



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

SEDE MORONA SANTIAGO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LA
MICROCUCNCA DEL RIO SUNGAYME CANTÓN SUCÚA,
PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO, MEDIANTE
MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO
BIOINDICADORES”.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR:

PAUL ANDRES ROMERO JARA

Macas – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

SEDE MORONA SANTIAGO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LA
MICROCUENCA DEL RIO SUNGAYME CANTÓN SUCÚA,
PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO, MEDIANTE
MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO
BIOINDICADORES”.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR: PAUL ANDRES ROMERO JARA

DIRECTOR: ING. PATRICIO VLADIMIR MENDEZ ZAMBRANO

Macas – Ecuador

2023

©2023, Paúl Andrés Romero Jara

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Paúl Andrés Romero Jara, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular, el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

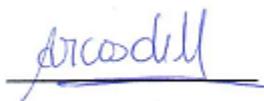
Macas, 09 de junio de 2023



Paúl Andrés Romero Jara
1401188063

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE MORONA SANTIAGO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto de Investigación, **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LA MICROCUENCA DEL RIO SUNGAYME CANTÓN SUCÚA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO, MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES”**., realizado por el señor: **PAUL ANDRES ROMERO JARA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Jessica Paola Arcos Logroño PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-06-09
Ing. Patricio Vladimir Méndez Zambrano DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN		2023-06-09
Ing. Ximena Rashell Cazorla Vinueza ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-06-09

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación dedico mis padres, quienes me han dado todo su amor, apoyo y sacrificio a lo largo de mi vida. Este logro es el resultado de su constante aliento, paciencia y confianza en mí. Gracias por creer en mis capacidades y por ser mi inspiración constante. Les dedico este trabajo como una muestra de gratitud y reconocimiento por todo lo que han hecho por mí. A mis amigos, por su amistad sincera y por ser mi apoyo en los momentos más difíciles. A mis profesores, por su compromiso con la enseñanza y por brindarme las herramientas necesarias para crecer intelectualmente.

Paúl

AGRADECIMIENTO

Quisiera aprovechar este espacio para expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la culminación de trabajo. En especial mis padres, Rosa y Agustín quienes estuvieron siempre a mi lado brindándome su apoyo, comprensión y aliento en los momentos más desafiantes. A mis hermanos Wilmer, Cristian y Leidy por apoyo incondicional me dio la fortaleza necesaria para superar obstáculos y perseverar en la consecución de mis metas académicas y también agradezco a mi esposa Leidy y mi hija Paulina que son mi fortaleza para vencer cualquier obstáculo y gracias por estar siempre conmigo apoyándome en este nuevo objetivo.

De igual manera agradezco a mis amigos más cercanos Erick, Eduardo y Jairo quienes me acompañaron en todo este trayecto de aprendizaje universitario y al Ing. Patricio Méndez, por haber compartido sus enseñanzas.

Paúl

ÍNDICE DE CONTENIDO

INDICE DE TABLA	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.1. Planteamiento del problema	3
1.2. Limitaciones y delimitaciones	4
1.3. Problema general de investigación.....	4
1.4. Problemas específicos de investigación.....	4
1.5. Objetivos.....	4
1.5.1. <i>Objetivo General</i>	4
1.5.2. <i>Objetivos Específicos</i>	4
1.6. Justificación.....	5
1.6.1. <i>Justificación teórica</i>	5
1.6.2. <i>Justificación practica</i>	5
1.7. Hipótesis	5

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes de la investigación	6
2.2. Bases conceptuales	7
2.2.1. <i>Agua</i>	7
2.2.2. <i>Cuenca hídrica</i>	7
2.2.3. <i>Contaminación del agua</i>	7
2.2.4. <i>Calidad del agua</i>	8
2.2.5. <i>Biomonitoreo</i>	8
2.2.5.1. <i>Bioindicadores</i>	8

2.3.	Bases teóricas	8
2.3.1.	Tipos de agua	8
2.3.1.1.	<i>Agua potable</i>	8
2.3.1.2.	<i>Agua no potable</i>	9
2.3.1.3.	<i>Agua subterránea</i>	9
2.3.2.	Propiedades biológicas del agua	9
2.3.2.1.	<i>Hidratación</i>	9
2.3.2.2.	<i>Nutrición</i>	9
2.3.2.3.	<i>Regulación de la temperatura</i>	9
2.3.2.4.	<i>Reacciones químicas</i>	10
2.3.2.5.	<i>Transporte</i>	10
2.3.3.	Tipos de contaminación de agua	10
2.3.3.1.	<i>Contaminantes físicos</i>	10
2.3.3.2.	<i>Contaminantes químicos</i>	10
2.3.4.	Contaminación de aguas por actividades humanas	11
2.3.4.1.	<i>Contaminación por actividades urbanas</i>	11
2.3.4.2.	<i>Contaminación domestica</i>	11
2.3.4.3.	<i>Contaminación industrial</i>	11
2.3.5.	Fuentes de contaminación	11
2.3.5.1.	<i>Fuentes puntuales</i>	11
2.3.5.2.	<i>Fuentes difusas</i>	11
2.3.5.3.	<i>Propiedades físico-químicos y microbiológicos</i>	12
2.3.6.	Tipos de bioindicadores	14
2.3.6.1.	<i>Fitoplancton</i>	14
2.3.6.2.	<i>Macrófitas</i>	14
2.3.6.3.	<i>Bacterioplancton</i>	14
2.3.6.4.	<i>Macroinvertebrados</i>	15
2.3.6.5.	<i>Perifitón</i>	15
2.3.6.6.	<i>Peces</i>	15
2.3.7.	Ventajas de los bioindicadores biológicos	16
2.3.8.	Macroinvertebrados acuáticos	16
2.3.9.	Habitad de macroinvertebrados	17
2.3.9.1.	<i>Sistemas lenticos</i>	17
2.3.9.2.	<i>Sistemas loticos</i>	17
2.3.9.3.	<i>Formas de macroinvertebrados</i>	17
2.3.10.	Índice biológico BMWP	18

2.3.11.	<i>Índice ICA NFS</i>	18
2.4.	Marco Legal	18
2.4.1.	<i>NTE INEN 1108</i>	18
2.4.2.	<i>Código Orgánico Ambiental</i>	18
2.4.3.	<i>Constitución de la República del Ecuador</i>	19

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	20
3.1.	Enfoque de investigación	20
3.2.	Nivel de investigación	20
3.3	Diseño de la investigación	20
3.3.1	<i>Según la manipulación o no de la variable independiente</i>	20
3.3.2	<i>Según las intervenciones en el trabajo de campo</i>	20
3.4.	Tipo de estudio	21
3.5.	Población y planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra	21
3.5.1.	<i>Área de estudio</i>	21
3.5.2.	<i>Selección del tramo del río Sungayme</i>	22
3.5.3.	<i>Selección de estaciones de monitoreo</i>	22
3.5.4.	<i>Caracterización de las estaciones de monitoreo</i>	22
3.3.	Métodos, técnicas e instrumentos de investigación	23
3.5.5.	<i>Materiales y equipos</i>	23
3.5.5.1.	<i>Materiales y equipos utilizados para el muestreo del río Sungayme</i>	23
3.5.5.2.	<i>Equipos y reactivos utilizados en laboratorio</i>	24
3.5.6.	Toma de muestras para análisis de laboratorio	24
3.5.7.	Conservación y manipulación de la muestra	25
3.5.8.	Análisis físico-químicos y microbiológicos	25
3.5.8.1.	<i>Demanda biológica de oxígeno (DBO₅)</i>	25
3.5.8.2.	<i>Potencial hidrógeno (pH)</i>	25
3.5.8.3.	<i>Coliformes fecales</i>	25
3.5.8.4.	<i>Temperatura</i>	26
3.5.8.5.	<i>Nitratos y Fosfatos</i>	26
3.5.8.6.	<i>Oxígeno disuelto</i>	26
3.5.8.7.	<i>Turbidez</i>	26
3.5.8.8.	<i>Conductividad eléctrica</i>	26
3.5.9.	<i>Índice ICA-NFS</i>	26

3.5.10.	<i>Cálculo del índice de calidad de agua ICA - NFS</i>	27
3.5.11.	<i>Muestreo de macroinvertebrados acuáticos</i>	28
3.5.11.1.	<i>Identificación y caracterización de los macroinvertebrados</i>	28
3.5.12.	<i>Cálculo de índice BMWP/Col</i>	28

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	31
4.1.	Parámetros fisicoquímicos del índice de calidad del agua NFS	31
4.1.1.	<i>Oxígeno disuelto (mg/L)</i>	31
4.1.2.	<i>Potencial Hidrogeno (pH)</i>	31
4.1.3.	<i>Nitratos (mg/L)</i>	33
4.1.4.	<i>Fosfatos (mg/L)</i>	34
4.1.5.	<i>Temperatura °C</i>	35
4.1.6.	<i>Turbidez (NTU)</i>	36
4.1.7.	<i>Sólidos totales disueltos (mg/L)</i>	37
4.1.8.	<i>Demanda bioquímica de oxígeno</i>	38
4.1.9.	<i>Coliformes Fecales (UFC/100 ml)</i>	39
4.2.	Resultado Índice de Calidad del Agua “ICA NFS”	40
4.3.	Resultados de macroinvertebrados Acuáticos del río Sungayme mediante el índice BMWP/Col	42
4.4.	Comparación del ICA NFS y el índice BMWP/Col	50

CAPÍTULO V

5.	MARCO PROPOSITIVO	51
----	--------------------------------	----

	CONCLUSIONES	53
--	---------------------------	----

	RECOMENDACIONES	54
--	------------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 2-1:	Propiedades fisicoquímicas y microbiológicas.....	12
Tabla 2-2:	Macroinvertebrados y sus formas.....	17
Tabla 3-1:	Materiales usados para el muestreo de agua.....	24
Tabla 3-2:	Equipos y reactivos utilizados en el laboratorio.....	24
Tabla 3-3:	Variables Ambientales pesos y unidades del ICA-NFS	27
Tabla 3-4:	Valores de la calidad del agua	27
Tabla 3-5:	Puntuación de las familias de macroinvertebrados.....	29
Tabla 3-6:	Valores referenciales BMWP/Col	30
Tabla 4-1:	Valoración y Clasificación del ICA de la NFS.....	40
Tabla 4-2:	Identificación de Macroinvertebrados	42
Tabla 4-3:	Total de Macroinvertebrados en los puntos de monitoreo (PMS).....	45
Tabla 4-4:	Puntuación del índice BMWP/Col de los meses de monitoreo.	47
Tabla 4-5:	Comparación del índice biológico BMWP/Col y el índice ICA-NFS.....	50
Tabla 5-1:	Prevención y mitigación de impactos.....	51
Tabla 5-2:	Monitoreo ambiental	51
Tabla 5-3:	Educación ambiental	52

