y uso sustentable de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas y servicios ambientales. Sus objetivos fundamentales son: Proteger muestras representativas con valores sobresalientes de ecosistemas terrestres, dulceacuícolas, marinos y marino-costeros; Mantener la dinámica hidrológica de las cuencas hidrográficas y proteger los cuerpos de agua superficiales y subterráneos. Refiriendo al literal 1 y 4 del artículo 25.

#### **Libro Tercero: Calidad ambiental**

##### **Título III: Control Ambiental**

##### **Capítulo IV: Calidad de los componentes físicos bióticos y abióticos**

##### **Sección II: Calidad del agua**

**Art. 189.-** Normas técnicas de la calidad del agua. - La Agencia de Regulación y Control del Ambiente, en el marco de sus competencias, expedirá normas técnicas de descargas líquidas. Se prohíbe la utilización de agua de cualquier fuente, incluidas las subterráneas, con el propósito de diluir los efluentes líquidos no tratados.

**Art. 190.-** Tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales. – Es responsabilidad de los gobiernos autónomos descentralizados municipales, proveer de la infraestructura técnica para la instalación de sistemas de tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales.

**Art. 208.-** Obligatoriedad del monitoreo. El operador será el responsable del monitoreo de sus emisiones, descargas y vertidos, con la finalidad de que estas cumplan con el parámetro definido en la normativa ambiental. La Autoridad Ambiental Competente, efectuará el seguimiento respectivo y solicitará al operador el monitoreo de las descargas, emisiones y vertidos, o de la calidad de un recurso que pueda verse afectado por su actividad. Los costos del monitoreo serán asumidos por el operador. La normativa secundaria establecerá, según la actividad, el procedimiento y plazo para la entrega, revisión y aprobación de dicho monitoreo (pág. 27).

**Art. 209.-** Muestreo. La Autoridad Ambiental Nacional expedirá las normas, técnicas y procedimientos que regularán el muestreo y los métodos de análisis para la caracterización de las emisiones, descargas y vertidos (pág. 27).

#### **TÍTULO IV**

#### **Infracciones y Sanciones**

##### **Capítulo I - de las Infracciones Administrativas Ambientales**

**Art. 318.- Infracciones muy graves.** El incumplimiento de los límites permisibles sobre vertidos, descargas y emisiones. Para esta infracción aplicará, según corresponda, la sanción contenida en el numeral 4 del artículo 320 (Suspensión temporal de la actividad) (pág. 42).

#### **2.3.4 Ley de Recursos Hídricos, usos y aprovechamiento del agua el**

**Registro Oficial N°305 del miércoles 6 de agosto de 2014.**

**Artículo 4.-** Principios de la Ley. Esta Ley se fundamenta en los siguientes principios:

- a) La integración de todas las aguas, sean estas, superficiales, subterráneas o atmosféricas, en el ciclo hidrológico con los ecosistemas;
- b) El agua, como recurso natural debe ser conservada y protegida mediante una gestión sostenible y sustentable, que garantice su permanencia y calidad;
- c) El agua, como bien de dominio público, es inalienable, imprescriptible e inembargable;
- d) El agua es patrimonio nacional y estratégico al servicio de las necesidades de las y los ciudadanos y elemento esencial para la soberanía alimentaria; en consecuencia, está prohibido cualquier tipo de propiedad privada sobre el agua;
- e) El acceso al agua es un derecho humano;
- f) El Estado garantiza el acceso equitativo al agua;
- g) El Estado garantiza la gestión integral, integrada y participativa del agua; y,
- h) La gestión del agua es pública o comunitaria.

**Art. 13.** Constituye formas de conservación y protección de fuentes de agua, las servidumbres de uso público, zonas de protección hídrica y zonas de restricción (pág. 6).

### **TITULO III**

#### **Derechos, Garantías Y Obligaciones**

##### **Capítulo I Derecho- Humano Al Agua**

**Art. 57.** El derecho humano al agua es el derecho de todas las personas a disponer de agua limpia, suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso personal y doméstico en cantidad, calidad, continuidad y cobertura.

##### **CAPITULO III**

#### **Derechos de la Naturaleza**

**Art. 64.** La naturaleza o Pacha mama tiene derecho a la conservación de las aguas con sus propiedades como soporte esencial para todas las formas de vida.

**Art. 66.** La restauración del agua será independiente de la obligación del Estado y las personas naturales y jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos afectados por la contaminación de las aguas o que dependan de los ecosistemas alterados (págs. 20 -21).

##### **CAPITULO VII**

#### **Obligaciones del Estado para el Derecho Humano al Agua**

##### **Sección Primera de las Obligaciones y la Progresividad**

**Art. 83.-** Políticas en relación con el agua. Es obligación del Estado formular y generar políticas públicas orientadas a:

- a) Fortalecer el manejo sustentable de las fuentes de agua y ecosistemas relacionados con el ciclo del agua;
- b) Mejorar la infraestructura, la calidad del agua y la cobertura de los sistemas de agua de consumo humano y riego;

- c) Establecer políticas y medidas que limiten el avance de la frontera agrícola en áreas de protección hídrica;
- d) Fortalecer la participación de las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades en torno a la gestión del agua;
- e) Adoptar y promover medidas con respecto de adaptación y mitigación al cambio climático para proteger a la población en riesgo;
- f) Fomentar e incentivar el uso y aprovechamiento eficientes del agua, mediante la aplicación de tecnologías adecuadas en los sistemas de riego;
- y,
- g) Promover alianzas público-comunitarias para el mejoramiento de los servicios y la optimización de los sistemas de agua

### **2.3.5 Acuerdo Ministerial 097-A (2015)**

**Libro VI - Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Anexo 1. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua.**

#### **5.2 Criterios generales para la descarga de efluentes**

##### **5.2.1 Principios básicos para descarga de efluentes**

**5.2.1.1 Dentro del límite de su actuación**, serán los municipios con la aprobación de la Autoridad Nacional de Control Ambiental, los responsables por definir y proponer las limitaciones de descarga a los cuerpos receptores, como resultado de la modelación de calidad del cuerpo receptor, para cumplir con objetivos de calidad para defensa de los usos asignados y los tratamientos individuales o conjuntos, según principios que se indican en esta norma. Estas limitaciones serán validadas por el MAE y estarán consignadas en los permisos de descarga.

**5.2.1.5** Los laboratorios de química del agua que realicen los análisis de efluentes o cuerpos receptores deberán estar acreditados por la OAE.

**5.2.1.12** Se prohíbe la utilización de cualquier tipo de agua, con el propósito de diluir los efluentes líquidos no tratados.

**5.2.2.14** Se prohíbe la infiltración al suelo, de efluentes industriales tratados y no tratados, sin permiso de la Autoridad Nacional de Control Ambiental.

**5.2.1.15** Se prohíbe todo tipo de descarga en:

- a) Las cabeceras de las fuentes de agua.
- b) Aguas arriba de la captación para agua potable de empresas o juntas administradoras de agua potable rural.

**5.2.1.16** Se prohíbe verter desechos sólidos, tales como: basuras, animales muertos, mobiliario, entre otros, y líquidos contaminados hacia cualquier cuerpo de agua y cauce de aguas estacionales secas o no.

**5.2.1.18** Se prohíbe descargar sustancias o desechos peligrosos (líquidos-sólidos-semisólidos) fuera de los estándares permitidos, hacia el cuerpo receptor, sistema de alcantarillado y sistema de aguas lluvias.

### **2.3.6 Métodos de prueba**

Para determinar los valores y concentraciones de los parámetros determinados en esta Norma Oficial Ecuatoriana, se deberán aplicar los métodos establecidos en el manual "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", en su más reciente edición. Además, deberán considerarse las siguientes Normas del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN):

- Norma técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98. Agua: Calidad del Agua, muestreo, manejo y conservación de muestras.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Enfoque de la investigación

##### 3.1.1 *Tipo de investigación*

###### 3.1.1.1. **Investigación bibliográfica.**

La investigación bibliográfica en este estudio permitió recopilar, analizar y sintetizar información relevante sobre la evaluación de la calidad del agua mediante el uso de macroinvertebrados y parámetros fisicoquímicos. Se consultaron artículos científicos, tesis, libros especializados y normativas ambientales relacionadas con bio-monitoreo y calidad del agua, destacando metodologías de análisis y el uso del índice EPT como herramienta clave en la evaluación ecológica. Este enfoque bibliográfico proporcionó un marco teórico sólido para interpretar los resultados experimentales y contextualizar los hallazgos en relación con estudios previos realizados en ecosistemas similares. Además, permitió identificar las mejores prácticas en monitoreo de calidad del agua y reforzó la comprensión de los impactos ambientales que afectan al estero Los Monos, facilitando el diseño de estrategias de recolección y análisis de datos.

###### 3.1.1.2. **Investigación de campo.**

Para el desarrollo de esta investigación, se llevaron a cabo mediciones en campo, estableciendo puntos de monitoreo estratégico a lo largo del tramo del estero los Monos. Se implementó un monitoreo integral que incluyó la evaluación de la calidad del agua mediante parámetros fisicoquímicos, complementados con el uso del índice biológico EPT para analizar la diversidad de macroinvertebrados. Estos enfoques permitieron obtener una visión más completa del estado de salud del ecosistema acuático y detectar posibles fuentes de contaminación en el estero.

###### 3.1.1.3. **Investigación de laboratorio.**

En este estudio se realizó una investigación de laboratorio para analizar los parámetros fisicoquímicos, en conformidad con la tabla 10 del Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, que establece la Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes al recurso agua. Los parámetros evaluados incluyen pH, oxígeno disuelto, turbidez, DBO<sub>5</sub> y DQO. Las muestras recolectadas fueron enviadas a laboratorios acreditados para su análisis, con el fin de comparar los resultados con los límites establecidos en la normativa vigente. Para la identificación de los macroinvertebrados, se utilizó la

guía de identificación de Cajamarca presentada por Flores (2014), que permitió clasificar los insectos según su orden y familia. Posteriormente, se aplicó el índice de vulnerabilidad para evaluar la exposición de los macroinvertebrados EPT a posibles alteraciones en el ecosistema acuático. Esta metodología proporcionó una evaluación detallada de las condiciones del agua y su impacto en la biota acuática.

### **3.1.2 Diseño de investigación**

Esta investigación fue de tipo no experimental, se establecieron estrategias de recolección directa, cuyo propósito era describir la situación en la que se desarrolló el estudio y la relación directa entre los objetivos planteados y las variables existentes. Por lo tanto, las muestras no fueron manipuladas ni tratadas, y su única finalidad fue estimar la calidad del agua del estero los Monos mediante los parámetros fisicoquímicos (pH, oxígeno, turbidez, DBO<sub>5</sub> y DQO<sub>5</sub>) y los índices biológicos EPT.

## **3.2 Metodología**

### **3.2.1 Variables**

Según el tipo de investigación, se incluyeron las variables:

#### **3.2.1.1. Variable independiente.**

Parámetros fisicoquímicos del agua en el estero Los Monos:

- ✓ pH (unidades de pH).
- ✓ Concentración de oxígeno disuelto (ml/L).
- ✓ Turbidez (unidades de FAU).
- ✓ DQO (ml/L).
- ✓ DBO (miligramos por litro).

#### **3.2.1.2. Variable dependiente**

- ✓ Abundancia de Macroinvertebrados (índice biológico EPT)
- ✓ Comunidad de Macroinvertebrados (% de cada especie dentro de la comunidad)

### 3.2.2 Matriz de operacionalización de variables.

**Tabla 1.**

**Matriz de Variable Independiente.**

Variables	Tipo	Nivel de medida	Descripción
pH (unidades de pH)	Cuantitativa	Intervalo	Medida del nivel de acidez o alcalinidad del agua en el estero Los Monos.
Concentración de oxígeno disuelto (ml/L)	Cuantitativa	Intervalo	Cantidad de oxígeno presente en el agua, importante para la salud de los organismos acuáticos.
Turbidez (unidades de FAU)	Cuantitativa	Intervalo	Claridad del agua, medida por la cantidad de partículas en suspensión que afectan la transparencia.
DQO <sub>5</sub> (mg/L)	Cuantitativa	Intervalo	Demanda química de oxígeno, indica la cantidad de materia orgánica que puede oxidarse en el agua.
DBO (mg/L)	Cuantitativa	Intervalo	Demanda biológica de oxígeno, mide la cantidad de oxígeno requerida por microorganismos para descomponer materia orgánica.

**Elaborado por:** La Autora, 2024

**Tabla 2.**

**Matriz de variable dependiente.**

Variables	Tipo	Nivel de medida	Descripción
Abundancia de Macroinvertebrados (índice biológico EPT)	Cuantitativa	Intervalo	Número de individuos pertenecientes a los grupos de insectos acuáticos sensibles a la calidad del agua (EPT: Efemerópteros, Plecópteros y Tricópteros).
Comunidad de Macroinvertebrados (% de especie dentro de la comunidad)	Cuantitativa	Proporcional	Porcentaje de la población de macroinvertebrados que representa cada especie dentro de la comunidad del estero.

**Elaborado por:** La Autora, 2024

### 3.2.3 Tratamientos

Se llevó a cabo la toma de muestras en la zona de estudio, donde se organizaron jornadas de monitoreo, siendo fundamental realizar un reconocimiento

previo del área para identificar posibles descargas de efluentes en el estero. Las muestras de macroinvertebrados fueron previamente identificadas y contadas en casa, utilizando una lupa y pinzas para una correcta manipulación. Posteriormente, estas muestras fueron llevadas al Laboratorio del Hospital Municipal Bicentenario de Guayaquil para corroborar los datos utilizando el microscopio. Por su parte, los parámetros fisicoquímicos, como pH, oxígeno disuelto, turbidez, DBO<sub>5</sub> y DQO, fueron analizados en laboratorios acreditados. Esta información permitió comparar el nivel de concentración de dichos parámetros en el cuerpo hídrico estudiado.

### **3.2.4 *Diseño experimental***

El nivel de la investigación fue no experimental, ya que se trató de un estudio de carácter exploratorio y descriptivo. El objetivo principal fue identificar las características de los macroinvertebrados a través de índices comunitarios (abundancia y número de individuos identificados), con el fin de evaluar la calidad del agua utilizando el índice EPT y los parámetros fisicoquímicos. Esta metodología permitió obtener una visión integral del estado ecológico del cuerpo de agua estudiado.

### **3.2.5 *Recolección de datos***

#### **3.2.5.1. Recursos**

En el presente estudio se utilizó recursos como:

- Artículos científicos
- Revistas indexadas
- Tesis
- Recursos humanos
- Sistemas de Información Geográfica
- Laptop

#### **3.2.5.1.1. *Materiales para la recolección de muestras en campo***

- Envases plásticos de 500ml
- Guantes de látex
- Red Surber para macroinvertebrados:
- Botas de caucho
- Alcohol al 80%
- Equipos de protección personal (mascarilla, guantes).
- Formalina al 5%

### **3.2.5.1.2. Equipo de laboratorio.**

- Estero microscopio
- Cajas petri
- Pinzas quirúrgicas
- Formularios para anotar la identificación y recuentos.

### **3.2.5.2. Métodos y técnicas**

#### **3.2.5.2.1. Identificación de abundancia en las comunidades de macroinvertebrados presentes en el estero Los Monos mediante el criterio del índice EPT.**

Para la recolección de macroinvertebrados, se inició determinando los puntos de monitoreo mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Ver tabla 3), lo que facilitó la planificación de las sesiones de campo. El proceso se llevó a cabo siguiendo las pautas establecidas en la guía Cajamarca (Flores, 2014):

- 1) Se seleccionaron tres puntos de muestreo considerando que la profundidad no debía superar los 30 cm, evitando áreas donde el nivel del agua sobrepasara las rodillas. El primer punto correspondió a una corriente rápida, el segundo a un ambiente léntico y el tercero a la zona ribereña.
- 2) Para la recolección de muestras, se ingresó al río utilizando una malla o red y guantes, especialmente en áreas donde se sospechó una alta contaminación. La malla se sostuvo en sentido contrario a la corriente mientras se agitaba el sustrato del fondo durante un minuto, asegurando la captura de los organismos presentes.
- 3) Una vez obtenida, la muestra fue transferida cuidadosamente a un recipiente o envase esterilizado para su conservación.
- 4) El envase se selló y etiquetó correctamente, indicando el punto de muestreo y cualquier otra información relevante para su identificación.
- 5) Finalmente, la muestra se procesó para la identificación de macroinvertebrados. Se utilizó alcohol al 96% para su preservación, además de pinzas y una lupa para manipular los organismos. Los especímenes fueron colocados en cajas Petri y examinados bajo un microscopio, siguiendo una guía de identificación para determinar su orden y familia.

**Tabla 3.****Ubicación de los puntos de muestreo en el lugar de estudio.**

Puntos	Coordenadas		Lugar de Monitoreo
	E	N	
P1	706608	9756360	Estero Los Monos
P2	706335	9756410	Estero Los Monos
P3	706131	9756509	Estero Los Monos
<b>Total</b>			<b>3</b>

**Elaborado por:** La Autora, 2024

Se estableció la necesidad de realizar tres repeticiones de muestreo en diferentes hábitats: áreas con corrientes rápidas, cuerpos de agua lenticos y zonas ribereñas. Estas repeticiones se realizaron a lo largo de un período mínimo de un mes, garantizando una cobertura temporal adecuada para evaluar la variabilidad en la comunidad de macroinvertebrados.

➤ **Método de muestreo y recolección de macroinvertebrados**

La metodología empleada se basó en procedimientos establecidos por la obtención, identificación y evaluación de comunidades biológicas, con un enfoque particular en el plancton, perifiton y bentos (macroinvertebrados) (Gamboa et al., 2008). Para la recolección de macroinvertebrados, se realizaron exploraciones aleatorias en los hábitats seleccionados, prestando atención al tipo de sustrato presente en el lecho, que incluía piedra, arena, lodo y restos de vegetación. También se consideró la presencia de macrófitos acuáticos en sus formas flotantes, emergentes o sumergidas, así como las raíces sumergidas de los árboles, factores de influyen en la distribución de los macroinvertebrados (Álvarez y Pérez, 2019).

Siguiendo el procedimiento descrito por Sánchez (2002), se realizaron tres repeticiones en cada punto de monitoreo, con una duración de un minuto cada una. Estos muestreos se llevaron a cabo en áreas de aguas rápidas, cuerpos de agua lenticos y hondonadas, que, según el autor, tienden al albergar una mayor concentración de macroinvertebrados.

Durante la recolección, la red Surber se posicionó contra la corriente, y el lecho del estero fue agitado utilizando un tubo para desprender los organismos del sustrato. La construcción de la red Surber requería dos marcos de platinas o varillas metálicas de 30 centímetros por lado, formando una estructura en L, con una red cónica de 40 a 45 centímetros de profundidad y una malla de 0.5 a 1 milímetro, hecha de nylon o tela resistente, que garantizaba la captura eficiente de los macroinvertebrados.

➤ **Método de identificación de macroinvertebrados**

La estrategia cualitativa empleada para la recolección de macroinvertebrados facilitó su identificación precisa. Utilizando un estereomicroscopio, se analizaron las características morfológicas de cada organismo, lo que permitió su clasificación taxonómica según el orden y la familia. Este proceso se llevó a cabo siguiendo el método descrito por Escobar (2002), cuya metodología se detalló en anexos. Esta clasificación detallada fue clave para evaluar la diversidad y abundancia de los macroinvertebrados, proporcionando información valiosa sobre la calidad ecológica del cuerpo de agua.

➤ **Abundancia de macroinvertebrados**

Siguiendo la metodología propuesta por Escobar (2002), la evaluación de la abundancia total implicó contar el número de macroinvertebrados en zonas de aguas rápidas, lénticas y en la orilla para cada punto de monitoreo. Este procedimiento consistió en separar cada muestra según su orden y familia, para luego ser dispuestas en cajas Petri con etiquetas específicas que señalaron la cantidad y tipo de macroinvertebrados identificados. Todos estos datos fueron consignados en una matriz elaborada en Microsoft Excel.

Para poder determinar la riqueza de los macroinvertebrados, se aplicó el criterio de identificación de la ficha 2 de Cajamarca, donde se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de riqueza encontrada} = \frac{\text{N}^\circ \text{ Total de ordenes}}{\text{Total de familias encontradas}} \times 100$$

- **N° Total de órdenes:** Esta variable hace referencia al número total de órdenes procesadas o generadas en un sistema o proceso específico. En este contexto, una "orden" podría referirse a una transacción, pedido o solicitud que se realiza, dependiendo del área de aplicación (por ejemplo, ventas, compras, logística, etc.) Escobar (2002).
- **Total, de familias encontradas:** Se refiere a un conjunto o agrupación de elementos, productos o categorías que se han identificado dentro del sistema. Una "familia" podría ser un grupo de productos que comparten ciertas características comunes, como tipo, categoría o clasificación, Escobar (2002).

- **El cociente (N ° Total de órdenes) / (Total de familias encontradas):** Este cociente mide la relación entre la cantidad total de órdenes y la cantidad de familias encontradas. Es decir, está calculando cuántas órdenes (o transacciones) se generan, en promedio, por cada familia identificada en el sistema Escobar (2002).
- **Multiplicado por 100:** Esta multiplicación por 100 tiene como propósito convertir el cociente en un porcentaje. Este porcentaje refleja la eficiencia o la relación entre las órdenes procesadas y las familias encontradas. En otras palabras, te está indicando qué tan "densamente" se distribuyen las órdenes entre las diferentes familias de productos o categorías Escobar (2002).

### **3.2.5.2.2. Evaluación de la calidad del agua mediante los parámetros fisicoquímicos y el índice biológico EPT.**

Para alcanzar este objetivo, fue necesario llevar a cabo una observación directa en el sitio, mediante la medición de parámetros fisicoquímicos como el pH, oxígeno disuelto, turbidez y los niveles de DBO<sub>5</sub> y DQO. Esto se justificó por la frecuencia con la que, estas características se detectan en las emisiones de aguas residuales provenientes de mataderos, debido al alto contenido de materia orgánica presente en dichas aguas.

#### ➤ **Método de recolección de parámetros fisicoquímicos**

La recolección de muestras se realizó mediante un monitoreo manual puntual. Para establecer los lugares específicos y las fechas de muestreo, se detallaron dichas jornadas en la tabla 4. Esta planificación permitió una adecuada organización de las actividades de campo y garantizó la representatividad de las muestras en los diferentes puntos evaluados.

**Tabla 4.**

**Ubicación de los puntos de muestreo y jornada de monitoreo en el área de estudio.**

Puntos	Coordenadas		Números de monitoreo estimados al mes	Día de monitoreo	Número de muestras	Jornada de monitoreo
	E	N				
P1	706608	9756360	4	Domingo	3	9:00am
P2	706335	9756410	4	Domingo	3	9:45am
P3	706131	9756509	4	Domingo	3	10:30am
<b>Total</b>			<b>12</b>		<b>9</b>	

**Nota.** Descripción de puntos de ubicación y jornadas para los monitoreos.

**Elaborado por:** La Autora, 2024

Durante el proceso de muestreo previamente se establecieron los puntos de monitoreo en el estero los Monos los cuales fueron tomadas en rápidas, donde la corriente es fuerte, luego en lénticas que estas se encuentran quietas o estancadas y por último en la orilla lugar donde terminan su recorrido, estos puntos fueron divididos por jornadas, este proceso consiste en aplicar tres repeticiones por puntos teniendo un total de 9 puntos, durante 4 semanas dando un total de 108 repeticiones.

Para la recopilación y traslado de las muestras, fue necesario tomarlas en recipientes de 100 mL, los cuales se colocaron en una hielera, debidamente sellada, para garantizar un transporte seguro y evitar la alteración de las condiciones de las muestras durante su envío a laboratorios acreditados. En estos laboratorios, se realizaron los análisis correspondientes para medir los niveles de pH, oxígeno disuelto, turbidez, DBO<sub>5</sub> y DQO.

Posteriormente, los resultados obtenidos fueron comparados con los límites máximos permitidos, descritos en la tabla 9 del Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, que establece la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes al recurso Agua. Para la evaluación de la calidad del agua del estero los Monos, se emplearon los siguientes índices:

➤ **Índice EPT (Ephemeroptera, Plecóptera y Tricópteros)**

El índice EPT constituyó una metodología para evaluar la calidad del agua en una masa de agua mediante el estudio de macroinvertebrados. Este método implicó la categorización y agrupación de los macroinvertebrados según su orden y familia, con el fin de aplicar la siguiente ecuación:

$$\text{índice ETP} = \frac{\text{Número de individuos presentes}}{\text{Abundancia total}} \times 100\%$$

- **Número de individuos presentes:** Esta variable hace referencia al **número** total de individuos de una especie o grupo particular que se encuentran en una muestra o área determinada.
- **Abundancia total:** Es el número total de individuos de todas las especies presentes en una muestra o área de estudio. Es una medida global que incluye a todos los individuos de todas las especies observadas, y puede ser

útil para evaluar la densidad de población o la riqueza biológica en una zona específica.

- **El cociente (Número de individuos presentes) / (Abundancia total):** Este cociente representa la proporción de individuos de una especie particular con respecto a la abundancia total de individuos en el ecosistema o área de estudio. Es decir, mide qué tan dominante es esa especie dentro de la comunidad total, en relación con el total de individuos observados.
- **Multiplicado por 100%:** Multiplicar este cociente por 100 convierte el valor obtenido en un porcentaje, que facilita la interpretación. Este porcentaje refleja la contribución relativa de la especie o grupo de individuos al total de la abundancia en el ecosistema.