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 3-1:	Ubicación del tramo de estudio y las estaciones de monitoreo.....	21
Ilustración 3-2:	Estación de monitoreo PMS-01	22
Ilustración 3-3:	Estación de monitoreo PMS-02	23
Ilustración 3-4:	Estación de monitoreo PMS-03	23
Ilustración 4-1:	Oxígeno Disuelto	31
Ilustración 4-2:	Potencial Hidrogeno	32
Ilustración 4-3:	Nitratos (mg/L)	33
Ilustración 4-4:	Fosfatos (mg/L).....	34
Ilustración 4-5:	Temperatura °C.....	35
Ilustración 4-6:	Turbidez (NTU)	36
Ilustración 4-7:	Solidos totales disueltos (mg/L).....	37
Ilustración 4-8:	Demanda bioquímica de oxígeno.....	38
Ilustración 4-9:	Coliformes fecales (UFC/100 ml).....	39

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** VISITA AL RIO SUNGAYME DEL CANTÓN SUCÚA
- ANEXO B:** MATERIALES PARA EL MUESTREO DE AGUA
- ANEXO C:** TOMA DE LA MUESTRA DE AGUA
- ANEXO D:** RECOLECCIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS²⁰
- ANEXO E:** IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS
- ANEXO F:** ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICO - QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS EN EL LABORATORIO

RESUMEN

La deposición de residuos sólidos y componentes químicos, la descarga de aguas residuales sin tratamiento adecuado y la falta de tratamiento de aguas en general, suele presentarse como un problema generalizado, por lo cual se ha planteado como objetivo de este estudio evaluar la calidad de agua del río Sungayme ubicado en Sucúa, mediante macroinvertebrados como bioindicadores, aplicando el índice biológico Biological Monitoring Working Party Colombia (BMWP/Col) y el índice ICA-NFS. La metodología de investigación es de tipo descriptiva con un enfoque mixto realizada en noviembre, diciembre y enero en tres puntos de monitoreo (PMS-01, PMS-02 y PMS-03), se aplicó el índice biológico, recolectando con redes D-net (150 µm); las variables ambientales se realizaron con equipos de medidas para pH, oxígeno disuelto, turbidez y temperatura, se recolectaron muestras de agua para realizar el análisis de conductividad eléctrica, demanda bioquímica de oxígeno, coliformes fecales, nitratos y fosfatos. Los resultados obtenidos mediante el índice BMWP/Col en las estación PMS-01=62 un agua clase II ACEPTABLE ligeramente contaminada, en el PMS-02=51 un agua moderadamente contaminada DUDOSA clase II y PMS-03=45 agua DUDOSA clase II modernamente contaminada, dando un promedio total de 52.67 agua DUDOSA clase II moderadamente contaminada; el índice ICA-NFS determinó en la estación PMS-01= 61.77 un agua REGULAR, en la estación PMS-02=47 un tipo de agua MALA y en el PMS-03=48.98 un estado de agua MALA, con un promedio total de 52.61 agua REGULAR. Se concluye que existen 25 familias de macroinvertebrados con un total de 393 individuos, encontrando en el PMS-01 más abundante la familia philopotamidae, gomphidae y en el PMS-02 y PMS-03 las familias leptophebiidae, glossiphonidae y physidae resisten contaminantes. Se recomienda tomar medidas de control por las autoridades, para las descargas de aguas residuales y desechos sólidos.

Palabras clave: <BIOINDICADORES>, <CALIDAD DEL AGUA>, <CONTAMINACIÓN>, <EVALUACIÓN>, <MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS>.

1293-DBRA-UPT-2023



ABSTRACT

The disposal of solid waste and chemical components, the discharge of wastewater without adequate treatment and the lack of water treatment in general is usually a widespread problem. The objective of the current study was to evaluate the water quality of the Sungayme river located in Sucúa; taking into account macroinvertebrates as bioindicators with the application of the biological index Biological Monitoring Working Party Colombia (BMWP/Col) and the ICA-NFS index. The research methodology is descriptive with a mixed approach carried out in November, December and January in three monitoring points (PMS-01, PMS-02 and PMS-03). It applied the biological index collected with D-nets (150 µm), besides the environmental variables were measured with measuring equipment for pH, dissolved oxygen, turbidity and temperature. After that, the water samples were collected for analysis of electrical conductivity, biochemical oxygen demand, fecal coliforms, nitrates and phosphates. The results obtained using the BMWP/Col index at station PMS-01=62 determined ACCEPTABLE class II slightly polluted water; at PMS-02=51 moderately polluted DOUBT class II water, and PMS-03=45 modernly polluted DOUBT class II water, giving a total average of 52.67 DOUBT class II moderately polluted water; meanwhile the ICA-NFS index determined at station PMS-01= 61.77 REGULAR water, at station PMS-02=47 BAD water type, and at PMS-03=48.98 BAD water status with a total average of 52.61 REGULAR water. It is concluded that there are 25 families of macroinvertebrates with a total of 393 individuals, being found the most abundant family philopotamidae, gomphidae in PMS-01, also in PMS-02 and PMS-03 the leptophebiidae, glossiphonidae, and physidae families resist contaminants. Finally, it is recommended to take control measures by the authorities for wastewater and solid waste discharges.

Keywords: <BIOINDICATORS>, <WATER QUALITY>, <CONTAMINATION>, <EVALUATION>, <AQUATIC MACROINVERTEBRATES>.



By: Leonardo Mauricio Martínez Paredes

0602902504

INTRODUCCIÓN

El agua es indispensable para el buen vivir, pero según pasa el tiempo el deterioro de la calidad del agua es muy notorio (Carr y Neary, 2008: p. 2). A nivel mundial actualmente existen cerca del 80 % de la población que está afectada por la degradación de los ríos. En el Ecuador existen recursos hídricos contaminados por debajo de 2 mil metros de altitud por distintas fuentes de origen (Isch, 2011, p. 7). Por tal motivo existe un deterioro en la flora y fauna que son fundamentales para el desarrollo del ambiente (Miranda, 2018, p. 1 citado en Vidal y Romero 2010). Los ríos son espacios muy susceptibles y son intervenidos por actividades antropogénicas, utilizados como depósitos de basura, lo que influye al deterioro de algunas comunidades bióticas produciendo su desaparición y reducción de algunas especies, como las comunidades de macroinvertebrados bentónicos (Toapanta, 2022, p. 18 citado en Pérez y Quishpi 2017). Para solventar este problema tenemos una técnica como el monitoreo biológico para el análisis del agua.

Existen técnicas para identificar la contaminación acuática, como el biomonitoreo de la calidad del agua, tiene como fin evaluar el estado de un recurso hídrico (río, lago, humedal, etc.) desde una perspectiva integral, utilizando los organismos acuáticos como índices biológicos (Prat y Munné, 2014: p. 48 citado en Woodiwiss, 1964; Margalef 1969; Bonada et al, 2006). Los bioindicadores son especies que a partir de su presencia demuestra el estado del medio mientras que la ausencia nos indica que ha sufrido una variación el hábitad acuático (González et al., 2014: p. 27). Podemos encontrar diferentes tipos de indicadores biológicos: las bacterias, se encuentran presentes en la contaminación fecal; los protozoos están presentes en el sistema saprobio; Fitoplancton, presencia de algas mediante la eutrofización; los macrófitos, son plantas presentes en el agua (Espino y Hernández, 2000: p. 16); los macroinvertebrados son organismos que se utiliza con más frecuencia, debido a su gran capacidad de tolerancia y adaptación a los niveles de contaminación lo que nos permite tener un mejor resultado al momento de diagnosticar el estado de un recurso hídrico (Arroyo y Encalada, 2009: p. 11). Para estos índices biológicos existen métodos que pueden dar a conocer la taxonomía de los organismos y cuál es su nivel de tolerancia ante los contaminantes.

El método Biological Monitoring Working Party (BMWP), fue creado por Hellavell (1978), como una técnica que determine la capacidad de tolerancia de los macroinvertebrados a la presencia de contaminantes (Naranjo et al., 2005: p. 67 citado en Armitage et al., 1983), fue perfeccionado en la misma Inglaterra en 1983 (Alba-Tercedor, 1996) y posteriormente adaptado por Roldán 1992 con el fin de evaluar la calidad del agua en Colombia (BMWP/Col) (Roldán, 2003, p. 30 citado en Roldán 1997, 1999). Este índice BMWP/Col, es muy utilizado en la actualidad, puede establecer cuantitativamente un valor de tolerancia para diferentes géneros de macroinvertebrados ante condiciones desfavorables (Forero et al., 2014: p. 234), permitiendo identificar la cantidad de familias, y así obtener información

verídica acerca de la calidad del agua (Montoya et al., 2011: pp. 193-210). Existen otros métodos para mejorar nuestro estudio entre ellos tenemos el índice de calidad del agua que nos puede ayudar a tener un diagnóstico acertado sobre la calidad de un recurso hídrico.

El Índice de Calidad del Agua (ICA) radica su importancia en la evaluación de la calidad del agua y se define en función de parámetros tanto fisicoquímicos como biológicos (Castro et al., 2014: pp. 114-115). Las variables ambientales están constituidas por diferentes componentes (Morell et al., 2015: p. 2). Hoy en día varios países dependen de los parámetros fisicoquímicos para evaluar la contaminación del agua, indicando las situaciones instantáneas de un cuerpo de agua, por lo cual los resultados son precisos en dimensión ordenada y no proporcionan informan del desarrollo de un contaminante y la resistencia que tienen los ecosistemas acuáticos ante los efectos tóxicos (García et al., 2011: p. 9), pero tiene una ventaja que su estudio es más rápido y pueden realizar con mayor frecuencia sus monitoreos (Samboni et al., 2007: p. 173). Estos métodos mencionados tienen un papel importante tal como la evaluación de la calidad del agua y para proporcionar resultados tiene que trabajar en conjunto para el desarrollo la investigación.

La contaminación según va aumentando tiene como propósito fusionar diferentes metodologías como es el uso de indicadores biológicos y análisis de parámetros fisicoquímicos para controlarlo. (López et al., 2022: p. 271 citado en Alba-Tercedor, 1996; Duran y Suicmez, 2007; Figueroa, 2003). La combinación de las variables ambientales con los macroinvertebrados se convierte en una exploración altamente efectiva para un buen uso y mayor control de la evaluación de la calidad del agua (Hahn et al., 2009: p. 90 citado en Jaramillo 1995). La relación existente entre las variables ambientales y los macroinvertebrados no es muy estable lo que dificulta la capacidad de identificar la estructura biológica del ecosistema acuático (ríos lagos etc.) (Lee et al., 2003: p. 2). Los métodos que se utilizan pueden llegar a catalogar respecto a sus trayectorias deterministas y estocásticos (Park et al., 2015: p. 21). Se han utilizado ampliamente los modelos matemáticos para predecir respuestas a la distribución de comunidades biológicas con las variables ambientales (Lee y Lee, 1995; Yabunaka et al., 1997). Por lo tanto, Los parámetros fitoquímicos tienen una gran influencia en las comunidades microbiológicas ya que influyen en su creciente desarrollo y muerte.

En el cantón Sucúa provincia de Morona Santiago se encuentra el río Sungayme el cual cruza de norte a sur por la ciudad, en este efluente natural años atrás se han venido descargando aguas usadas (Olmedo y Paredes, 2013: p. 11), lo que ha generado un enfoque de estudio de este recurso hídrico para la determinación de la calidad del agua del río Sungayme, cual tiene como objetivo analizar mediante parámetros físico químicos e índices biológicos (macroinvertebrados), realizando monitoreos para informar en qué estado se encuentra el agua del río Sungayme.

CAPÍTULO I

1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

Los ríos son indispensables para el desarrollo del medio ambiente (Gastezzi, et al., 2017: p. 38), pero uno de los problemas es su contaminación, debido a que realizan depósitos de residuos sólidos y componentes químicos, también son fuente de descarga de aguas residuales en países en desarrollo y el tratamiento de aguas no es adecuado, lo que provoca una contaminación ambiental. (Kora et al., 2017; Noorhosseini et al., 2017; Olguín et al., 2010) En el mundo el 80% de aguas usadas son descargadas a ecosistemas acuáticos sin ningún tratamiento apropiado (UNESCO, 2019, parr. 2), puesto que con el tiempo puede llegar a generar problemas en la salud de la población (Zhang et al., 2015: p. 3). La contaminación de cuerpos hídricos en el Ecuador puede estar presentes en diferentes fuentes de origen.

Los ecosistemas acuáticos del Ecuador se encuentran en deterioro, en la zona oriental por la extracción de petróleo, intervenciones hidroeléctricas y estancamientos de cuerpos de aguas, la descarga de aguas usadas, depósitos de desechos sólidos y la explotación de sus recursos naturales , siendo así susceptible a cambios en el medio ambiente (Cevallos y Parrado 2018: p. 91). Estudios realizados sobre la calidad del agua de distintos ríos nos dan a conocer que se encuentran altos niveles de concentraciones de nitrógeno, fosforo, coliformes y DBO por actividades antropogénicas; por medio de la ganadería, agricultura, descargas de aguas usadas y desechos sólidos (Cárdenas 2020, p. 1 citado en Escobar, 2002; Baque Mite, 2016; Duque et al., 2018). En la provincia de Morona Santiago se han generado estudios de la evaluación de calidad del agua como las investigaciones Rodríguez 2021, Miranda 2018, Perez et al., (2021), donde emplearon índices biológicos y fisicoquímicos para evaluar la calidad del agua. Y de esta manera tratar de proporcionar información que ayude a la minimizar los problemas de la contaminación de recursos hídricos.

El río Tutanangoza uno de los más representantes del cantón Sucúa en donde los pobladores realizan actividades recreacionales y en el cual desemboca la microcuenca del río Sungayme. Hace mucho tiempo se conoce que el recurso hídrico Sungayme era destino de aguas usadas (Olmedo y Paredes, 2013: p. 12), lo que ha generado un problema relevante debido a que el río cruza por la ciudad y las actividades antropogénicas puede tener influencia sobre el cuerpo hídrico.

1.2 Limitaciones y delimitaciones

Esta investigación puede estar limitada por el clima debido a que si existen precipitaciones en los meses de estudio de campo puede impedir realizar nuestro monitoreo de índices biológicos y de esa manera puede ocasionar una demora en nuestra investigación.

1.3 Problema general de investigación

¿En qué estado se encuentra la calidad de agua del río Sungayme cantón Sucúa al momento de evaluar su carga contaminante con índices biológicos?

1.4 Problemas específicos de investigación

¿La cantidad de poblaciones de macroinvertebrados en este estudio permitirá desarrollar una perspectiva de la carga contaminante del cuerpo de agua?

¿El índice BMWP/col evalúa la calidad de agua del río Sungayme según la cantidad de macrofauna acuática?

¿Los índices biológicos y variables ambientales determinaran en conjunto el estado de agua del sistema acuático relacionándose entre sí?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Evaluar la calidad del agua de la microcuenca del Río Sungayme cantón Sucúa, mediante macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores y el índice (BMWP/col).

1.5.2 Objetivos Específicos

- Identificar taxones de macroinvertebrados presentes en el río Sungayme.
- Evaluar la calidad del agua que presenta el río Sungayme mediante el índice, biological monitoring working party para Colombia (BMWP/Col).
- Analizar la distribución de los indicadores biológicos (macroinvertebrados) con las variables ambientales.

1.6 Justificación

1.6.1 Justificación teórica

En estos tiempos la calidad del agua ha sido enfoque de estudio para conocer en qué estado se encuentra los recursos hídricos, por tal motivo se ha venido utilizando métodos que responden o son susceptibles a cambios del agua tales como los índices biológicos (macroinvertebrados) y variables ambientales, por lo tanto esta investigación utilizará estos dos métodos para generar información sobre la calidad del agua del río Sungayme, con el fin de proponer una línea base acerca de la carga contaminante de la microcuenca debido a que no existen investigaciones previas sobre este sistema acuático.

1.6.2 Justificación practica

Esta investigación tiene como propósito plantear medidas de control para tratar de minimizar los impactos que puedan estar causando sobre este sistema acuático y de tal forma evitar la contaminación de los recursos hídricos que deterioran la vida acuática los cuales son importantes para el desarrollo de los ecosistemas.

1.7 Hipótesis

La descarga de aguas usadas y desechos sólidos urbanos están afectando a la familia de macroinvertebrados y la calidad de agua de la microcuenca.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

La Organización Mundial de la Salud (OMS) señala la preocupación sobre el agua y como una de las principales amenazas para la salud a nivel mundial. El acceso a tener agua de forma segura y saludable, el bienestar y la salud. La contaminación del líquido vital y los cambios climáticos, son algunas de las principales preocupaciones relacionadas con el agua. Esto plantea problemas de salud pública ya que el agua contaminada puede causar enfermedades diarreicas, infecciones parasitarias, infecciones bacterianas y otras enfermedades que ponen en peligro la salud y la vida (Villena, 2018, p. 305). Además, la escasez de agua es una preocupación cada vez mayor en muchos países.

Según Buenaño et al.,(2018, p. 45) la contaminación del agua en el Ecuador es una preocupación cada vez mayor debido al aumento del uso de fertilizantes químicos, pesticidas y otros contaminantes industriales. Esta contaminación está afectando la calidad del agua de ríos y lagos y está afectando la salud humana, la biodiversidad y el medio ambiente. La deforestación y la agricultura extensiva también están contribuyendo a la contaminación del agua en el Ecuador.

El estudio de (Rodríguez et al., 2022: p. 520) utilizaron índices biológicos BMWP mediante macroinvertebrados para evaluar la calidad del agua, la investigación se desarrolló en el río Upano del Cantón Morona en el periodo de tres meses consecutivos en tres puntos de monitoreo, durante ese tiempo se lograron recolectar diferentes familias de macroinvertebrados entre las más representativas fueron Scirtidae y Baetidae dando como resultado una calidad de agua aceptable.

La investigación (Miranda, 2018, p. 66) tienen como fin evaluar la calidad de agua del río Blanco ubicado en el cantón Morona empleando el método BMWP para identificar la familia de macroinvertebrados, este estudio se desarrolló en tres etapas de monitoreo logrando recolectar un total de 15 familias y 477 del total de macroinvertebrados, indicando el estado de agua aceptable del cuerpo hídrico.

El trabajo de investigación (Japa, 2021, p. 74) aplico el método BMWP/Col para determinar la carga contaminante del río Yuquipa en el Cantón Morona, se aplicaron en tres puntos del recurso hídrico monitoreando en el lapso de tres meses, identificando 18 familias de macroinvertebrados

indicando que el recurso hídrico tiene un estado de agua aceptable de clase II ligeramente contaminadas.

2.2 Bases conceptuales

2.2.1 Agua

El agua es componente de únicas características, indispensable para el buen vivir, y de gran abundancia en los ecosistemas e importante ante los procesos fisicoquímicos y biológicos gobernantes de la naturaleza (Sánchez et al., 2001: p. 115).

Además de ser un recurso esencial para la vida, el agua también tiene muchas propiedades únicas que la hacen especial. Es un buen conductor de electricidad y calor, lo que la hace útil en aplicaciones industriales, y también es un excelente solvente, lo que la hace ideal para la disolución de muchas sustancias (Ramos et al., 2003: p. 23).

Para (Toledo, 2002, p. 12) el agua enfrenta desafíos en el mundo actual. Los problemas globales entorno al agua dulce son la contaminación y su escasez, y muchas personas en todo el mundo carecen de acceso a agua potable. Por lo tanto, es importante tomar medidas para proteger y conservar este recurso vital.

2.2.2 Cuenca hídrica

Para (Bruneau, 2005, p. 21) es un área geográfica definida por la topografía en la que toda la lluvia y la nieve derretida fluyen hacia un punto o curso de agua principal, como un río o un lago. Es un sistema dinámico que incluye la interacción entre la atmósfera, la superficie terrestre y las aguas subterráneas.

2.2.3 Contaminación del agua

La contaminación del agua es la presencia en el agua de sustancias tóxicas, nocivas o no deseadas que pueden afectar la calidad del agua y hacerla perjudicial para la salud humana, los animales y el medio ambiente. Estos contaminantes pueden provenir de una variedad de fuentes, como la agricultura, la industria, la eliminación inadecuada de residuos, actividades humanas y desastres naturales., (Samboni et al., 2007: p. 175).

2.2.4 *Calidad del agua*

Teniendo en cuenta a (Sierra, 2011, p. 36) la calidad del agua se refiere a la cantidad y concentración de componentes químicos, biológicos y físicos en el agua. Existen estándares nacionales e internacionales que describen la calidad del agua, que incluyen límites para la presencia de sustancias tóxicas, patógenos y materia en suspensión.

2.2.5 *Biomonitoreo*

Es conocido como la utilidad de un sistema de respuestas de organismos que disponen diagnosticar alteraciones en el medio y permiten establecer medidas de control del ambiente. (Páez y Martínez, 2011: p. 230). Según (Torres et al., 2008: p. 1-15) el biomonitoreo es el uso sistemático de la alteración que tienen los organismos en el ecosistema y evaluar los cambios que sufren en el ambiente para implantar medidas de control ambiental.

2.2.5.1 *Bioindicadores*

Son aquellos organismos o familias de estos que son susceptibles ante la contaminación ambiental y pueden sufrir alguna alteración en su fisiología o también a través de ellos logran almacenar polutantes, también miden la contaminación ante los seres vivos para proporcionar información acerca del riesgo ante los organismos del ecosistema y el ser humano. (Anze et al., 2007: p. 55 citado en Pignata 2003)

2.3 Bases teóricas

2.3.1 *Tipos de agua*

Según (Ministerio del Ambiente, 2015b: p. 2), hay diferentes tipos de agua, clasificados según su uso y calidad. Los diferentes tipos de agua varían en su calidad, disponibilidad y uso, y es importante tomar medidas para proteger y gestionar adecuadamente cada tipo de agua para garantizar la salud humana y el medio ambiente. Algunos de los tipos más comunes incluyen:

2.3.1.1 *Agua potable*

Es el agua que se considera segura para el consumo humano y que cumple con los estándares de calidad de agua potable establecidos por las autoridades reguladoras.

2.3.1.2 Agua no potable

Es el agua que no cumple con los estándares de calidad de agua potable y que no es segura para el consumo humano.

2.3.1.3 Agua subterránea

Es el agua que se encuentra bajo la superficie terrestre, en acuíferos subterráneos.