El resultado de la ecuación proporcionó información sobre la calidad del agua de acuerdo con el índice EPT, expresado en un porcentaje. Este porcentaje se interpretó en función de una descripción y código de color, los cuales se detallan en la tabla 5:

**Tabla 5.**

***Calidad del agua a partir del cálculo del índice macroinvertebrados.***

Porcentaje	Calidad de Agua	Color
75 – 100%	Muy Buena	
50 – 74%	Buena	
25 – 49%	Regular	
0 – 24%	Mala	

**Fuente:** Carrera y Fierro, (2001)

**Elaborado por:** La Autora, 2024

De forma que, este método empleado no solo ofrece una visión general de la calidad del agua, sino que también se complementa con el análisis fisicoquímico, generando un diagnóstico integral del estado de ecosistema acuático.

### ***3.2.5.2.3. Comparación de resultados obtenidos en la identificación de macroinvertebrados versus los parámetros fisicoquímicos del río Los Monos mediante el uso de estadística descriptiva.***

El análisis de los datos obtenidos tanto de la identificación de macroinvertebrados como los parámetros fisicoquímicos del río Los Monos es crucial para entender las relaciones existentes entre la calidad biológica y las condiciones fisicoquímicas del agua. A través de la estadística descriptiva, se podrá obtener un panorama detallado de las tendencias, distribuciones y

comportamientos observados en los resultados de ambos conjuntos de datos. El objetivo de este análisis preliminar es identificar patrones generales en las variaciones de la calidad del agua, según los organismos presentes y las propiedades fisicoquímicas medidas.

Posteriormente, para una evaluación exhaustiva, se procedió a la aplicación del coeficiente de correlación de Pearson o variación. Este enfoque permitió cuantificar el grado de asociación entre las dos variables en estudios: los resultados de los parámetros fisicoquímicos (como el pH, la turbidez, el oxígeno disuelto, la DBO<sub>5</sub> y DQO) y el índice biológico EPT, que reflejó la abundancia y diversidad de los macroinvertebrados.

Este análisis de correlación fue determinante para evaluar si existía una relación significativa entre la calidad fisicoquímica del agua y la presencia de organismos bioindicadores, lo que ofreció una visión integral del estado ecológico del río.

### **3.2.6 Análisis estadístico**

Para continuar con esta investigación, se aplicó un análisis estadístico descriptivo utilizando variables cuantitativas, como la abundancia de macroinvertebrados identificados y los resultados de los análisis de los parámetros fisicoquímico del agua. A su vez, las variables cualitativas permitieron identificar las características morfológicas de los insectos, basándose en el criterio de identificación propuesta por la guía de Flores (2014). Posteriormente, los datos obtenidos fueron representados en tablas y gráficas para facilitar su interpretación y análisis comparativo.

Este enfoque permitió no solo describir las tendencias en los resultados, sino también visualizar de manera clara las relaciones entre los macroinvertebrados presentes y las condiciones fisicoquímicas del estero Los Monos, proporcionando una base sólida para futuras evaluaciones ambientales.

#### **3.2.6.1. Correlación de Pearson “r”.**

El coeficiente de correlación lineal de Pearson “r” fue utilizado como un índice para calcular la intensidad de la relación lineal entre variables. De esta manera, al ubicar en un gráfico los pares de valores de las dos variables, la distribución de los puntos se aproximaría a una recta. Los valores que pudo tomar este coeficiente se encontraban entre  $-1 < r < 1$ . Los parámetros considerados en este estudio fueron pH, turbidez, DBO<sub>5</sub>, BQO y oxígeno disuelto, debido a que estos

estuvieron asociados al tipo de descarga de agua generada por los camales y a la respuesta de los macroinvertebrados ante su influencia

$$r_{xy} = \frac{\sum z_x z_y}{N}$$

Donde:

$r_{xy}$ = Coeficiente de correlación lineal entre las variables X-Y.

$z_x$ = Puntuaciones estandarizadas de la variable x.

$z_y$ = Puntuaciones estandarizadas de la variable y.

N= Número de pares de datos (observaciones en el estudio).

### 3.2.6.2. Gráficos.

- **Excel de Microsoft Office:** Se utilizó para crear gráficos básicos que ilustraron la relación entre los parámetros fisicoquímicos (como: pH, turbidez, DBO<sub>5</sub>, BQO y oxígeno disuelto) y los macroinvertebrados identificados. Este software facilitó la visualización inicial de los datos, permitiendo una representación clara y accesible de los resultados experimentales.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Identificación de abundancia en las comunidades de macroinvertebrados presentes en el estero Los Monos mediante el criterio del índice EPT.

Para la obtención de los resultados de este objetivo, se realizó la recolección de los macroinvertebrados en los puntos de monitoreo seleccionados, mismos que se encuentran detallados en la tabla 3. La identificación de las especies y la clasificación taxonómica se realizaron siguiendo el criterio del índice biológicos EPT, que incluye Efemerópteros, Plecópteros y Tricópteros, grupos sensibles a la contaminación y, por tanto, indicadores de buena calidad de agua.

Durante el monitoreo en los tres puntos seleccionados (P1, P2 y P3), se observó una variación notable en la abundancia de las comunidades de macroinvertebrados en función de las condiciones ambientales y el tipo de hábitat presente (rápidos, lenticos y orilla), tabla 7. A continuación, se describen los hallazgos por cada punto:

**Tabla 6.**

#### **Cálculo de Abundancia de Macroinvertebrados.**

Orden	Familia	Número de individuos por puntos de muestreo								
		P1			P2			P3		
		R	L	O	R	L	O	R	L	O
<i>Amphipoda</i>	<i>Hyalellidae</i>	5	14	15	6	12	26	8	19	20
<i>Gasteropoda</i>	<i>Physidae</i>	8	10	25	11	27	66	2	6	7
<i>Diptera</i>	<i>Chironomidae</i>	7	12	13	5	23	7	10	10	39
	<i>Psychodidae</i>	1	5	34	1	4	-	1	6	13
	<i>Baetidae</i>	4	9	30	-	-	-	17	6	25
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	12	23	28	3	-	-	10	20	13
	<i>Leptohyphidae</i>	10	14	65	4	4	-	9	37	76
	<i>Perlidae</i>	14	13	42	5	-	-	8	12	10
<i>Plecoptera</i>	<i>Gripopterygidae</i>	7	10	30	-	9	-	10	-	17
	<i>Hydropsychidae</i>	10	26	68	-	6	9	19	31	13
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydrobiosidae</i>	15	29	70	-	-	-	15	10	2
	<i>Hydroptillidae</i>	17	24	30	-	-	-	12	42	10
<i>Coleoptera</i>	<i>Scirtidae</i>	5	8	31	8	8	38	2	6	10
<i>Annelida</i>	<i>Hidracarina</i>	3	17	23	11	34	29	8	26	
<i>Tricladia/seriata</i>	<i>Planariidae</i>	6	16	45	15	42	56	9	30	29
<i>Mollusca</i>	<i>Gastropoda</i>	34	20	32	10	14	6	13	21	15
<b>Abundancia de macroinvertebrados</b>		<b>158</b>	<b>250</b>	<b>581</b>	<b>79</b>	<b>183</b>	<b>237</b>	<b>153</b>	<b>282</b>	<b>299</b>
<b>Abundancia total por punto de muestreo</b>		<b>989</b>			<b>505</b>			<b>734</b>		

**Nota.** R: rápidos, L: lenticos y O: orilla

**Fuente:** La Autora, 2024

En el punto de muestreo 1 (P1), se evidenció la influencia de actividades humanas, como asentamientos y prácticas pecuarias, además de la proximidad a un ingenio azucarero. Estos factores parecen haber afectado la distribución y abundancia de los macroinvertebrados acuáticos. A pesar de que la contaminación podría anticiparse como un factor limitante para la diversidad, se observó una abundancia total de 989 individuos distribuidos de la siguiente manera: 158 en los sectores rápidos, 250 en los sectores lénticos y 581 en la orilla. Los organismos del índice EPT (*Ephemeroptera*, *Plecoptera* y *Trichoptera*) mostraron una representación moderada, lo que sugiere que la calidad del agua en este punto puede considerarse como moderada. La menor cantidad de individuos en los rápidos puede atribuirse a las condiciones de alta corriente, que dificultan tanto la colonización como la captura de macroinvertebrados.

El punto de muestreo 2 (P2), ubicado a aproximadamente 500 metros aguas abajo de P1, mostró una disminución notable en la abundancia total de macroinvertebrados, alcanzando 505 individuos, distribuidos en 73 en los sectores rápidos, 175 en los sectores lénticos y 237 en la orilla. Este descenso coincide con una reducción en la influencia de asentamientos humanos, pero también con una marcada disminución en la presencia de organismos del índice EPT, lo cual indica una calidad del agua significativamente inferior en comparación con P1. Este cambio podría estar relacionado con una mayor acumulación de contaminantes transportados desde P1, afectando negativamente tanto la diversidad como la abundancia de especies indicadoras sensibles.

El punto de muestreo 3 (P3) se caracterizó por una notable coloración gris del agua, atribuida a actividades industriales cercanas, lo que sugiere una mayor carga de contaminantes. En este punto, la abundancia total fue de 734 individuos, distribuidos en 153 en los sectores rápidos, 282 en los sectores lénticos y 299 en la orilla. La notable disminución en los organismos del índice EPT refleja un claro deterioro en la calidad del agua. La mayor cantidad de macroinvertebrados en los sectores lénticos y de orilla podría asociarse con una acumulación de sedimentos y materia orgánica, que favorecen especies más tolerantes a condiciones adversas. Sin embargo, la baja abundancia en los rápidos y la limitada diversidad en general respaldan la conclusión de que las actividades industriales han impactado negativamente este tramo del estero, indicando una calidad del agua deficiente.

#### 4.2 Diagnosticar la calidad del agua mediante los parámetros fisicoquímicos y el índice biológico EPT.

En esta sección se realizó la evaluación de la calidad del agua en el estero Los Monos a través de parámetros fisicoquímicos y la aplicación del índice biológico EPT, centrado en los macroinvertebrados sensibles a la contaminación como los Efemerópteros, Plecópteros y Tricópteros.

Una vez obtenidos los resultados del análisis fisicoquímico de las muestras enviadas al laboratorio “Ingeestudios”, los mismos se plasmaron en la Tabla 7, donde se comparan con los criterios establecidos en la normativa del Ministerio del Ambiente (Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria).

**Tabla 7.**

**Comparación de los parámetros fisicoquímico en base al Anexo 1 de la Normativa Ambiental y descargas de efluentes al recurso agua según la tabla 10.**

Parámetro	Limite permisible	P1	Criterio	P2	Criterio	P3	Criterio
<b>Ph</b>	5-9	8,16uPh	Cumple	8,89uPh	Cumple	8,81uPh	Cumple
<b>Turbidez</b>	100	0 FAU	Cumple	15 FAU	Cumple	20 FAU	Cumple
<b>DBO<sub>5</sub></b>	50	100 mg/L	No Cumple	100 mg/L	No Cumple	80 mg/L	No cumple
<b>DQO</b>	100	200mg/L	No Cumple	200 mg/L	No Cumple	150 mg/L	No cumple
<b>Oxígeno disuelto</b>	No menor al 80% de Concentración de saturación y no menor a 6 mg/L	7,03 mg/L	No Cumple	7,15 mg/L	No Cumple	7,2 mg/L	No Cumple

**Elaborado por:** La Autora, 2024

Por consiguiente, El pH en los puntos de monitoreo osciló entre 8,16 y 8,89 uPh, y según la normativa, estos valores cumplen con los criterios establecidos. De igual forma, los niveles de turbidez en los tres puntos cumplen con los límites permisibles. No obstante, tanto la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) como la Demanda Química de Oxígeno (DQO) no cumplen con los criterios normativos en ningún punto de monitoreo, indicando una alta carga de materia orgánica y

posible contaminación. Asimismo, el oxígeno disuelto, aunque cercano a los niveles de saturación, no cumplió con el límite mínimo de 6 mg/l, lo que sugiere condiciones desfavorables para la vida acuática.

Posteriormente, se realizó la identificación de los macroinvertebrados recolectados y se aplicó el índice EPT para evaluar la calidad del agua con base en la biodiversidad de organismos sensibles a la contaminación. Dichos resultados se expresan en la Tabla 9.

**Tabla 8.**

***Abundancia de macroinvertebrados EPT.***

Orden	Familia	Número de individuos por Punto		
		P1	P2	P3
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	43	3	25
	<i>Leptophlebiidae</i>	63	8	13
	<i>Leptohyphidae</i>	89	0	76
<i>Plecoptera</i>	<i>Perlidae</i>	69	5	10
	<i>Gripopterygidae</i>	47	9	17
	<i>Hydropsychidae</i>	104	15	13
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydrobiosidae</i>	114	0	2
	<i>Hydroptillidae</i>	71	0	10
<b><i>EPT Total</i></b>		600	40	166
<b><i>Índice EPT</i></b>		61%	8%	23%
<b><i>Calidad de agua</i></b>				

**Nota.** Datos para el análisis de la calidad de agua del estero Los Monos a partir del índice EPT.

**Elaborado por:** La Autora, 2024

Las ecuaciones presentadas muestran el cálculo del porcentaje de macroinvertebrados del grupo EPT respecto al total de individuos recolectados en cada punto de muestreo, permitiendo evaluar la calidad del agua en función de la proporción de organismos sensibles a la contaminación

$$\mathbf{P1: 600/989 * 100\% = 61\%}$$

$$\mathbf{P2: 40/485 * 100\% = 8\%}$$

$$\mathbf{P3: 166/734 * 100\% = 23\%}$$

En el Punto 1 (P1), se registró un total de 989 individuos, de los cuales 600 pertenecieron al grupo EPT. Esto representa un 61% del total de individuos, indicando una calidad de agua clasificada como “Buena”, de acuerdo con los rangos

establecidos para este índice. La elevada proporción de organismos sensibles sugiere condiciones ambientales relativamente favorables y una menor influencia de fuentes de contaminación severas en este tramo del estero. Este resultado se destaca con el color verde en la tabla.