1.1.1.1. Agua residual

Es el agua que se produce como resultado de procesos humanos, como el uso doméstico, la industria y la agricultura, y que contiene desechos y residuos.

2.3.2 Propiedades biológicas del agua

De acuerdo con (Carvajal y González, 2012: pp. 69-74) el agua es esencial para la vida y desempeña un papel crucial en muchos procesos biológicos. Algunas de las propiedades biológicas importantes del agua incluyen:

2.3.2.1 Hidratación

El agua es la molécula más importante para la hidratación de los seres vivos, ya que mantiene la hidratación de las células y los tejidos.

2.3.2.2 Nutrición

El agua es un solvente importante para la disolución y transporte de nutrientes a través del cuerpo, incluyendo sales, azúcares y aminoácidos.

2.3.2.3 Regulación de la temperatura

El agua es importante para la regulación de la temperatura corporal, ya que puede absorber y liberar calor, lo que ayuda a mantener la temperatura constante.

2.3.2.4 Reacciones químicas

El agua es un compuesto reactivo que puede participar en reacciones químicas importantes en el cuerpo, incluyendo reacciones de hidrólisis y oxidación.

2.3.2.5 Transporte

El agua es un buen conductor de solutos y nutrientes a través de las células y los tejidos, lo que es esencial para el transporte de sustancias en el cuerpo.

Estas propiedades biológicas del agua son esenciales para la vida y son cruciales para la supervivencia de los organismos, incluyendo el transporte de nutrientes, la regulación de la temperatura y la hidratación de las células y los tejidos.

2.3.3 Tipos de contaminación de agua

2.3.3.1 Contaminantes físicos

De acuerdo con (Carvajal y González, 2012: p. 75) los contaminantes físicos son sustancias o factores en el ambiente que pueden afectar negativamente la salud humana y el medio ambiente debido a sus propiedades físicas, como ruido, la temperatura (calor y frío excesivos afecta la vida acuática) y humedad (humedad relativa afecta la salud humana).

2.3.3.2 Contaminantes químicos

Los contaminantes químicos son sustancias tóxicas o perjudiciales que se encuentran en el aire, agua, suelo y alimentos, y que pueden tener efectos negativos en la salud humana y el medio ambiente como pesticidas y productos químicos agrícolas e industriales, residuos tóxicos, aguas industriales. (Colusi y Hedrera, 2015: p1).

1.1.1.2. Contaminantes biológicos

Los contaminantes biológicos son organismos vivos, como bacterias, virus, hongos, parásitos y otros seres vivos, que pueden causar enfermedades o dañar la salud humana y el medio ambiente (Paulino y Apella, 2010: pp. 12-13).

2.3.4 Contaminación de aguas por actividades humanas

2.3.4.1 Contaminación por actividades urbanas

Las actividades urbanas se refieren a la presencia en el medio ambiente de sustancias tóxicas, materiales y residuos resultantes de las actividades humanas en zonas urbanas, como la industria, la construcción, la generación de energía, el tráfico de vehículos, la agricultura urbana, entre otros; afectando a los sistemas acuáticos por medio de escorrentía (Maldonado, 2009, p. 67)

2.3.4.2 Contaminación domestica

Se refiere a la presencia de contaminantes en el hogar y su entorno inmediato. Esta contaminación puede ser causada por una variedad de fuentes, como la quema de combustibles fósiles, el uso de productos químicos domésticos como detergentes y desinfectantes, y la eliminación inadecuada de residuos y descargas de aguas usadas (Isch, 2011, pp. 18-19).

2.3.4.3 Contaminación industrial

La contaminación industrial se refiere a la presencia en el medio ambiente de contaminantes tóxicos y residuos resultantes de las actividades industriales. Estos contaminantes pueden incluir desechos tóxicos, gases y partículas contaminantes, y productos químicos peligrosos, y pueden tener un impacto negativo en la salud humana, la biodiversidad y el equilibrio ecológico (Chubb, 2020, parr.2).

2.3.5 Fuentes de contaminación

2.3.5.1 Fuentes puntuales

Descargan diferentes contaminantes en sitios o zonas específicas, como por ejemplo, el agua de refinería de petróleo y descargas de aguas residuales (Guadamarra et al., 2016: p. 3).

2.3.5.2 Fuentes difusas

Es el tipo de aguas que presentan contaminación y es difícil de identificar, controlar y cuantificar y se encuentran de diferentes formas, se encuentran en fuentes agrícolas (Galaviz et al. 2019: p. 48).

2.3.5.3 Propiedades físico-químicos y microbiológicos

Las propiedades físico-químicos y biológicos más empleados en el estudio de la calidad de agua de un efluente son las siguientes (Tabla 2-1):

Tabla 2-1: Propiedades fisicoquímicas y microbiológicas

Demanda biológica de oxígeno (DBO)	ml/L	Es una medida del requerimiento de oxígeno por parte de los microorganismos en el agua para descomponer la materia orgánica en condiciones controladas de tiempo y temperatura. Se utiliza comúnmente como un indicador de la calidad del agua.
Potencia hidrogeno	pH	es una medida de la acidez o alcalinidad de una solución. Se define como el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno (H+) en una solución. Un pH de 7 se considera neutral, mientras que valores inferiores a 7 indican acidez y valores superiores a 7 indican alcalinidad.
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	Son un grupo de bacterias presentes en la materia fecal de animales, incluyendo humanos. Se utilizan como indicadores de la presencia de contaminación fecal en agua, alimentos y superficies. La presencia de coliformes fecales en agua potable o en alimentos puede indicar una posible presencia de patógenos dañinos para la salud humana, por lo que se utiliza como una medida de la calidad higiénica.
Temperatura	°C	Factor importante en la evaluación de la calidad del agua, ya que puede afectar la solubilidad de los compuestos, la velocidad de las reacciones químicas y biológicas, y la supervivencia y el crecimiento de los organismos acuáticos. La temperatura

		óptima para la mayoría de los organismos acuáticos depende de la especie y puede variar entre 5°C y 30°C.
Nitratos	NO ₃ mg/L	En sistemas acuícolas normalmente el nitrato se presenta 1 mg/L, en concentraciones más de 5mg/L indica contaminación.
Fosfatos	PO ₄ mg/L	El fósforo se presenta por lixiviación de terrenos o también se fertilizantes, aguas residuales domésticas e industriales, y descargas incontroladas de agua de lluvia.
Oxígeno Disuelto (OD)	OD % saturación	Es la cantidad de oxígeno molecular que se encuentra en solución en agua. El OD es importante para la vida acuática, ya que es un requisito esencial para la supervivencia de la mayoría de los peces y otros organismos acuáticos
Turbidez	FAU	Es una medida de la cantidad de partículas en suspensión en agua, como arena, limo, algas y materia orgánica en descomposición. La turbidez afecta la calidad del agua de varias maneras, incluyendo la reducción de la cantidad de luz que penetra en el agua, lo que afecta el crecimiento de las plantas acuáticas y la productividad del ecosistema acuático.
Conductividad eléctrica		La conductividad eléctrica también puede ser utilizada para determinar la pureza del agua y para detectar cambios en la calidad del agua debido a la degradación ambiental o la contaminación.
Sólidos disueltos totales	mg/L	Son partículas en suspensas en el agua por efecto de la contaminación antropogénica.

Fuente: (Sierra, 2011, pp. 47-52)(López 2007, p. 3); (Lozano 2019, p. 13).

Realizado por: Romero P., 2023

2.3.6 Tipos de bioindicadores

Estos organismos se denominan bioindicadores o indicadores biológicos de la calidad del agua. Citando a (Badii y Garza, 2005: pp. 17-19) y (Domínguez et al., 2020: p. 60), los indicadores biológicos comúnmente utilizados en el monitoreo de la calidad del agua son: fitoplancton, macrófitas, bacterioplancton, macroinvertebrados, perifitón y peces.

2.3.6.1 *Fitoplancton:*

El fitoplancton es un grupo diverso de organismos acuáticos, principalmente algas microscópicas, que flotan en la superficie de los cuerpos de agua dulce y marino. El fitoplancton es responsable de la producción de una gran cantidad de oxígeno a través de la fotosíntesis y es un componente crítico del ciclo global del carbono. (Domínguez et al., 2020: p. 60) La presencia de ciertas especies de fitoplancton puede ser un indicador de la presencia de contaminantes en el agua, mientras que la ausencia de ciertas especies puede ser un indicador de un ambiente contaminado o degradado. Además, la diversidad del fitoplancton puede ser un indicador de la salud del ecosistema acuático, ya que una mayor diversidad sugiere un ambiente más saludable.

2.3.6.2 *Macrófitas:*

Las macrófitas son plantas acuáticas que pueden ser utilizadas como bioindicadores de la calidad del agua. La presencia de determinadas especies de macrófitas puede ser un indicador de una buena calidad del agua, mientras que la ausencia o la disminución de ellas puede ser un indicador de una mala calidad del agua. Esto se debe a que las macrófitas son sensibles a los cambios en el medio ambiente y pueden responder a la presencia de contaminantes o a otras alteraciones del ecosistema acuático. Por lo tanto, el monitoreo de las macrófitas puede ser una herramienta útil para evaluar la calidad del agua en una región específica.

2.3.6.3 *Bacterioplancton*

Es un grupo de bacterias que viven en ambientes acuáticos, incluyendo agua dulce y marina. Al igual que las macrófitas, el bacterioplancton también puede ser utilizado como un bioindicador de la calidad del agua. La composición y la abundancia de los grupos bacterianos pueden verse afectados por la presencia de contaminantes, la disponibilidad de nutrientes y otros factores ambientales. (Domínguez et al., 2020: p. 60) Por lo tanto, el monitoreo de las comunidades bacterianas puede ser una forma de evaluar la calidad del agua y detectar cualquier alteración en el ecosistema

acuático. Además, algunos grupos bacterianos pueden ser más tolerantes a ciertos contaminantes que otros, lo que los hace útiles como bioindicadores de la presencia de contaminantes específicos.

2.3.6.4 *Macroinvertebrados*

Son organismos sin columna vertebral que miden más de un milímetro de tamaño y son visibles a simple vista. Estos incluyen insectos acuáticos como libélulas, ranas y grillos, así como otros artrópodos acuáticos como gusanos, caracoles y gasterópodos. También incluyen algunos grupos de anélidos, moluscos y crustáceos. Los macroinvertebrados son importantes componentes de los ecosistemas acuáticos, ya que desempeñan un papel fundamental en la cadena alimentaria y proporcionan alimento para otros organismos, como peces y aves acuáticas (Badii y Garza, 2005: pp. 17-19).

La presencia de ciertas especies de macroinvertebrados puede ser un indicador de una buena calidad del agua, mientras que la ausencia o la disminución de ellas puede ser un indicador de una mala calidad del agua. Además, los macroinvertebrados pueden ser útiles para detectar la presencia de contaminantes específicos, ya que algunas especies son más tolerantes a ciertos contaminantes que otras. Por lo tanto, el monitoreo de los macroinvertebrados puede ser una herramienta útil para evaluar la calidad del agua en una región específica (Bastardo y Sánchez 2017: p. 77).

2.3.6.5 *Perifitón*

Es un grupo de organismos planctónicos que habitan la superficie de las hojas y otros objetos flotantes en ambientes acuáticos. Al igual que otras formas de vida acuática, el perifitón puede ser utilizado como bioindicador de la calidad del agua. La presencia, diversidad y abundancia de las comunidades de perifitón pueden verse afectadas por la presencia de contaminantes y otras alteraciones del ambiente. (Domínguez et al., 2020: p. 60) Por ejemplo, la presencia de ciertas especies de perifitón puede ser un indicador de una buena calidad del agua, mientras que la ausencia o disminución de ellas puede ser un indicador de una mala calidad del agua. Además, el perifitón es sensible a cambios en el pH, la concentración de oxígeno disuelto y otros factores ambientales, lo que lo hace útil para evaluar la calidad del agua en una región específica.

2.3.6.6 *Peces*

Pueden ser utilizados como bioindicadores de la calidad del agua. La presencia, diversidad y abundancia de las comunidades de peces pueden verse afectadas por la presencia de

contaminantes, la alteración de los hábitats y otros factores ambientales. La presencia de ciertas especies de peces puede ser un indicador de una buena calidad del agua, mientras que la ausencia o disminución de ellas puede ser un indicador de una mala calidad del agua. Además, los peces son sensibles a cambios en la concentración de oxígeno disuelto, la temperatura y otros factores ambientales (Cuenca et al., 2013: p. 380).

2.3.7 Ventajas de los bioindicadores biológicos

De acuerdo con Domínguez et al., (2020: p. 60) las ventajas de los bioindicadores biológicos son:

- Permiten detectar la presencia de contaminantes nuevos o incluso en concentraciones bajas, debido a que diversas sustancias se adhieren a los organismos de forma que se acumulan, lo cual indica que existen diferentes contaminantes que pueden estar afectando al recurso hídrico.
- La interpretación biológica nos indica que existen diferentes organismos que pueden existir a rangos tolerables de contaminación, por ende, este estudio evita que se realicen consecutivamente los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, ya que mediante la presencia o ausencia de organismos se pueden dar información relacionada con las variables ambientales.
- No existe forma de recolectar muestras de toda la biota acuática, de tal manera que se identifican puntos específicos para su recolección, reduciendo y simplificando los costos de valores del recurso hídrico y manejando información fácil y concreta de interpretar.

2.3.8 Macroinvertebrados acuáticos

Los macroinvertebrados acuáticos son organismos invertebrados de tamaño grande que habitan ambientes acuáticos, como ríos, lagos, arroyos y humedales. Estos organismos juegan un papel importante en los ecosistemas acuáticos, ya que son una fuente importante de alimento para muchas especies de peces y aves, y también contribuyen a la biodiversidad y a la salud del ecosistema. Además, los macroinvertebrados acuáticos son sensibles a cambios en la calidad del agua, por lo que se utilizan a menudo como bioindicadores para evaluar la salud de los ecosistemas acuáticos (Ramírez y Gutiérrez, 2014: p. 11).

De acuerdo con (Aguilar y Martín, 2021: pp. 11-14) algunos de los macroinvertebrados acuáticos más comúnmente utilizados en la evaluación de la calidad del agua incluyen:

- **Tricópteros:** son un grupo de insectos acuáticos conocidos por su capacidad
- para tolerar una amplia gama de condiciones de agua.

- **Ephemeroptera:** son un grupo de insectos acuáticos que se encuentran en aguas corrientes y son sensibles a la contaminación y la degradación ambiental.
- **Plecópteros:** son un grupo de insectos acuáticos que se encuentran en aguas corrientes y son sensibles a la degradación ambiental.

2.3.9 *Habitad de macroinvertebrados*

2.3.9.1 *Sistemas lenticos*

Son medios acuáticos con gran cantidad de comunidades de macroinvertebrados debido a sus aguas quietas (Estrada, 2013, p. 3).

2.3.9.2 *Sistemas loticos*

Considerados por la cantidad de organismos presentes en comunidades bióticas y se encuentran por medio de características geomorfológicas, climáticas (Ambrosio, 2014, p. 4).

2.3.9.3 *Formas de macroinvertebrados*

En los ecosistemas acuáticos pueden existir variedad de macroinvertebrados y para identificarlos podemos encontrarlos de varias formas como: caracoles son espirales, lombrices alargadas, escarabajos ovalados y conchas redondas, también encontramos camarones y ácaros con 6 hasta 10 patas y larvas que no tienen patas (Carrera y Fierro, 2001: p. 29).

Tabla 2-2: Macroinvertebrados y sus formas

			
ESPIRALADOS	OVALADOS	ALARGADOS	REDONDOS
			
6 patas	8 patas	10 patas	Sin patas

Fuente: (Carrera y Fierro 2001, p. 29)

Realizado por: Romero P., 2023.

2.3.10 Índice biológico BMWP

Fue establecido en Inglaterra en 1970 el Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) con el fin de ser de utilidad para evaluar el estado de contaminación de un cuerpo de agua utilizando macroinvertebrados como bioindicadores, el cual llega solo hasta los niveles de familias y mediante la presencia o ausencia permiten cuantificar (Cuintaco y Robayo, 2019: p. 30.)

De acuerdo con (Orozco, 2018, p. 55) el índice biológico BMWP (índice biológico de calidad de agua) es una herramienta utilizada para evaluar la calidad biológica de las aguas superficiales mediante organismos acuáticos.

2.3.11 Índice ICA NFS

El índice NFS se utiliza para identificar la presencia de contaminación y otros factores que puedan afectar la salud de los ecosistemas acuáticos y se utiliza para monitorear la eficacia de las políticas medioambientales y para guiar la toma de decisiones en la gestión de los recursos hídricos. Es una herramienta valiosa para evaluar la calidad de las aguas y para detectar cualquier cambio en la calidad de las aguas a lo largo del tiempo (Aguirre et al., 2016: p. 39).

2.4 Marco Legal

2.4.1 NTE INEN 1108

De acuerdo con (Instituto Ecuatoriano de Normalización 2011, p. 2) La NTE INEN 1108 es una norma técnica ecuatoriana que establece los requisitos que debe cumplir el agua para su uso como agua potable para consumo humano. Esta norma incluye parámetros de calidad de agua, tales como la cantidad de cloro residual, el contenido de bacterias coliformes, la presencia de metales pesados y otros contaminantes. También establece los límites permisibles para cada parámetro y proporciona orientación sobre cómo monitorear y controlar la calidad del agua para garantizar que sea segura para el consumo humano. La NTE INEN 1108 es una herramienta importante para garantizar la salud pública y el acceso a agua potable de calidad en Ecuador.

2.4.2 Código Orgánico Ambiental

El (Codigo Orgánico del Ambiente, 2017, p. 4) de Ecuador establece la regulación y protección del medio ambiente, incluyendo la calidad del agua. Algunos de los artículos específicos que abordan la calidad del agua incluyen:

- Artículo 6: Este artículo establece que toda persona tiene derecho a un ambiente equilibrado y a una gestión integral del agua.
- Artículo 9: Este artículo establece la obligación de la gestión integral y sostenible del agua y su protección contra la contaminación.
- Artículo 10: Este artículo establece que la gestión del agua debe garantizar su calidad y cantidad necesarias para los usos humanos, la agricultura, la pesca, la industria, la generación de energía, la conservación de la biodiversidad y otros usos esenciales.
- Artículo 13: Este artículo establece la obligación de garantizar el uso sostenible y equilibrado del agua.

Estos artículos y otros de la normativa, establecen la importancia de proteger y garantizar la calidad del agua en Ecuador para garantizar un ambiente equilibrado y una gestión integral y sostenible del agua.

2.4.3 Constitución de la República del Ecuador

La Constitución de la República del Ecuador (2008) establece la regulación y protección del agua en su país. Algunos de los artículos específicos que abordan el agua incluyen:

Atr.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 (Constitución de la república del Ecuador, 2008, p. 11).

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 (Constitución de la república del Ecuador, 2008, p. 13).

Art.71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos (Constitución de la república del Ecuador, 2008, p. 33).

CAPÍTULO III

3 MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque de investigación

El presente trabajo de investigación correspondió a un enfoque mixto debido a que se ejecutó el análisis cualitativo de los macroinvertebrados en el que se examinaron las características de cada individuo para su respectiva identificación y clasificación. Por otra parte; dentro del enfoque cuantitativo, se manejaron valores de los parámetros físico-químicos y microbiológicos en las tres estaciones de monitoreo del Río Sungayme para representar el análisis de los datos obtenidos y describir el estado en el que se encuentra el agua del Río Sungayme considerando que los datos obtenidos de esta investigación partieron desde la fase de recolección de la muestra hasta el respectivo análisis de cada parámetro.

3.2 Nivel de investigación

La elaboración de este trabajo se estableció como una investigación de tipo descriptiva, ya que mediante la ayuda de diferentes equipos y herramientas se podrá efectuar los análisis de los parámetros y el estudio de los macroinvertebrados acuáticos en las diferentes estaciones de monitoreo del tramo seleccionado del Río Sungayme, lo que permitirá recolectar la información necesaria para establecer el nivel de calidad en la que se encuentra el Río de estudio.

3.3 Diseño de la investigación

3.3.1 *Según la manipulación o no de la variable independiente*

La presente investigación corresponde a un estudio de tipo no experimental ya que en el estudio se evaluará la calidad del agua del Río Sungayme por lo que es esencial observar, analizar y describir los resultados que se obtienen durante el tiempo de monitoreo establecido, en la cual no resulta necesario manipular ninguna de las variables de investigación.

3.3.2 *Según las intervenciones en el trabajo de campo*

El trabajo de investigación es de tipo transversal ya que de acuerdo con el proceso de estudio se observó y analizó los parámetros físico-químicos, microbiológicos y macroinvertebrados los cuales se dieron de manera insitu y exsitu, por lo que este estudio tuvo como lapso de tiempo tres

meses consecutivos permitiendo extraer ciertas conclusiones con los resultados obtenidos en la población y de esa forma indagar acerca la calidad de agua del recurso hídrico Sungayme

3.4 Tipo de estudio

El presente estudio se estableció como una investigación documental y de campo. Es documental ya que se realizó una investigación bibliográfica en la que se revisó literatura relacionada con el tema de estudio a nivel local, nacional e internacional por medio de revistas, libros y sitios web. De la misma manera, el trabajo es de campo ya que se realizó los monitoreos en los puntos establecidos del tramo de estudio donde se recolectaron macroinvertebrados y muestras de agua para su respectivo estudio.

3.5 Población y planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra

3.5.1 Área de estudio

El presente estudio se desarrolló en el Río Sungayme del cantón Sucúa en tres estaciones de monitoreo en el cual, el tramo seleccionado recorre la parroquia Santa Marianita, Barrio la Cruz, El Paraíso y desemboca en el Río Tutanangoza. La distancia del tramo seleccionado es de 6,3 km por lo cual las estaciones de monitoreo se establecieron en el nacimiento del Río (PMS-01), donde existe intervenciones humanas de los barrios La Cruz y Paraíso (PMS-02) y en la desembocadura del Río Sungayme (PMS-03).