En el Punto 2 (P2), la abundancia total de individuos fue de 485, pero únicamente 40 individuos correspondieron al grupo EPT, lo que equivale a un 8%. Este bajo porcentaje refleja una calidad de agua “Mala”, asociada a un entorno más degradado, posiblemente debido a una acumulación de contaminantes provenientes de P1 o a condiciones locales adversas que dificultan la supervivencia de macroinvertebrados sensibles. Esta calidad deficiente se representó en la tabla con el color rojo.

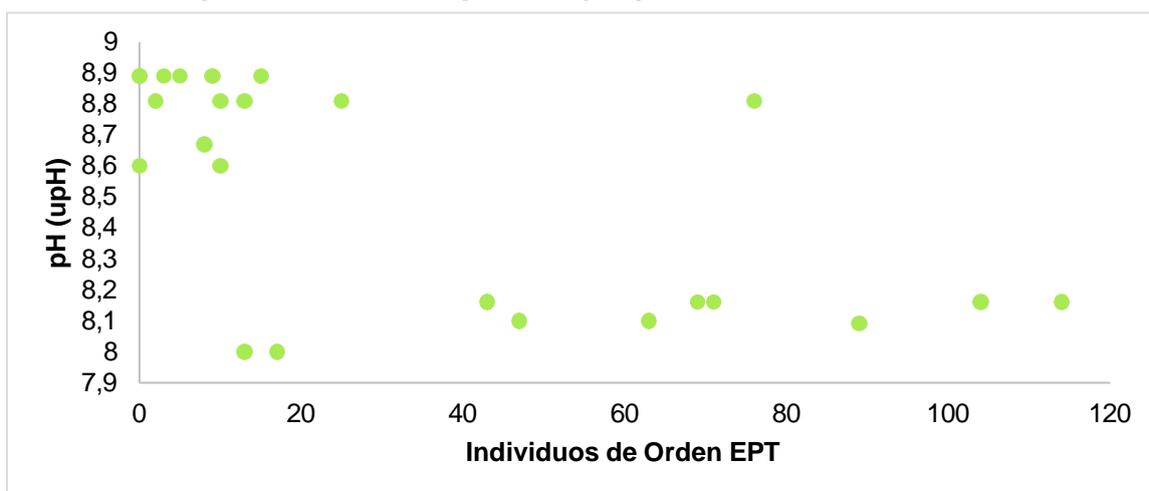
En el Punto 3 (P3), de un total de 734 individuos recolectados, 166 pertenecieron al grupo EPT, lo que representa un 23% del total. Este resultado también indica una calidad de agua “Mala”, evidenciada por la reducción significativa de organismos del índice EPT, que suelen ser indicadores clave de condiciones ambientales saludables. A pesar de la mayor cantidad total de macroinvertebrados en comparación con P2, la baja proporción de especies sensibles sugiere un impacto ambiental negativo considerable, probablemente asociado a las actividades industriales cercanas. Este resultado también se representa en la tabla con el color rojo.

#### **4.3 Comparación de resultados para la identificación de macroinvertebrados versus los parámetros fisicoquímicos del estero Los Monos mediante el uso de estadística descriptiva.**

En el estudio del estero Los Monos, se investigó la relación entre la diversidad de macroinvertebrados del índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) y los parámetros fisicoquímicos del agua (pH, turbidez y DBO5) mediante estadística descriptiva y correlaciones de Pearson. Este análisis es fundamental para determinar cómo los cambios en la calidad del agua afectan a las comunidades biológicas, ya que los macroinvertebrados EPT son sensibles a las variaciones en las condiciones ambientales y se utilizan como indicadores biológicos. A continuación, se presenta un análisis detallado de la evaluación entre los individuos del índice EPT y los parámetros fisicoquímicos.

Figura 1.

**Relación del parámetro fisicoquímico pH y los individuos del orden ETP.**

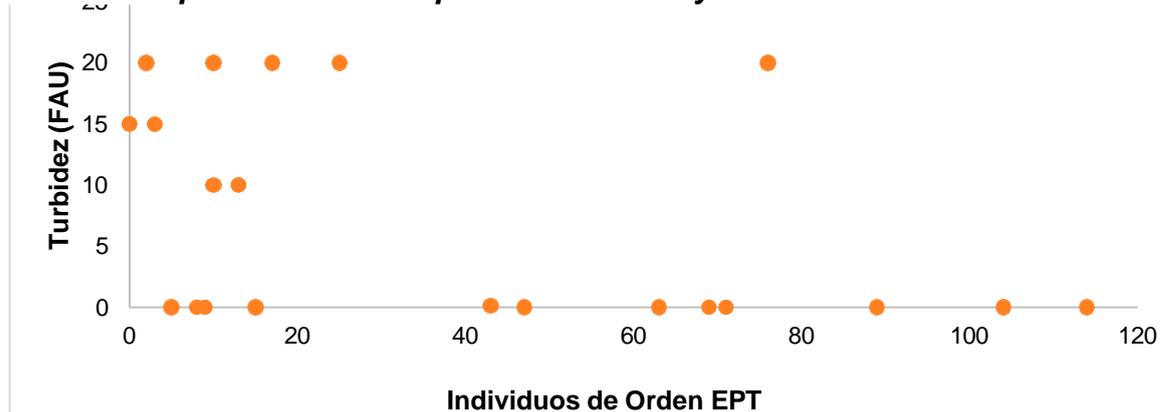


**Elaborado por:** La Autora, 2024

La valoración de Pearson entre la cantidad de individuos del índice EPT y el pH es de -0,60, lo que indica una compensación negativa moderada. Este valor sugiere que, a medida que disminuye la calidad del pH (alejándose de los niveles neutros), se incrementa la diversidad de macroinvertebrados del índice EPT, tal como se aprecia en la figura 1. Este fenómeno puede interpretarse como una preferencia de los organismos EPT por rangos de pH menos extremos, probablemente relacionados con fuentes de agua menos contaminadas.

Figura 2.

**Relación del parámetro fisicoquímico Turbidez y los individuos del orden EPT.**



**Elaborado por:** La Autora, 2024

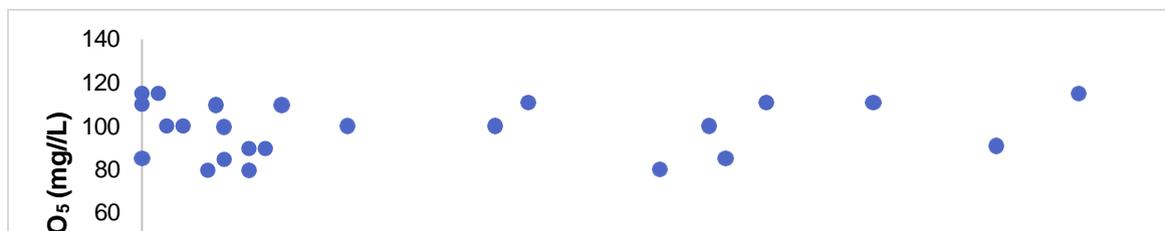
La relación entre la turbidez y el índice EPT en la figura 2, presenta una calificación de Pearson de -0,50, lo cual indica una calificación negativa moderada. Esto sugiere que una mayor cantidad de partículas suspendidas en el agua, que incrementan la turbidez, está asociada con una menor presencia de macroinvertebrados EPT. Esta tendencia es común en ambientes

acuáticos donde la turbidez afecta la disponibilidad de oxígeno y la capacidad de filtración de ciertas especies sensibles.

**Elaborado por:** La Autora, 2024

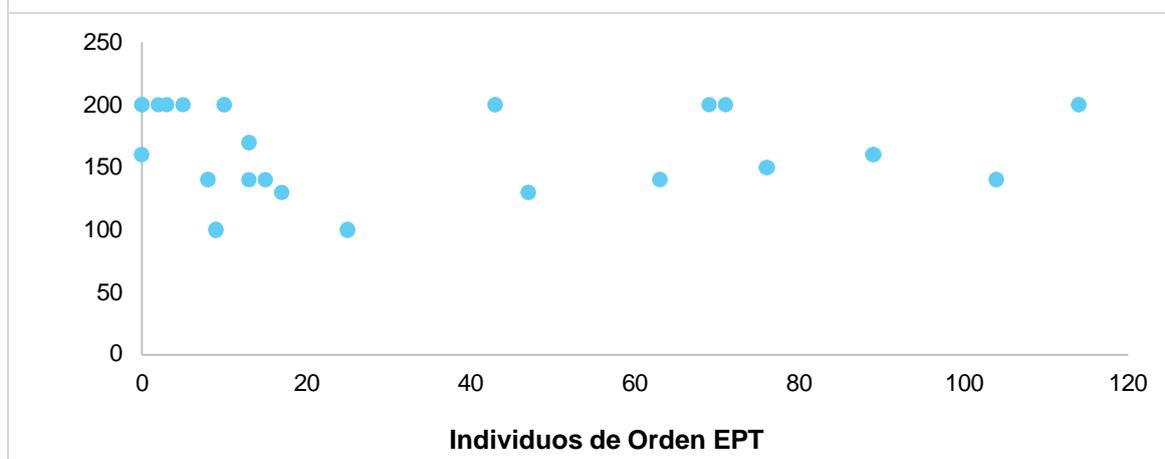
**Figura 3.**

**Relación del parámetro fisicoquímico DBO<sub>5</sub> y los individuos del orden EPT.**



**Figura 4.**

**Relación del parámetro fisicoquímico DQO y los individuos del orden EPT.**



La comparación entre los macroinvertebrados del índice EPT y la DBO<sub>5</sub> es prácticamente nula, con un valor de 0,09. Esto indica que no existe una relación significativa directa entre la demanda biológica de oxígeno y la presencia de EPT. Este resultado podría interpretarse como una resistencia parcial de estas comunidades ante ciertas cargas orgánicas o como un indicador de que otros factores están influyendo más en la diversidad de macroinvertebrados.

**Elaborado por:** La Autora, 2024

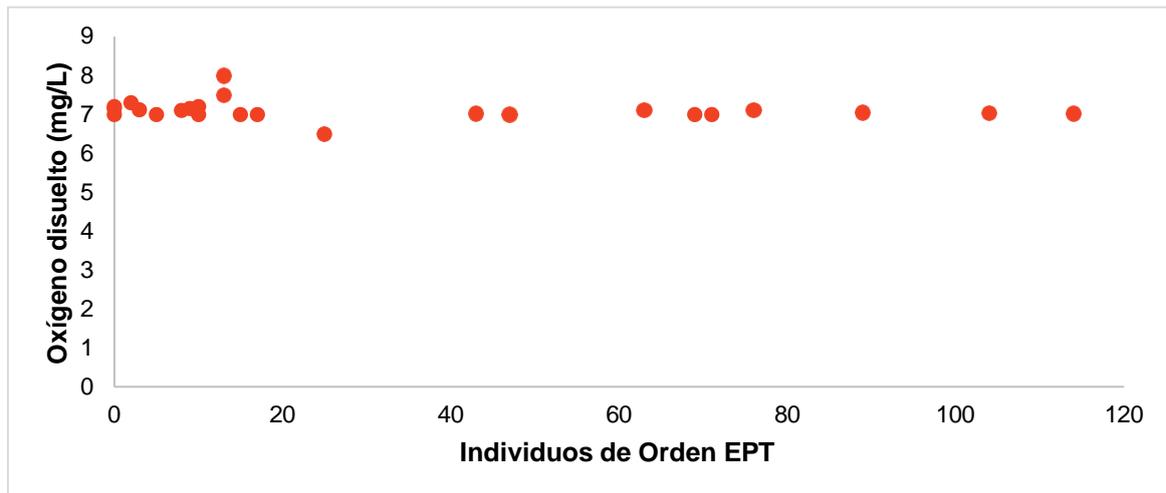
La gráfica de la figura 4, evidencia una distribución dispersa de puntos, sin un patrón claro que relaciona la DQO (Demanda Química de Oxígeno) y la abundancia de individuos del orden EPT. Aunque los valores más altos de DQO (alrededor de 200 mg/L) corresponden a bajas abundancias de organismos, no hay una tendencia constante. El coeficiente de evaluación de Pearson (-0,03) refleja que no existe una relación significativa entre estas variables, lo que indica que el

DQO no es un factor determinante en la distribución de macroinvertebrados EPT en este caso.

**Elaborado por:** La Autora, 2024

En esta gráfica de la figura 5, los valores de oxígeno disuelto están concentrados entre 7 y 8 mg/L, pero no muestran una relación definida con la **Figura 5**.

**Relación del parámetro fisicoquímico Oxígeno disuelto y los individuos del orden EPT.**



cantidad de individuos del orden EPT. Los puntos están dispersos, lo que indica que tanto altas como bajas abundancias de organismos pueden ocurrir en niveles similares de oxígeno disuelto. El coeficiente de evaluación de Pearson (-0,23) confirma una relación negativa débil, sugiriendo que el oxígeno disuelto no es un factor significativo en la variación de la abundancia de macroinvertebrados.

Con base en los resultados obtenidos, se aprueba parcialmente la hipótesis planteada. Los análisis reflejan que la descarga inadecuada de aguas residuales en el estero Los Monos afecta los parámetros fisicoquímicos, como lo demuestran las correlaciones moderadas y negativas observadas con la turbidez (-0,50) y el pH (-0,60). Sin embargo, la débil relación encontrada con otros parámetros como la DBO5 (0,09) y la DQO (-0,03) indica que no todos los factores fisicoquímicos analizados tienen un impacto directo en la reducción de la biodiversidad de macroinvertebrados EPT. Esto sugiere que, si bien la contaminación influye en el ecosistema, su efecto sobre la biodiversidad podría estar mediado por otros factores ambientales y ecológicos no considerados.

## 5. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el estero Los Monos reflejan una variabilidad notable en la abundancia y diversidad de macroinvertebrados en los tres puntos de muestreo, con implicaciones directas para la calidad del agua. En el punto 1 (P1), se registró una calidad de agua “buena” según el índice EPT (61%). Esto coincide con lo reportado por Chávez (2022) en el río Toribio, donde se observaron condiciones menos críticas en puntos menos perturbados, reforzando la relevancia del índice EPT para diagnosticar entornos con menor influencia antropogénica. Sin embargo, el descenso drástico en los puntos 2 (P2) y 3 (P3), con calidades de agua “mala” (8% y 23% respectivamente), evidencia el impacto acumulativo de contaminantes, similar a lo señalado por Machado et al. (2018) en el río Sardinias, donde la contaminación afectó tanto la diversidad como la presencia de organismos sensibles.

En cuanto a los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, que componen el índice EPT, su mayor representación en P1 (600 individuos) y su disminución progresiva en P2 y P3, respalda la hipótesis de que la descarga inadecuada de aguas residuales afecta la biodiversidad. Este patrón también se observa en estudios como el de Pérez y Rodríguez (2014) en el río Yeguaré, donde el deterioro de los parámetros fisicoquímicos, especialmente pH y conductividad, influyó en la distribución de macroinvertebrados. En el estero Los Monos, la compensación negativa moderada entre el pH (-0,60) y los organismos EPT respaldan esta observación, mostrando que los rangos extremos de este parámetro limitan la supervivencia de los organismos sensibles.

La familia Baetidae, predominante en P1 (43 individuos), se redujo en P2 y P3, corroborando los hallazgos de Mora (2018) en la microcuenca del río Salima, donde zonas de mayor contaminación reflejan bajas abundancias de familias sensibles. Asimismo, los resultados de la familia Hydropsychidae en P1 (104 individuos) destacan la importancia de las condiciones favorables de flujo y sustrato, como lo discutido por Liñero et al. (2020) en el arroyo Mojarrero, donde las áreas menos impactadas presentaron mayor diversidad y abundancia de esta familia.

La abundancia total de individuos fue mayor en los sectores de la orilla y lénticos en los tres puntos, lo cual puede explicarse por la acumulación de materia orgánica y sedimentos en estas áreas. Este hallazgo coincide con el estudio de Escandón y Cáceres (2022), quienes observaron un patrón similar en el río San Francisco, donde las zonas con menor corriente favorecieron la presencia de organismos más tolerantes. Sin embargo, en los rápidos, la baja representación de macroinvertebrados se asemeja a lo señalado por Ramos (2023) en el río Chimbo, donde la turbulencia limita la colonización de ciertas familias.

Los parámetros fisicoquímicos, como la Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO), no cumplieron los estándares normativos en ninguno de los puntos. La calificación prácticamente nula entre  $DBO_5$  (0,09) y los organismos EPT contrasta con lo observado por Toapanta (2022), quien encontró que estos parámetros afectan significativamente la calidad del agua y la biodiversidad en el río Chibunga. Este resultado sugiere que, en el estero Los Monos, otros factores como la turbidez (-0,50) podrían tener un papel más determinante en la estructura de la comunidad de macroinvertebrados.

Finalmente, aunque los valores de oxígeno disuelto (7-8 mg/L) estaban por debajo de los límites normativos, su débil relación con los organismos EPT (-0,23) indica que, a pesar de ser un indicador importante de la salud del agua, no fue el principal determinante de la abundancia en este estudio. Esto es consistente con los resultados de Velastegui (2020) en los ríos Jatunhuayco y Ushimana, donde los modelos de calidad de agua mostraron limitaciones al depender de parámetros aislados.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

Los resultados obtenidos permitieron cumplir con los objetivos planteados en este estudio y evaluar la calidad del agua del estero Los Monos. En el primer objetivo, relacionado con la descripción de la abundancia de macroinvertebrados mediante el índice EPT, se identificó una mayor representación de las familias *Hydropsychidae* (104 individuos en P1), *Baetidae* (43 en P1) y *Leptohyphidae* (89 en P1). Sin embargo, estas disminuyeron significativamente en P2 y P3 debido a la influencia de actividades antropogénicas y cargas contaminantes, alcanzando en P3 solo 13, 25 y 76 individuos, respectivamente. La abundancia total de macroinvertebrados en P1 fue de 989 individuos, distribuidos en los sectores rápidos, lénticos y orilla, con predominio en esta última. En P2 y P3, la abundancia fue de 485 y 734 individuos, respectivamente. Estos resultados respaldan la hipótesis de que las descargas inadecuadas de aguas residuales afectan negativamente la biodiversidad de macroinvertebrados, especialmente de los grupos indicadores del índice EPT, reduciendo significativamente su presencia.

El segundo objetivo, enfocado en la evaluación de la calidad del agua mediante parámetros fisicoquímicos y el índice EPT, reveló que los puntos de monitoreo no cumplieron con los límites normativos en parámetros como la Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ), que osciló entre 80 mg./L en P3 y 100 mg/L en P1 y P2, y la Demanda Química de Oxígeno (DQO), que alcanzó valores de hasta 200 mg/L en P1 y P2. Además, el oxígeno disuelto se mantiene entre 7 y 8 mg/L, valores por debajo del estándar mínimo de 6 mg/L. En cuanto al índice EPT, P1 presentó un 61% de organismos sensibles, lo que clasificó la calidad del agua como “buena”; P2 y P3 mostraron valores de 8% y 23%, respectivamente, lo que indica una calidad “mala”. Estos resultados confirman que los impactos antropogénicos en el estero han alterado significativamente las condiciones ambientales, limitando la supervivencia de macroinvertebrados sensibles a la contaminación.

En el tercer objetivo, relacionado con la comparación de los resultados obtenidos entre los macroinvertebrados EPT y los parámetros fisicoquímicos mediante estadística descriptiva, se identifican correlaciones negativas moderadas entre el pH (-0,60) y la turbidez (-0,50) con la presencia de organismos EPT, lo que

refuerza la relación entre la degradación de los parámetros fisicoquímicos y la disminución de biodiversidad. Sin embargo, no se evidencia una evaluación significativa con la DBO<sub>5</sub> (0,09) y la DQO (-0,03), lo que sugiere que otros factores como la acumulación de sedimentos y la variabilidad del flujo podrían estar influyendo en la distribución y abundancia de los organismos. Estos resultados confirman parcialmente la hipótesis, destacando la necesidad de considerar múltiples variables para evaluar integralmente la calidad del agua.

En síntesis, la calidad del agua del estero Los Monos refleja un deterioro progresivo desde P1 hasta P3, asociado a las descargas de aguas residuales y actividades industriales cercanas. Las órdenes *Ephemeroptera*, *Plecoptera* y *Trichoptera*, que incluyen familias como *Hydropsychidae*, *Baetidae* y *Perlidae*, se consolidan como indicadores clave en el monitoreo ambiental, demostrando su sensibilidad a cambios en las condiciones fisicoquímicas y la contaminación de los ecosistemas acuáticos.

## **6.2 Recomendaciones**

Se recomienda que las autoridades locales y las industrias cercanas al estero Los Monos adopten sistemas efectivos de tratamiento de aguas residuales para reducir la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO). Esto contribuiría a disminuir la carga de materia orgánica y otros contaminantes, mejorando las condiciones para los macroinvertebrados sensibles, como los del índice EPT.

Establecer un programa de monitoreo periódico en el estero Los Monos que evalúe tanto los parámetros fisicoquímicos (pH, turbidez, oxígeno disuelto) como la biodiversidad de macroinvertebrados. Este monitoreo debe incluir un análisis estacional para identificar patrones de contaminación y su relación con las actividades humanas.

Se sugiere delimitar y proteger las áreas de captación y los márgenes del estero para prevenir actividades que generen sedimentos y contaminantes, como la deforestación y la expansión agrícola o industrial. Esto garantizaría la conservación de hábitats para macroinvertebrados sensibles.

Realizar estudios adicionales que profundicen en el impacto de factores específicos, como el uso de agroquímicos o la sedimentación, sobre las comunidades de macroinvertebrados.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Alba, T. (2021). *IV Simposio sobre el Agua en Andalucía* (Primera ed., Vol. 2). Almería, Madrid: Instituto Tecnológico Geominero de España.
- Álvarez, C. S., y Pérez, R. L. (2019). *Evaluación de la calidad de agua mediante la utilización de macroinvertebrados en Yeguaré, Honduras.*[Tesis de grado, *Escuela Agrícola Panamericana*]. Honduras: Zamorano.  
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/e315914f-3926-41cd-b071-f325ff7010e5/content>
- Ayala, S. (2019). *Determinación de la calidad del agua del río Frío (Cundinamarca, Colombia) a partir de macroinvertebrados bentónicos.*  
[https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/avances/article/view/5191/5291#:~:text=El%20%C3%ADndice%20EPT%20\(Ephemeroptera%2C%20Plecoptera,n%C3%BAmero%20total%20de%20individuos%20colectados](https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/avances/article/view/5191/5291#:~:text=El%20%C3%ADndice%20EPT%20(Ephemeroptera%2C%20Plecoptera,n%C3%BAmero%20total%20de%20individuos%20colectados).
- Barón, J. S., Poff, N. L., Angermeier, P. L., Dahm, C. L., Gleick, P. H., Hairston, N. G., . . . Steinman, A. D. (2020). Meeting Ecological and Societal Needs for Freshwater. *Ecológico Sociedad de América*, 12(5), 1247-1260.  
[https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2002\)012\[1247:MEASNF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2002)012[1247:MEASNF]2.0.CO;2)
- Begon. (2016). *Ecología de comunidades.* <https://www.ege.fcen.uba.ar/wp-content/uploads/2014/05/Comunidades111.pdf>
- Carrera, R. C., y Fierro, P. K. (2001). *Manual de Monitoreo: Macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua.* Quito, Ecuador: ECOCIENCIA.  
<https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56374.pdf>
- Cevallos, C. M. (2018). *Variabilidad en las concentraciones de fitoplancton y coliformes totales como indicadores de la calidad de agua del Río Milagro.* [Tesis de grado, *Universidad de Guayaquil*]. Facultad de Ciencias Naturales. Guayaquil: Universidad Guayaquil.  
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/35073>
- Chávez, C. R. (2022). Evaluación de la calidad del agua mediante bioindicación de macroinvertebrados acuáticos. *Ciencia e Ingeniería*, 9(2).  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.7461089>
- Encalada, A. (2010). Reflexiones sobre el concepto de caudal ecológico y su aplicación en el Ecuador. *Polemika*, 2(5), 40 - 47.  
<https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/polemika/article/view/370>

- Endara, A. (2019). *Identificación de macro invertebrados bentónicos en los ríos: Pindo Mirador, Alpayacu y Pindo Grande; determinación de su calidad de agua*. Universidad Tecnológica Equinoccial:  
<https://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/index.php/revista/article/download/3/192/11>
- Escandón, G. C., y Cáceres, V. M. (2022). *Análisis de la calidad del agua mediante parámetros físicosquímicos y macroinvertebrados bentónicos presentes en la microcuenca del río San Francisco-Gualaceo.* [Tesis grado, Universidad Politécnica Salesiana].  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21649/1/UPS-CT009509.pdf>
- Escobar, J. (Diciembre de 2002). *La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar*. CEPAL:  
<https://www.cepal.org/es/publicaciones/6411-la-contaminacion-rios-sus-efectos-areas-costeras-mar>
- Fernandez, R. M., Tania, F. S., y Solís, B. G. (2001). Percepción de la población sobre los niveles de contaminación ambiental del Río Milagro y grado de conocimiento preventivo social sobre el efecto de su carga contaminante. *Revista Ciencia UNEMI*, 9(1), 125-134.
- Figueroa, R. (2015). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua. *Scielo*.  
[https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0716-078X2003000200012](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-078X2003000200012)
- Flores, R. D. (2014). Guía de Vigilancia Ambiental "Agua es vida". *Associació Catalana D' Enginyeria Sense Fronteres*(363), 1-63.
- Gallo, J. O., y Quinaluisa, N. L. (2023). *Evaluación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos y fisicoquímicos del estero El Tigre ubicado en Esmeraldas.* [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. Quito: UPS.  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24372/1/TTS1183.pdf>
- Gamboa, M., Reyes, R., y Jazzmin, A. (2008). Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental. *Malariología y Salud Ambiental*, 48(2), 1009-120.