Ilustración 3-1: Ubicación del tramo de estudio y las estaciones de monitoreo

Realizado por: Romero P., 2023

3.5.2 Selección del tramo del río Sungayme

Se inició un recorrido del Río Sungayme desde la parroquia Santa Marianita hasta su desembocadura en el Río Tutanangoza en el que se delimitó el tramo de estudio y las estaciones de monitoreo con la ayuda de un GPS Garmin Etrex 20. Se tomaron las coordenadas de cada estación y mediante el software ArcMap 10.5.1 se graficó el mapa del tramo junto con las estaciones de estudio.

3.5.3 Selección de estaciones de monitoreo

Se establecieron 3 estaciones de monitoreo en el Río Sungayme las cuales fueron definidas de acuerdo con los criterios planteados por la Autoridad Nacional del Agua (2011, p. 8) en la que se indica que dichas estaciones deben ser representativas, de fácil acceso y deben ser fácilmente localizadas mediante cualquier referencia.

3.5.4 Caracterización de las estaciones de monitoreo

- Estación 1 (PMS-01): Se encuentra ubicado en la parroquia Santa Marianita y corresponde al inicio del Río Sungayme donde se realizan actividades ganaderas que pueden influir en la calidad de agua del recurso hídrico, también existe exuberante vegetación y se presencia abundancia de vida acuática, por ello se considera la primera estación como punto de referencia.



Ilustración 3-2: Estación de monitoreo PMS-01

Realizado por: Romero P., 2023

- Estación 2 (PMS-02): La segunda estación ubicada en El Paraíso atraviesa algunos barrios y se considera como zona intervenida por actividades antrópicas.



Ilustración 3-3: Estación de monitoreo PMS-02

Realizado por: Romero P., 2023

- Estación 3 (PMS-03): Esta estación se encuentra cerca de la desembocadura hacia el Río Tutanangoza en el cual el trayecto del Río de estudio sufre los pasivos ambientales ocasionados por el centro de faenamamiento municipal del cantón Sucúa.



Ilustración 3-4: Estación de monitoreo PMS-03

Realizado por: Romero P., 2023

3.3. Métodos, técnicas e instrumentos de investigación

3.5.5 Materiales y equipos

3.5.5.1 Materiales y equipos utilizados para el muestreo del río Sungayme

Los materiales que se utilizaron para los respectivos muestreos de agua y recolección de macroinvertebrados en el río Sungayme se detallan en la Tabla 3-1.

Tabla 3-1: Materiales usados para el muestreo de agua

Materiales y Equipos	
Botellas plásticas 1L	Bandeja blanca
Frasco estéril de vidrio	Pinzas
pH-metro digital	Alcohol al 70%
medidor multiparamétrico	Hielera
Red D-net	Etiquetas
GPS	

Elaborado por: Romero P., 2023

3.5.5.2 Equipos y reactivos utilizados en laboratorio

Tabla 3-2: Equipos y reactivos utilizados en el laboratorio

Equipos y reactivos	
Medidor de oxígeno (OXITOP)	Bureta
Botella ámbar	Incubadora
Agitador magnético	Caja Petri
Cápsulas de sosa	Matraz Erlenmeyer
Inhibidor nitrificante	Filtro NEOGEN
Balón de Aforo	Ácido rosólico
Equipo de bombeo	Muestra biológica
Mufla	Balanza
Probeta	Espectrofotómetro
Turbidímetro	Estereoscopio

Elaborado por: Romero P., 2023

3.5.6 Toma de muestras para análisis de laboratorio

La toma de muestras del Río Sungayme se efectuó basado en la norma INEN 2169 (2013, pp. 3-7) y INEN 2176 (2013, pp. 4-10) en el que se indica el proceso de muestreo, manejo y conservación de la muestra.

Durante el período establecido para el estudio de la calidad del agua, se realizaron 3 muestreos en los meses de noviembre, diciembre de 2022 y enero 2023 en horarios de 09h00 a 13h00 donde las muestras fueron recolectadas en frascos estériles y rotulados.

3.5.7 Conservación y manipulación de la muestra

Se utilizó una hielera para la conservación y traslado de las muestras con el fin de aislar y evitar cualquier tipo de contaminación y pérdida de las propiedades físico-químicas y microbiológicas (INEN, 2013, p. 3).

3.5.8 Análisis físico-químicos y microbiológicos

Las muestras de agua fueron analizadas en el Laboratorio de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Sede Morona Santiago donde los métodos utilizados para cada parámetro se detallan a continuación.

3.5.8.1 Demanda biológica de oxígeno (DBO₅)

El análisis de DBO₅ se realizó en un periodo de 5 días en el que se midió la muestra de agua en un balón de aforo de 432ml para luego colocar en una botella ámbar y adicionar 10 gotas de inhibidor nitrificante (NTH 600) con 5 ml de solución nutritiva. Después se colocó un imán de agitación y un caucho en la boca de la botella ámbar a fin de contener 2 pastillas de sosa cáustica. Por último, se colocó el medidor de oxígeno (oxitop) y se agitó durante 5 días hasta obtener el valor medido por el oxitop.

3.5.8.2 Potencial hidrógeno (pH)

La medición de este parámetro fue realizada in situ y por el método del potenciómetro; dentro del cual se introdujo el pH-metro portable Apera PH8500 en el agua hasta que la lectura se estabilice para luego proceder anotar el valor.

3.5.8.3 Coliformes fecales

Para el análisis de coliformes fecales se usó una caja petri preparada (NEOGEN) y mediante el equipo de bombeo se logró filtrar la muestra de agua de 100 ml la cual fue colocada en un matraz. Una vez que la muestra fue filtrada se colocó el medio de cultivo para las coliformes fecales (ácido rosólico de 2ml). Por último, se cerró de manera hermética la caja petri con sus tapas y se colocó en una incubadora a 37 °C por 48 horas. Una vez ya cumplido el tiempo de incubación se prosiguió al conteo de las coliformes.

3.5.8.4 *Temperatura*

De la misma manera que el pH; la temperatura fue medida in situ y por el método potenciométrico el cual consistió en sumergir el pH-metro en el agua y esperar hasta que se establezca el valor de medición en centígrados.

3.5.8.5 *Nitratos y Fosfatos*

El análisis de estos 2 parámetros se realizó ex situ por espectrofotometría. Como primer paso fue necesario la calibración del espectrofotómetro por ello, se introdujo un blanco preparado con 10 ml de agua destilada. Una vez ya calibrado, se procedió a colocar 10 ml de muestra de agua agregando el kit de nitrato químico para así obtener el valor del parámetro de estudio. De la misma forma para el fosfato fue necesario agregar el kit de fosfatos en 10 ml de muestra de agua para la lectura del valor del parámetro.

3.5.8.6 *Oxígeno disuelto*

El análisis se realizó in situ y consistió en el uso de un multiparamétrico APERA-DO 850 DO/Temp que contiene una sonda sensible al oxígeno disuelto que permite la lectura del parámetro al introducir a una profundidad de 5cm de la superficie del agua.

3.5.8.7 *Turbidez*

Se realizó el análisis de la turbidez ex situ haciendo uso del Turbidímetro portátil HACH 2100Q01 en el cual se tomó 10 ml de muestra en un vaso de precipitación y se procedió a introducir en el Turbidímetro para su lectura.

3.5.8.8 *Conductividad eléctrica*

Se realizó el análisis in situ haciendo uso de un conductímetro HACH 51800-10. Para la obtención del valor se sumergió la sonda en el agua a 5 cm y se esperó hasta que la lectura se establezca para tomar el valor. (Metrólogos Metas & Asociados 2010, p. 2)

3.5.9 *Índice ICA-NFS*

Existen diversas investigaciones sobre calidad del agua superficial que utilizan el índice desarrollado por “The National Sanitation Foundation” (NSF), siendo uno de los más utilizados,

con el fin de evaluar y minimizar los impactos generados por él se humano hacia los cuerpos de agua mediante los parámetros físicos, químicos y biológicos (Cayax et al., 2014: p. 19).

Tabla 3-3: Variables Ambientales pesos y unidades del ICA-NFS

PARÁMETROS	PESOS	UNIDAD
Coliformes fecales	0.15	UFC/100 mL
pH	0.12	(en unidades de pH)
Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días	0.10	DBO5 en mg/ L
Nitratos	0.10	NO3 en mg/L
Fosfatos	0.10	PO4 en mg/L
Temperatura	0.10	(en °C)
Turbidez	0.08	(en FAU)
Sólidos disueltos totales	0.08	en mg/ L
Oxígeno disuelto	0.17	(OD en % saturación)

Fuente: (Criollo, 2018, p. 26).

Realizado por: Romero P., 2023

3.5.10 Cálculo del índice de calidad de agua ICA - NFS

Se realizó el cálculo por medio del software IQADATA 2015 en el cual, los datos obtenidos en los análisis fisicoquímicos y microbiológicos fueron ingresados al software directamente para así obtener un valor numérico que describe la calificación del agua definido por el ICA – NSF. El valor resultante que se obtiene está en un rango de 0 a 100 el cual es comparado con la Tabla de calificación para conocer el nivel de la calidad de agua del Río Sungayme.

Tabla 3-4: Valores de la calidad del agua

CALIDAD DEL AGUA	VALOR	COLOR
Excelente	91 a 100	
Buena	71 a 90	
Regular	51 a 70	
Mala	26 a 50	
Muy mala	0 a 25	

Fuente: (Samboni et al. 1991)

Realizado por: Romero P., 2023

3.5.11 Muestreo de macroinvertebrados acuáticos

La recolección de macroinvertebrados se realizó en las 3 estaciones de monitoreo durante un tiempo de 40 minutos en cada estación dando inicio desde la última estación (PMS-03) hacia la primera estación (PMS-01) con el fin de evitar arrastre de organismos y sedimentos de una estación a otra.

Se utilizó redes D-net con malla de 150 µm para atrapar y recolectar los macroinvertebrados en cada estación de monitoreo mediante la técnica de patada que consiste en remover el fondo del río con el pie para que los macroinvertebrados salgan y sean llevados por la corriente. Los sustratos recolectados con la red se depositaron en contenedores blancos para facilitar la visualización de los organismos que se encuentran en el agua y, por medio de pinzas entomológicas se capturaron los macroinvertebrados para introducirlos en frascos de vidrio con alcohol al 70% con su respectiva etiqueta para luego ser llevados al laboratorio.

3.5.11.1 Identificación y caracterización de los macroinvertebrados

Los macroinvertebrados recolectados en las 3 estaciones de monitoreo fueron llevadas hasta el laboratorio de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo sede Morona Santiago donde se desarrolló la identificación, clasificación y caracterización taxonómica a nivel de familias.

Durante la fase de laboratorio, los individuos macroinvertebrados se colocaron en diferentes cajas Petri con alcohol para distinguir las estaciones de monitoreo y se procedió a la observación con la ayuda de un estereoscopio para la identificación taxonómica de las familias mediante claves taxonómicas establecidas por autores como Roldán (2016 citado en Mora y Tamay, 2022, p. 48) y Arango et al., (2008, pp. 125-127).