- [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1690-46482008000200001&lng=es&nrm=iso](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482008000200001&lng=es&nrm=iso)
- García, C. (2013). Parámetros fisicoquímicos del agua. *PV Albeitar*, 4. [https://www.quiveter.com/ftp\\_public/A3081113.pdf](https://www.quiveter.com/ftp_public/A3081113.pdf)
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC]. (2022). *Poblacion y Demografia*. Quito - Ecuador.
- Ladrera, R., Rieradevall, M., y N., P. (2013). Macroinvertebrados acuaticos como indicadores biológicos. *Grupo de Investigación FEM (Freshwater Ecology and Management)*, 11, 1-19. [http://www.ehu.es/ikastorratza/11\\_alea/macro.pdf\(ISSN:1988.5911\)](http://www.ehu.es/ikastorratza/11_alea/macro.pdf(ISSN:1988.5911)).
- Liñero, A. I., Balarezoo, H. V., Eraso, H., Pachecho, F., Ramos, E. C., Muzo, R., y Calva, J. C. (2020). Calidad del agua de un río andino ecuatoriano a través del uso de macroinvertebrados. *Cuadernos de Investigación UNED*, 8(1), 68-75. <https://doi.org/10.22458/urj.v8i1.1225>
- Machado, V., Granda, R., y Endara, A. (2018). Análisis de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos para evaluar la calidad del agua del Río Sardinas, Chocó Andino Ecuatoriano. []. *Enfoque UTE*, 9(4), 154-167. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n4.369>
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica [MAATE]. (2023). *Monitoreo Biológico: un mundo de conocimiento y responsabilidades compartidas*. <https://www.ambiente.gob.ec/monitoreo-biologico-un-mundo-de-conocimiento-y-responsabilidades-compartidas/#:~:text=El%20proceso%20de%20monitoreo%20biol%C3%B3gico,oportunas%20de%20manejo%20y%20conservaci%C3%B3n>.
- Montalvo, S. P. (2019). *Influencia del cambio de uso del suelo sobre la fisicoquímica del agua y la composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos de dos microcuencas en la Zona Del El Ángel*. [Tesis de grado, Universidad de las Americas]. <https://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/7514>
- Mora, R. J. (2018). *Uso de macroinvertebrados cómo método de evaluación de la calidad de agua del río Sálima en Atacames*. [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. <https://catalogobiblioteca.puce.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=258331>

- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2019). *Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos*. ONU. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>
- Pérez, A. P., y Rodríguez, L. D. (2014). Determinación de la recarga hídrica potencial en la cuenca hidrográfica Guara, Cuba. *Aqua-LAC*, 6(2), 58-70. <https://doi.org/10.29104/phi-aqualac/2014-v6-2-06>
- Ramirez, A. (2016). Biomarcadores en monitoreo de exposición a metales pesados en metalurgia. 15. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1025-55832006000100008#:~:text=Monitoreo%20biol%C3%B3gico%20es%20m edir%20la,control%20en%20el%20ambiente%20laboral.](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832006000100008#:~:text=Monitoreo%20biol%C3%B3gico%20es%20m edir%20la,control%20en%20el%20ambiente%20laboral.)
- Ramos, A. J. (2023). *Análisis de la influencia de las descargas del camal municipal Bucay mediante índice EPT - BMWP/Col del río Chimbo*. [Tesis de grado, Universidad Agraria del Ecuador]. Facultad Ciencias Agrarias. Bucay: Universidad Agraria del Ecuador. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/RAMOS%20AZU%20JOHN%20BYRON.pdf>
- Ruiz, D. S. (2011). *Plan de gestión de residuos del camal del cantón Antonio Ante*. [Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional]. Facultad de Ingeniería civil y ambiental. Quito, Ecuador: EPN. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/3743>
- Salgado, P. J. (2018). Efecto de obras de conservación en la diversidad de macroinvertebrados y sus parámetros fisicoquímicos. *Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua*, 3 - 5. <https://core.ac.uk/reader/189138040>
- Sánchez. (2012). *La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar*. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/6411-la-contaminacion-rios-sus-efectos-areas-costeras-mar>
- Springer. (2010). *Abundancia de macroinvertebrados*. <https://www.redalyc.org/journal/5722/572262097015/html/>
- Toapanta, J. (2022). *Evaluación de la calidad de agua en un tramo de la microcuenca del río Chibunga utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores e índice ICA-NSF*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/9009/1/Toapanta%20J%20%2>

82022%29%20Tesis%20Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20calidad%20de%20agua%20en%20un%20tramo%20de%20la%20microcuenca%20del%20Río%20Chibunga%20utilizando%20macroinvertebrados%20acuáticos%20como%20b

Valencia, R., Sánchez, A. J., Ortiz, E., y Gómez, O. J. (2019). La contaminación de los ríos, otro punto de vista. *Ciencia y Tecnología de la UACJ*, 1(1), 30 - 35. [https://www.researchgate.net/publication/235997290\\_La\\_contaminacion\\_de\\_los\\_rios\\_otro\\_punto\\_de\\_vista](https://www.researchgate.net/publication/235997290_La_contaminacion_de_los_rios_otro_punto_de_vista) [accessed Nov 25 2019].

Valera, J. C. (2018). *Estudio de viabilidad técnica-económica de una planta de producción de microalgas con fines de valoración energética. [Tesis de grado, Universidad Politécnica de Madrid]*.

[https://oa.upm.es/49715/1/TFG\\_JAIME\\_VALERA\\_CALLEJO.pdf](https://oa.upm.es/49715/1/TFG_JAIME_VALERA_CALLEJO.pdf)

Vaughn, C. C. (2010). Biodiversity losses and ecosystem function in freshwaters. *BioScience*, 60(1), 25 - 30. <https://doi.org/10.1525/bio.2010.60.1.7>

Velastegui, C. V. (2020). *Evaluación de la relación existente entre la presencia de macroinvertebrados acuáticos y la fisicoquímica del agua en ríos de montaña. [Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional]*. Quito: EPN. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20761/1/CD%2010279.pdf>

### 8. ANEXOS

Anexo N° 1.

**Mapa de Ubicación del estero Los Monos.**



Elaborador por: La Autora, 2024.

Anexo N° 2.

**Calculo para estimar la calidad del agua con índices.**

RIQUEZA TOTAL Y EPT		
Orden	Familia (Marcar con una X en caso de presencia)	
Ephemeroptera	Oligoneuridae	
	Baetidae	
	Leptophlebiidae	
	Leptohyphidae	
Plecoptera	Perlidae	
	Gripopterygidae	
Trichoptera	Calamoceratidae	
	Hydropsychidae	
	Hydrobiosidae	
	Hydroptilidae	
	Leptoceridae	
	Polycentropodidae	
	Helicopsychidae	
	Xiphocentronidae	
Glossosomatidae		
<b>PORCENTAJE DE RIQUEZA ENCONTRADA = (N° TOTAL DE FAMILIAS ENCONTRADAS/37) x 100</b>		
<b>EPT = N° TOTAL FAMILIAS TRICHOPTERA+EPHEMEROPTERA+ PLECOPTERA</b>		

Fuente: (Flores, 2014)

## Anexo N° 3.

**Correlación entre índice EPT y parámetros fisicoquímicos (pH).**

Orden	Familia	Puntos					
		P1	pH	P2	pH	P3	pH
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	43	8.16	3	8.89	25	8.81
	<i>Leptophlebiidae</i>	63	8.1	8	8.67	13	8
	<i>Leptohyphidae</i>	89	8.09	0	8.6	76	8.81
<i>Plecóptera</i>	<i>Perlidae</i>	69	8.16	5	8.89	10	8.81
	<i>Gripopterygidae</i>	47	8.1	9	8.89	17	8
	<i>Hydropsychidae</i>	104	8.16	15	8.89	13	8.81
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydrobiosidae</i>	114	8.16	0	8.89	2	8.81
	<i>Hydroptillidae</i>	71	8.16	0	8.89	10	8.6
Correlación de Pearson				<b>-0.60</b>			

Elaborado por: La Autora, 2024

## Anexo N° 4.

**Correlación entre índice EPT y parámetros fisicoquímicos (Turbidez).**

Orden	Familia	Puntos					
		P1	Turbidez	P2	Turbidez	P3	Turbidez
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	43	0.1	3	15	25	20
	<i>Leptophlebiidae</i>	63	0	8	0	13	10
	<i>Leptohyphidae</i>	89	0	0	15	76	20
<i>Plecóptera</i>	<i>Perlidae</i>	69	0	5	0	10	20
	<i>Gripopterygidae</i>	47	0	9	0	17	20
	<i>Hydropsychidae</i>	104	0	15	0	13	10
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydrobiosidae</i>	114	0	0	15	2	20
	<i>Hydroptillidae</i>	71	0	0	15	10	10
Correlación de Pearson				<b>-0,50</b>			

Elaborado por: La Autora, 2024

## Anexo N° 5.

**Correlación entre índice EPT y parámetros fisicoquímicos (DBO<sub>5</sub>).**

Orden	Familia	Puntos					
		P1	DBO <sub>5</sub>	P2	DBO <sub>5</sub>	P3	DBO <sub>5</sub>
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	43	100	3	100	25	100
	<i>Leptophlebiidae</i>	63	80	8	80	13	80
	<i>Leptohyphidae</i>	89	110	0	110	76	110
<i>Plecóptera</i>	<i>Perlidae</i>	69	100	5	100	10	100
	<i>Gripopterygidae</i>	47	110	9	110	17	110
	<i>Hydropsychidae</i>	104	90	15	90	13	90
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydrobiosidae</i>	114	115	0	115	2	115
	<i>Hydroptillidae</i>	71	85	0	85	10	85

Correlación de Pearson

0.09

Elaborado por: La Autora, 2024

Anexo N° 6.

Correlación entre índice EPT y parámetros fisicoquímicos (DQO).

Orden	Familia	Puntos					
		P1	DQO	P2	DQO	P3	DQO
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	43	200	3	200	25	100
	<i>Leptophlebiidae</i>	63	140	8	140	13	140
	<i>Leptohyphidae</i>	89	160	0	160	76	150
<i>Plecóptera</i>	<i>Perlidae</i>	69	200	5	200	10	200
	<i>Gripopterygidae</i>	47	130	9	100	17	130
	<i>Hydropsychidae</i>	104	140	15	140	13	170
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydrobiosidae</i>	114	200	0	200	2	200
	<i>Hydroptillidae</i>	71	200	0	200	10	200

Correlación de Pearson

-0.03

Elaborado por: La Autora, 2024

Anexo N° 7.

Correlación entre índice EPT y parámetros fisicoquímicos (Oxígeno disuelto).