3.5.12 Cálculo de índice BMWP/Col

Una vez ya identificados los macroinvertebrados se realizó el cálculo del índice BMWP/Col por el cual se valoró a los organismos de acuerdo con el grado de tolerancia a la contaminación que va de 1 – 10 de los cuales se presenta a continuación en la Tabla 3-5.

Tabla 3-5: Puntuación de las familias de macroinvertebrados

ÍNDICE BMWP/COL	
FAMILIAS	PUNTAJES
<i>Siphonuridae, Heptageniidae, Leptophebiidae, Potamanthidae, Ephemeridae, Taeniopterygidae, Leuctridae, Capniidae, Perlodidae, Perlidae, Chloroperlidae, Aphelocheiridae, Phryganeidae, Molennidae, Beraeidae, Odontoceridae, Leptoceridae, Goeridae, Lepidostomatidae, Brachycentridae, Sericostomatidae, Athericidae, Blephariceridae</i>	10
<i>Astacidae, Lestidae, Calopterygidae, Gomphidae, Cordulegasteridae, Aeshnidae, Corduliidae, Libellulidae, Psychomyiidae, Philopotamidae, Glossosomatidae</i>	8
<i>Ephemerellidae, Nemouridae, Rhyacophilidae, Polycentropodidae, Limnephilidae</i>	7
<i>Neritidae, Viviparidae, Ancyllidae, Hydroptilidae, Unionidae, Corophiidae, Gammaridae, Platycnemididae, Coenagriidae</i>	6
<i>Oligoneuriidae, Dryopidae, Elmidae, Helophoridae, Hydrochidae, Hydraenidae, Clambidae, Hydropsychidae, Tipulidae, Simuliidae, Planariidae, Dendrocoelidae, Dugessidae</i>	5
<i>Baetidae, Caenidae, Haliplidae, Curculionidae, Chrysomelidae, Tabanidae, Stratiomyidae, Empididae, Dolichopodidae, Dixidae, Ceratopogonidae, Anthomyidae, Limoniidae, Psychodidae, Sialidae, Piscicolidae, Hidracarina</i>	4
<i>Mesoveliidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Naucoridae, Pleidae, Notonectidae, Corixidae, Helodidae, Hydrophilidae, Hygrobiidae, Dysticidae, Gyrinidae, Valvatidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Bithyniidae, Sphaeridae, Glossiphoniidae, Hirudidae, Erpobdellidae, Asellidae, Ostracoda</i>	3
<i>Chironomidae, Culicidae, Muscidae, Thaumaleidae, Ephydriidae</i>	2
<i>Oligochaeta (todas las clases), Syrphidae</i>	1

Fuente: (Arango et al., 2008: p. 127)

Realizado por: Romero P., 2023

Se estableció una sumatoria de los puntajes de calificación de cada familia para definir el índice BMWP/Col el cual se comparó con la Tabla 3-6 en la que se tienen 5 niveles de calidad de agua.

Tabla 3-6: Valores referenciales BMWP/Col

CLASE	CALIDAD	BMWP/COL	SIGNIFICADO	COLOR
I	Buena	>150,101-120	Aguas muy limpias a limpias	
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	
II	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	
IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	
V	Muy crítica	<15	Aguas fuertemente contaminadas	

Fuente: (Arango et al., 2008: p. 127)

Realizado por: Romero P., 2023

CAPÍTULO IV

4 MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Parámetros fisicoquímicos del índice de calidad del agua NFS

El análisis de los nueve parámetros físico químico y microbiológicos basados en el “ICA NFS” de los tres puntos de monitoreo, se realizó de manera in situ y ex situ, realizando la recolección de muestras para después llevar al laboratorio de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO SEDE MORONA SANTIAGO, y de esa forma obtener los resultados que se detallan a continuación.

4.1.1 Oxígeno disuelto (mg/L)

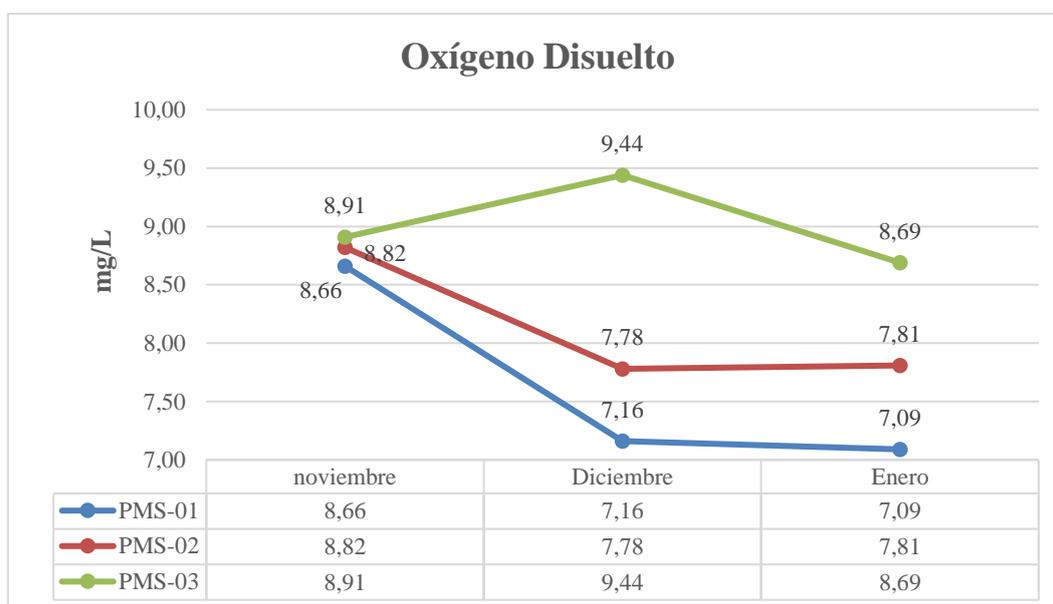


Ilustración 4-1: Oxígeno Disuelto

Realizado por: Romero P., 2023

En la ilustración 4-4 indica las concentraciones de oxígeno disuelto (OD) de los puntos de monitoreo de los meses de noviembre 2022, diciembre 2022 y enero 2023, de acuerdo con Carrillo et al., (2010, p 5 citado en Flanagan 1992), la Agencia nacional de Estados Unidos presentó criterios de calidad de oxígeno disuelto, donde indica que los organismos acuáticos puedan vivir en un rango mínimo de 4-5 mg/L y en medidas de porcentaje en un 70 % de OD. De acuerdo con este criterio los valores obtenidos en los puntos de monitoreo el oxígeno disuelto se encuentra entre valores de 7.09 hasta 9.44 mg/L.

4.1.2 Potencial Hidrogeno (pH)

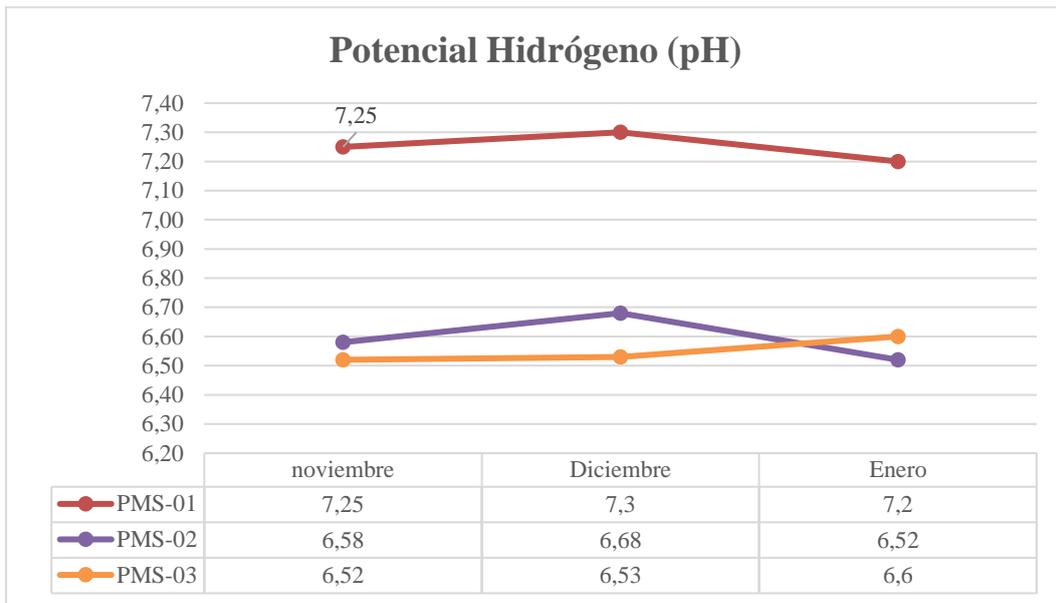


Ilustración 4-2: Potencial Hidrogeno

Realizado por: Romero P., 2023

En la presente ilustración 5-4, se indica los valores de los puntos de monitoreo del potencial hidrogeno (pH), Según la investigación de Lozano (2019, p.22) para que el agua se encuentre en estados de calidad optima debe estar entre 6.5-8.3, así mismo con respecto a la TABLA 2: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y DE ESTUARIOS, en las cuales proporciona criterios de calidad de agua, para que exista vida en un sistema acuático el rango del pH debe estar presente entre 6.5 a 9 (MAAE-Acuerdo Ministerial 097-A, 2015), se corrobora que el pH del medio acuático Sungayme se encuentra entre los criterios permisibles de calidad de agua. De acuerdo con Pauta et al(2019: p 6) manifiesta que cuando el pH se acerca a su estado acido entre un rango de 4-5 es debido a que existen actividades antropogénicas de descarga de materia orgánica en el recurso hídrico aumentando de tal manera el parámetro analizado.

4.1.3 Nitratos (mg/L)

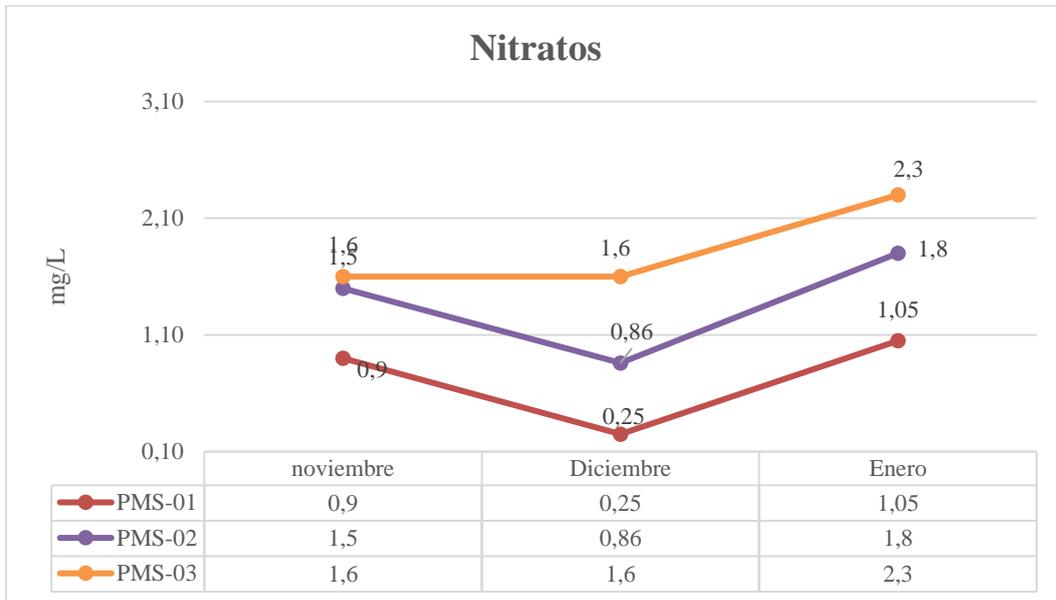


Ilustración 4-3: Nitratos (mg/L)

Realizado por: Romero P., 2023

La ilustración 6-4 muestra las concentraciones de nitratos presentes en los puntos de estudio del río Sungayme, de acuerdo con la TABLA 2: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y DE ESTUARIOS (MAAE-Acuerdo Ministerial 097-A, 2015), establece la cantidad permitida de nitratos en las aguas dulces superficiales con un máximo de 13 mg/L, relacionando con los resultados obtenidos en los puntos de monitoreo el valor más bajo se sitúa en el mes de diciembre 2022 con 0.25 mg/L presente en el punto PMS-01 barrio el Paraíso, mientras que el valor más alto es de 2.3 mg/L que corresponde al punto PMS-03 la desembocadura del río Sungayme en el mes de enero 2023, por lo cual el sistema acuático presentan concentraciones dentro del límite máximo. Según Arauzo et al., (2006, p.3) las concentraciones bajas de nitratos se dan de forma natural por medio de la descomposición de plantas o estiércol de animales, por el contrario el incremento de nitratos se da por el efecto de fertilizantes que utilizan los agricultores y se dirigen al recurso hídrico por medio de la escorrentía o infiltración.