Orden	Familia	Puntos					
		P1	Oxígeno disuelto	P2	Oxígeno disuelto	P3	Oxígeno disuelto
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	43	7,02	3	7,12	25	6,5
	<i>Leptophlebiidae</i>	63	7,1	8	7,1	13	8
	<i>Leptohyphidae</i>	89	7,05	0	7	76	7,1
<i>Plecóptera</i>	<i>Perlidae</i>	69	7	5	7	10	7
	<i>Gripopterygidae</i>	47	7	9	7,15	17	7
	<i>Hydropsychidae</i>	104	7,03	15	7	13	7,5
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydrobiosidae</i>	114	7,02	0	7,2	2	7,3
	<i>Hydroptillidae</i>	71	7	0	7,15	10	7,2

Correlación de Pearson

-0.23

Elaborado por: La Autora, 2024

**Anexo N° 8.****Guía de Vigilancia para la identificación de macroinvertebrados.**

Fuente: (Flores, 2014)

**Anexo N° 9.****Toma de muestras para el análisis de calidad del agua en los tres puntos de muestreo en el Estero Los Monos, cantón Milagro.**

Elaborado por: La Autora, 2024

**Anexo N° 11.**

***Extracción de macroinvertebrados en el estero los Monos para su posterior análisis.***



**Elaborado por:** La Autora, 2024

**Anexo N° 10.**

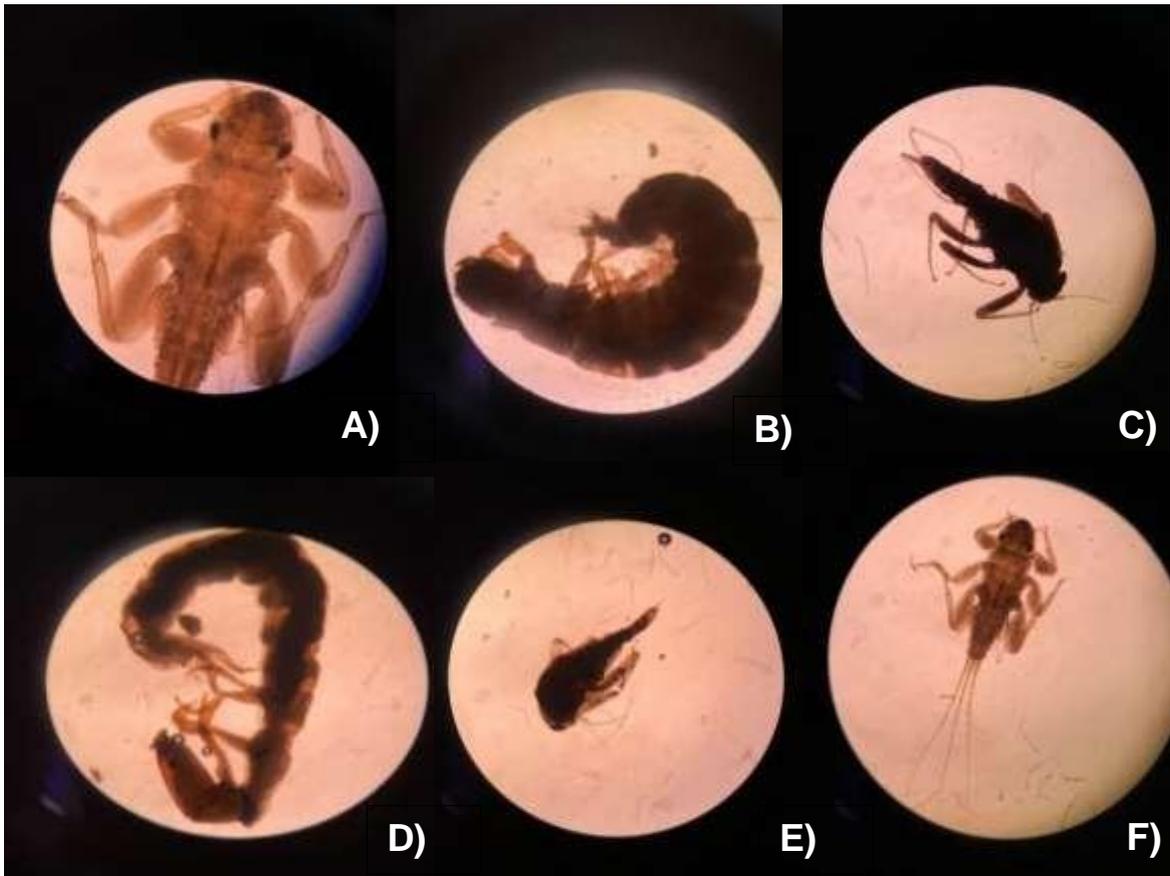
***Extracción de muestras de los macroinvertebrados encontrados en el Estero Los Monos.***



**Elaborado por:** La Autora, 2024

**Anexo N° 12.*****Identificación de especies para el análisis del estudio.***

**Elaborado por:** La Autora, 2024

**Anexo N° 13.*****Especies halladas durante el estudio.***

**Nota.** Especies identificadas: A) *Leptohyhidae*, B) *Hydrobiosidae*, C) *Perlidae*, D) *Philopotamida*, E) *Gripopterygidae*, F) *Leptophlebiidae*

**Elaborado por:** La Autora, 2024

**Anexo N° 14.*****Presentación del lugar de estudio a mi director de tesis.***

**Elaborado por:** La Autora, 2024

**Anexo N° 15.**  
**Resultados del laboratorio de análisis a la que se llevaron las muestras del agua (PUNTO 1).**

INFORME DE RESULTADOS		No.3217-24				
<b>FECHA DEL INFORME:</b> 2024/05/29 <b>INFORMACION DEL CLIENTE</b> Empresa : -- Dirección : -- Solicitado por : Génesis Vilelaite <b>CONDICIONES DEL ANÁLISIS</b> F Inicio del Análisis : 2024/05/21 T°C : 28,8 F Fin del Análisis : 2024/05/28 %H : 60,8		<b>DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA</b> Tipo de Muestra : Simple Identificación de la muestra : PUNTO 1 (Agua de río) Norma técnica de muestreo : INEN 2159/2170.2013 Fecha de Toma : -- Responsable toma de muestra : -- Hora : -- Fecha de Ingreso : 2024/05/21				
RESULTADOS						
Parámetros	Unidades	Resultado	IT	Método de referencia	Procedimiento	Límite de referencia
pH a 25°C	µpH	8,81	0,1 µpH	SM 4500-H PE 1.1	PE 1.1	--
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	<10 (LDQ)	--	SM 5210B PE-1.3	PE 1.3	--
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	<10 (LDQ)	--	SM 5200 D PE 1.4	PE 1.4	--
Turbidez	FAU	13	--	Método Abotométrico 9237	PE 1.23	--
Óxigeno disuelto	mg/l	7,15	--	SM 4500-O C PE 1.25	PE 1.25	--



Ing. Mario Márquez  
 Jefe del Laboratorio

- NOTAS:**
1. Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a las muestras sometidas al ensayo.
  2. No se debe reproducir el informe de manera parcial sólo en su totalidad.
  3. Las opiniones e interpretaciones no forman parte del alcance de acreditación solicitada al SAE.
  4. INGESTUDIOS S.A. respetará la confidencialidad/imparcialidad y se registró el cumplimiento de las leyes, compromisos contractuales y exigencias de la norma ISO 17025, en cuanto a este tema se refiere.
  5. Los límites de referencia en el presente informe corresponden a la Tabla 9 de la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua (Anexo I – Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del ambiente)
  6. Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE

(*) Incertidumbre de medida	
NO APLICA: --	LIMITE DE CUANTIFICACION: LDQ

## Anexo N° 16.

### Resultados del laboratorio de análisis a la que se llevaron las muestras del agua (PUNTO 2).



INFORME DE RESULTADOS				No.0218-24		
<b>FECHA DEL INFORME:</b> 2024/05/29 <b>INFORMACIÓN DEL CLIENTE</b> Empresa : -- Dirección : -- Solicitado por : Génesis Villafuerte <b>CONDICIONES DEL ANÁLISIS</b> F.Inicio del Análisis : 2024/05/21 T°C : 28,8 F.Fin del Análisis : 2024/05/28 %H : 60,9		<b>DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA</b> Tipo de Muestra : Simple Identificación de la muestra : PUNTO 2 (Agua de río) Norma técnica de muestreo : INEN 2169/2176:2013 Fecha de Toma : -- Responsable toma de muestra : -- Hora : -- Fecha de Ingreso : 2024/05/21				
RESULTADOS						
Parámetros	Unidades	Resultados	U*	Método de referencia	Procedimiento	Límites de referencia
pH a 25°C	u pH	8,16	0,1 u pH	SM 4500-H PE 1.1.	PE 1.1	--
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	<10 (LDQ)	--	SM 5210B PE-1.3	PE 1.3	--
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	<10 (LDQ)	--	SM 5220 D PE 1.4	PE 1.4	--
*Turbidez	FAU	0	--	Método Absorbotométrico 8237	PE 1.22	--
*Oxígeno disuelto	mg/l	7,03	--	SM 4500-O C PE 1.25	PE 1.25	--



Ing. Mario Márquez  
Jefe del Laboratorio

#### NOTAS:

1. Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometidas al ensayo.
2. No se debe reproducir el informe de manera parcial sólo en su totalidad.
3. Las opiniones e interpretaciones no forman parte del alcance de acreditación solicitado al SAE.
4. INGEESTUDIOS S.A. respetará la confidencialidad/imparcialidad y se regirá al cumplimiento de las leyes, compromisos contractuales y exigencias de la norma ISO 17025, en cuanto a este tema se refiere.
5. Los límites de referencia en el presente informe corresponden a la Tabla 9 de la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua (Anexo I – Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del ambiente)
6. Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE

(U\*) Incertidumbre de medida

NO APLICA: --	LIMITE DE CUANTIFICACION: LDQ
---------------	-------------------------------

Elaborado por: La Autora, 2024

## Anexo N° 17.

**Resultados del laboratorio de análisis a la que se llevaron las muestras del agua (PUNTO 3).**

INFORME DE RESULTADOS							No.0217-24
<b>FECHA DEL INFORME:</b> 2024/05/29 <b>INFORMACIÓN DEL CLIENTE</b> Empresa : -- Dirección : -- Solicitado por : Génesis Villafuerte <b>CONDICIONES DEL ANÁLISIS</b> F. Inicio del Análisis : 2024/05/21 T°C: 28,8 F. Fin del Análisis : 2024/05/28 %H: 60,9		<b>DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA</b> Tipo de Muestra : Simple Identificación de la muestra : PUNTO 3 (Agua de río) Norma técnica de muestreo : INEN 2169/2176:2013 Fecha de Toma : -- Responsable toma de muestra : -- Hora : -- Fecha de Ingreso : 2024/05/21					
RESULTADOS							
Parámetros	Unidades	Resultados	U*	Método de referencia	Procedimiento	Límites de referencia	
pH a 25°C	u pH	8,89	0,1 u pH	SM 4500-H PE 1.1.	PE 1.1	--	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	100	--	SM 5210B PE-1.3	PE 1.3	--	
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	100	--	SM 5220 D PE 1.4	PE 1.4	--	
*Turbidez	FAU	25	--	Método Absorftométrico 8237	PE 1.22	--	
*Oxígeno disuelto	mg/l	0,5	--	SM 4500-O C PE 1.25	PE 1.25	--	



Ing. Mario Márquez /  
Jefe del Laboratorio

**NOTAS:**

1. Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometidas al ensayo.
  2. No se debe reproducir el informe de manera parcial sólo en su totalidad.
  3. Las opiniones e interpretaciones no forman parte del alcance de acreditación solicitado al SAE.
  4. INGEESTUDIOS S.A. respetará la confidencialidad/imparcialidad y se regirá al cumplimiento de las leyes, compromisos contractuales y exigencias de la norma ISO 17025, en cuanto a este tema se refiere.
  5. Los límites de referencia en el presente informe corresponden a la Tabla 9 de la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua (Anexo I – Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del ambiente
  6. Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE
- (U\*) Incertidumbre de medida

NO APLICA: --	LIMITE DE CUANTIFICACION:	LDQ
---------------	---------------------------	-----

Elaborado por: La Autora, 2024

## Anexo N° 18.

**Resultados del laboratorio de análisis a la que se llevaron las muestras del agua (PUNTO 1.1).**

INFORME DE RESULTADOS							No.0217-24
<b>FECHA DEL INFORME:</b> 2024/06/06 <b>INFORMACIÓN DEL CLIENTE</b> Empresa : -- Dirección : -- Solicitado por : Génesis Villafuerte		<b>DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA</b> Tipo de Muestra : Simple Identificación de la muestra : PUNTO 1 (Agua de río) Norma técnica de muestreo : INEN 2169/2176:2013 Fecha de Toma : -- Responsable toma de muestra : -- Hora : -- Fecha de Ingreso : 2024/05/28					
<b>CONDICIONES DEL ANÁLISIS</b> F. Inicio del Análisis : 2024/05/28 T°C: 28,8 F. Fin del Análisis : 2024/06/06 %H: 60,9							
RESULTADOS							
Parámetros	Unidades	Resultados	U*	Método de referencia	Procedimiento	Límites de referencia	
pH a 25°C	u pH	8,89	0,1 u pH	SM 4500-H PE 1.1.	PE 1.1	--	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	100	--	SM 5210B PE-1.3	PE 1.3	--	
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	100	--	SM 5220 D PE 1.4	PE 1.4	--	
*Turbidez	FAU	25	--	Método Absorbotométrico 8237	PE 1.22	--	
*Oxígeno disuelto	mg/l	0,5	--	SM 4500-O C PE 1.25	PE 1.25	--	



Ing. Mario Márquez  
Jefe del Laboratorio

## NOTAS:

1. Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometidas al ensayo.
2. No se debe reproducir el informe de manera parcial sólo en su totalidad.
3. Las opiniones e interpretaciones no forman parte del alcance de acreditación solicitado al SAE.
4. INGEESTUDIOS S.A. respetará la confidencialidad/imparcialidad y se regirá al cumplimiento de las leyes, compromisos contractuales y exigencias de la norma ISO 17025, en cuanto a este tema se refiere.
5. Los límites de referencia en el presente informe corresponden a la Tabla 9 de la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua (Anexo 1 – Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del ambiente
6. Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE

(U\*) Incertidumbre de medida

NO APLICA: --	LIMITE DE CUANTIFICACION: LDQ
---------------	-------------------------------

Elaborado por: La Autora, 2024

## Anexo N° 19.

### Resultados del laboratorio de análisis a la que se llevaron las muestras del agua (PUNTO 2.1).



INFORME DE RESULTADOS						No.0217-24
<b>FECHA DEL INFORME:</b> 2024/06/12 <b>INFORMACIÓN DEL CLIENTE</b> Empresa : -- Dirección : -- Solicitado por : Génesis Villafuerte		<b>DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA</b> Tipo de Muestra : Simple Identificación de la muestra : PUNTO 2 (Agua de río) Norma técnica de muestreo : INEN 2169/2176:2013 Fecha de Toma : -- Responsable toma de muestra : -- Hora : -- Fecha de Ingreso : 2024/06/05				
<b>CONDICIONES DEL ANÁLISIS</b> F. Inicio del Análisis : 2024/06/05 T°C: 28,8 F. Fin del Análisis : 2024/06/12 %H: 60,9						
RESULTADOS						
Parámetros	Unidades	Resultados	U*	Método de referencia	Procedimiento	Límites de referencia
pH a 25°C	u pH	8,16	0,1 u pH	SM 4500-H PE 1.1.	PE 1.1	--
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	90	--	SM 5210B PE-1.3	PE 1.3	--
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	140	--	SM 5220 D PE 1.4	PE 1.4	--
*Turbidez	FAU	15	--	Método Absorbotométrico 8237	PE 1.22	--
*Oxígeno disuelto	mg/l	0,5	--	SM 4500-O C PE 1.25	PE 1.25	--



**Ing. Mario Márquez**  
Jefe del Laboratorio

#### NOTAS:

1. Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometidas al ensayo.
2. No se debe reproducir el informe de manera parcial sólo en su totalidad.
3. Las opiniones e interpretaciones no forman parte del alcance de acreditación solicitado al SAE.
4. INGEESTUDIOS S.A. respetará la confidencialidad/imparcialidad y se regirá al cumplimiento de las leyes, compromisos contractuales y exigencias de la norma ISO 17025, en cuanto a este tema se refiere.
5. Los límites de referencia en el presente informe corresponden a la Tabla 9 de la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua (Anexo 1 - Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del ambiente
6. Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE ]

(U\*) Incertidumbre de medida

NO APLICA: --	LIMITE DE CUANTIFICACION: LDQ
---------------	-------------------------------

Elaborado por: La Autora, 2024

**Anexo N° 20.****Resultados del laboratorio de análisis a la que se llevaron las muestras del agua (PUNTO 3.1).**

INFORME DE RESULTADOS						No.0217-24
<b>FECHA DEL INFORME:</b> 2024/08/15 <b>INFORMACIÓN DEL CLIENTE</b> Empresa : -- Dirección : -- Solicitado por : Génesis Villafuerte		<b>DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA</b> Tipo de Muestra : Simple Identificación de la muestra : PUNTO 3 (Agua de río) Norma técnica de muestreo : INEN 2169/2176:2013 Fecha de Toma : -- Responsable toma de muestra : -- Hora : -- Fecha de Ingreso : 2024/08/08				
<b>CONDICIONES DEL ANÁLISIS</b> F. Inicio del Análisis : 2024/08/08 T°C: 28,8 F. Fin del Análisis : 2024/08/15 %H: 60,9						
RESULTADOS						
Parámetros	Unidades	Resultados	U*	Método de referencia	Procedimiento	Límites de referencia
pH a 25°C	u pH	8,16	0,1 u pH	SM 4500-H PE 1.1.	PE 1.1	--
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	110	--	SM 5210B PE-1.3	PE 1.3	--
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	150	--	SM 5220 D PE 1.4	PE 1.4	--
*Turbidez	FAU	15	--	Método Absorbotométrico 8237	PE 1.22	--
*Oxígeno disuelto	mg/l	7,15	--	SM 4500-O C PE 1.25	PE 1.25	--



MARIO ARTURO MARQUEZ GALLEGOS

Ing. Mario Márquez  
Jefe del Laboratorio

**NOTAS:**

1. Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometidas al ensayo.
2. No se debe reproducir el informe de manera parcial sólo en su totalidad.
3. Las opiniones e interpretaciones no forman parte del alcance de acreditación solicitado al SAE.
4. INGEESTUDIOS S.A. respetará la confidencialidad/imparcialidad y se regirá al cumplimiento de las leyes, compromisos contractuales y exigencias de la norma ISO 17025, en cuanto a este tema se refiere.
5. Los límites de referencia en el presente informe corresponden a la Tabla 9 de la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua (Anexo 1 - Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del ambiente)
6. Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE

(U\*) Incertidumbre de medida

NO APLICA: --	LIMITE DE CUANTIFICACION: LDQ
---------------	-------------------------------

Elaborado por: La Autora, 2024



Anexo N° 22.

**Resultados del laboratorio de análisis a la que se llevaron las muestras del agua del Punto 1, 2 y 3. Cuarto análisis.**

**INFORME DE RESULTADOS** N° 0010

**FECHA DEL MUESTRO:** 202403  
**IDENTIFICACION DEL CLIENTE:**  
 Tipo de Muestra: Agua  
 Ubicación de la muestra: PUNTO 1 (Agua de R1)  
 Dirección: -  
 Nombre de la muestra: N01210216101  
 Contactado por: Daniel Villalobos  
 Fecha de Toma: -  
**CONDICIONES DEL ANALISIS:**  
 P. Hora de Inicio: 20240317 17: 00  
 P. Fecha de Inicio: 20240318 08: 00  
 P. Fecha de Entrega: 20240317

**RESULTADOS**

Parámetro	Unidad	Resultado	σ	Metodo de Referencia	Preservación	Límite de Referencia
pH a 20°C	pH	6.8	0.1	SM 4500 pH 11	PE 11	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/l	10	-	SM 5210B PE 13	PE 13	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	20	-	SM 5202 PE 14	PE 14	-
Turbidez	NF	20	-	Método Apertometría 527	PE 12	-
Tiempo de Resaca	mg/l	10	-	SM 4500 C PE 12	PE 12	-

**NOTAS:**

- Los resultados expresados en este informe, corresponden únicamente a las condiciones operativas de laboratorio.
- No se debe interpretar el informe de manera parcial sino en su totalidad.
- Los resultados e interpretaciones de los datos están sujetos al alcance de acreditación otorgado al IIAI.
- INSGESTION SA** respalda la confiabilidad, representatividad y se asegura el cumplimiento de las leyes, competencias, normativas y regulaciones de la norma ISO 17025, en cuanto a estándares de referencia.
- Los límites de referencia se refieren a los parámetros correspondientes a la Tabla 7 de la Norma de Calidad Ambiental y Recurso de Agua de México, Norma Agua Potable (1 - 03) de 1993, Norma Oficial Mexicana de agua que establece los estándares de referencia del Sistema del Abastecimiento de Agua Potable con (7) 00 metros de altura en el sistema de la centralidad del IIAI.

**PT (Incertidumbre de medida)**

DBO <sub>5</sub>	±0.015 (3%)
DQO	±0.015 (7.5%)
Turbidez	±0.015 (7.5%)

**Ag. Marco Márquez**  
Jefe del Laboratorio

**INFORME DE RESULTADOS** N° 0010

**FECHA DEL MUESTRO:** 202403  
**IDENTIFICACION DEL CLIENTE:**  
 Tipo de Muestra: Agua  
 Ubicación de la muestra: PUNTO 2 (Agua de R1)  
 Dirección: -  
 Nombre de la muestra: N01210216101  
 Contactado por: Daniel Villalobos  
 Fecha de Toma: -  
**CONDICIONES DEL ANALISIS:**  
 P. Hora de Inicio: 20240317 17: 00  
 P. Fecha de Inicio: 20240318 08: 00  
 P. Fecha de Entrega: 20240317

**RESULTADOS**

Parámetro	Unidad	Resultado	σ	Metodo de Referencia	Preservación	Límite de Referencia
pH a 20°C	pH	6.8	0.1	SM 4500A PE 11	PE 11	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/l	10	-	SM 5210B PE 13	PE 13	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	20	-	SM 5202 PE 14	PE 14	-
Turbidez	NF	20	-	Método Apertometría 527	PE 12	-
Tiempo de Resaca	mg/l	10	-	SM 4500 C PE 12	PE 12	-

**NOTAS:**

- Los resultados expresados en este informe, corresponden únicamente a las condiciones operativas de laboratorio.
- No se debe interpretar el informe de manera parcial sino en su totalidad.
- Los resultados e interpretaciones de los datos están sujetos al alcance de acreditación otorgado al IIAI.
- INSGESTION SA** respalda la confiabilidad, representatividad y se asegura el cumplimiento de las leyes, competencias, normativas y regulaciones de la norma ISO 17025, en cuanto a estándares de referencia.
- Los límites de referencia se refieren a los parámetros correspondientes a la Tabla 7 de la Norma de Calidad Ambiental y Recurso de Agua de México, Norma Agua Potable (1 - 03) de 1993, Norma Oficial Mexicana de agua que establece los estándares de referencia del Sistema del Abastecimiento de Agua Potable con (7) 00 metros de altura en el sistema de la centralidad del IIAI.

**PT (Incertidumbre de medida)**

DBO <sub>5</sub>	±0.015 (3%)
DQO	±0.015 (7.5%)
Turbidez	±0.015 (7.5%)

**Ag. Marco Márquez**  
Jefe del Laboratorio

**INFORME DE RESULTADOS** N° 0010

**FECHA DEL MUESTRO:** 202403  
**IDENTIFICACION DEL CLIENTE:**  
 Tipo de Muestra: Agua  
 Ubicación de la muestra: PUNTO 3 (Agua de R1)  
 Dirección: -  
 Nombre de la muestra: N01210216101  
 Contactado por: Daniel Villalobos  
 Fecha de Toma: -  
**CONDICIONES DEL ANALISIS:**  
 P. Hora de Inicio: 20240317 17: 00  
 P. Fecha de Inicio: 20240318 08: 00  
 P. Fecha de Entrega: 20240317

**RESULTADOS**

Parámetro	Unidad	Resultado	σ	Metodo de Referencia	Preservación	Límite de Referencia
pH a 20°C	pH	6.8	0.1	SM 4500A PE 11	PE 11	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/l	10	-	SM 5210B PE 13	PE 13	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	20	-	SM 5202 PE 14	PE 14	-
Turbidez	NF	20	-	Método Apertometría 527	PE 12	-
Tiempo de Resaca	mg/l	10	-	SM 4500 C PE 12	PE 12	-

**NOTAS:**

- Los resultados expresados en este informe, corresponden únicamente a las condiciones operativas de laboratorio.
- No se debe interpretar el informe de manera parcial sino en su totalidad.
- Los resultados e interpretaciones de los datos están sujetos al alcance de acreditación otorgado al IIAI.
- INSGESTION SA** respalda la confiabilidad, representatividad y se asegura el cumplimiento de las leyes, competencias, normativas y regulaciones de la norma ISO 17025, en cuanto a estándares de referencia.
- Los límites de referencia se refieren a los parámetros correspondientes a la Tabla 7 de la Norma de Calidad Ambiental y Recurso de Agua de México, Norma Agua Potable (1 - 03) de 1993, Norma Oficial Mexicana de agua que establece los estándares de referencia del Sistema del Abastecimiento de Agua Potable con (7) 00 metros de altura en el sistema de la centralidad del IIAI.

**PT (Incertidumbre de medida)**

DBO <sub>5</sub>	±0.015 (3%)
DQO	±0.015 (7.5%)
Turbidez	±0.015 (7.5%)

**Ag. Marco Márquez**  
Jefe del Laboratorio

Elaborado por: La Autora, 2024

**Anexo N° 23.****Carta emitida por el Hospital Bicentenario a las visitas al laboratorio.**

**Memorando Nro. DSH-2024-010**  
Guayaquil, 20 de junio de 2024

A QUIEN CORRESPONDA  
Universidad Agraria del Ecuador  
Presente.

De nuestra consideración:

Por medio de la presente, hago constar que la estudiante Génesis Villafuerte Soria, portadora de la cédula de identidad 0924216476, asistió al Hospital Municipal Bicentenario de Guayaquil durante finales del mes de mayo y principios del mes de junio de 2024. La estudiante hizo uso de las instalaciones de nuestro laboratorio con fines investigativos, utilizando específicamente el microscopio.

La estudiante asistió en las siguientes fechas:

- 22 de mayo de 2024
- 27 de mayo de 2024
- 06 de junio de 2024
- 15 de junio de 2024

Durante estas visitas, se le permitió utilizar el equipo de laboratorio para el desarrollo de su proyecto de investigación.

Sin más que agregar, quedo a su disposición para cualquier información adicional que necesiten.

Atentamente,



Msc. Freddy Cortez Espinoza  
**Especialista En Procesos Administrativos**  
Hospital Municipal Bicentenario de Guayaquil

**Elaborado por:** La Autora, 2024