4.1.4 Fosfatos (mg/L)

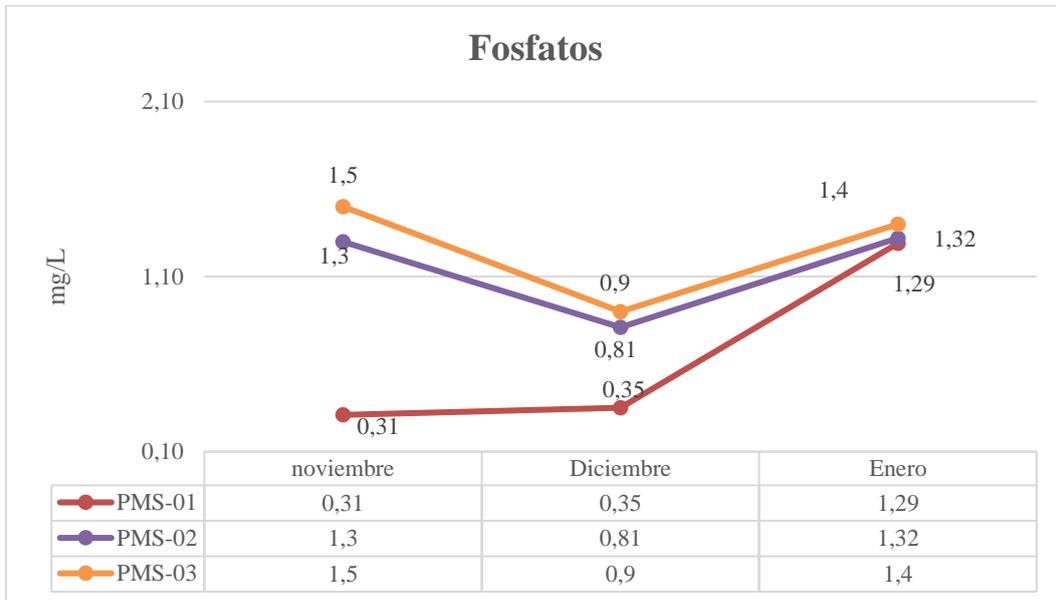


Ilustración 4-4: Fosfatos (mg/L)

Realizado por: Romero P., 2023

En la ilustración 6-4, indica las concentraciones de fosfatos de los puntos de monitoreo del río Sungayme. De acuerdo con Vaquerizo (2019, p.76) manifiesta el límite máximo permitido de fosfatos en aguas dulces superficiales de un 2.15 mg/L, por ende, respecto a las concentraciones de cada estación monitoreada el valor más alto corresponde a la desembocadura al río Sungayme (PMS-03) con 1.5 mg/L en el mes de noviembre 2022, permitiendo establecer que el río se encuentra dentro del límite máximo establecido. De acuerdo con Capo (2007, p.97) los fosfatos se pueden encontrar de forma natural en materia orgánica, lixiviados de terrenos y también es generado por actividades humanas como descargas de aguas domésticas, industrias de lavadoras donde utilizan detergentes y las aguas son vertidas a un recurso hídrico sin ningún tipo de tratamiento.

4.1.5 Temperatura °C

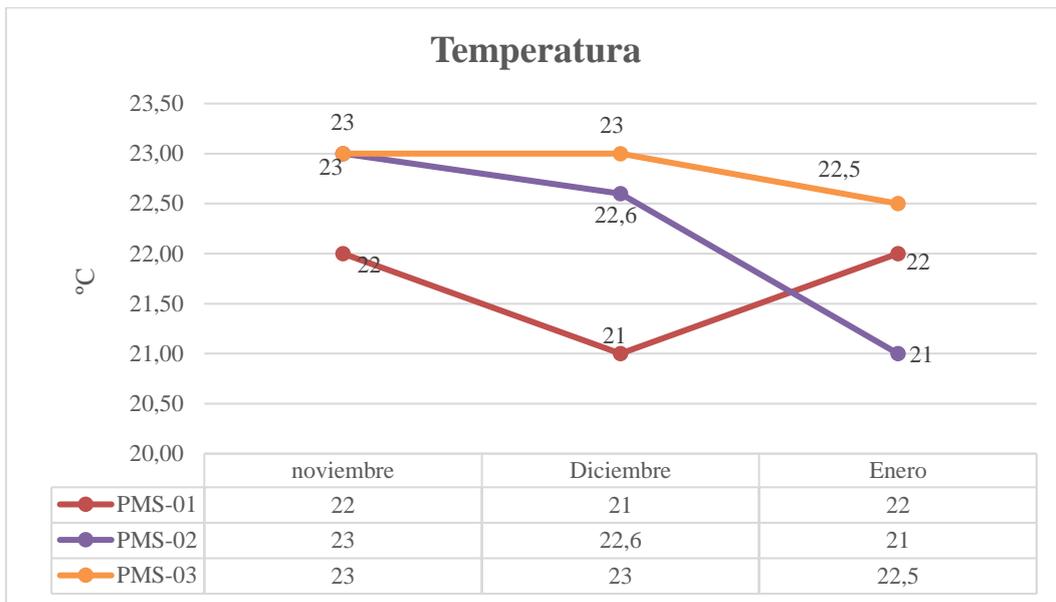


Ilustración 4-5: Temperatura °C

Realizado por: Romero P., 2023

En la Ilustración 7-4 indica los valores de la temperatura de cada estación monitoreada, los resultados de los meses de noviembre 2022, diciembre 2022 y enero 2023 presentan temperaturas entre 21-23 °C. Según Roldán (2003, p.3) las temperaturas deben estar entre un rango de 25-0°C, considerándose un factor importante que influye sobre el oxígeno disuelto (OD) por lo que a menor temperatura más OD y a mayor temperatura menor OD, tomando como referencia este criterio los valores de temperaturas del tramo de estudio del río Sungayme se encuentran dentro del rango establecido. De acuerdo con Carrillo y Urgilés (2016, p.45) la variación de temperatura se da debido al aumento de calor del sol dependiendo de las zonas donde se encuentran, por otra parte, los organismo que se encuentran en zonas tropicales están adaptados a temperaturas constantes y cualquier cambio drástica de temperatura puede afectar su existencia.

4.1.6 Turbidez (NTU)

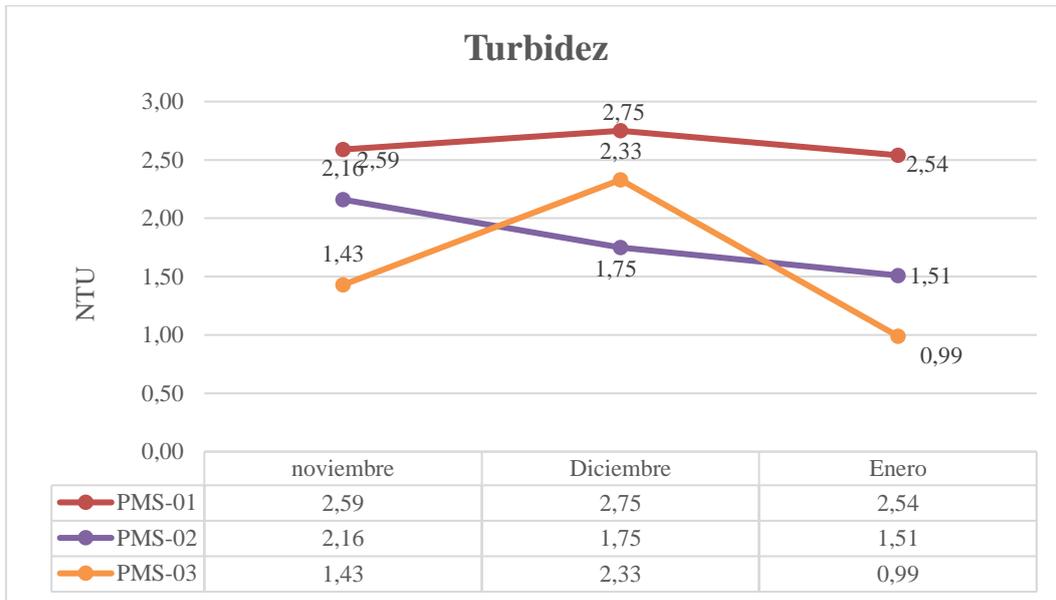


Ilustración 4-6: Turbidez (NTU)

Realizado por: Romero P., 2023

La siguiente ilustración 8-4 presenta los valores obtenidos de la turbidez de los puntos de monitoreo, para lo cual se encuentra un valor más alto de 2.75 NTU en la estación ubicada en la parroquia Santa Marianita (PMS-01) para el mes de diciembre 2022 en el barrio Paraíso, comparando con Olivero et al., (2013, p.23) indica que 50 NTU es el límite permisible de turbidez en aguas turbias y flujos de ríos, por lo que el sistema hidrico Sungayme se encuentra dentro del límite máximo permitido. Respecto a Roldán (2003, p.3), la turbidez se origina por medio de material particulado lo que modifica el olor, color del agua y se generado por actividades antropogénicas como creación de canteras y carreteras, dejando escombros y terrenos susceptibles a la erosión arrastrados por medio de la escorrentía. Por lo cual dentro de los meses de monitoreo no hubo mucha precipitación impidiendo el arrastre excesivo de material particulado a cada punto de monitoreo lo que demuestra una baja turbidez.

Por lo cual dentro de los meses de monitoreo no hubo mucha precipitación impidiendo el arrastre excesivo de material particulado loque demuestra una baja turbidez.

4.1.7 Sólidos totales disueltos (mg/L)

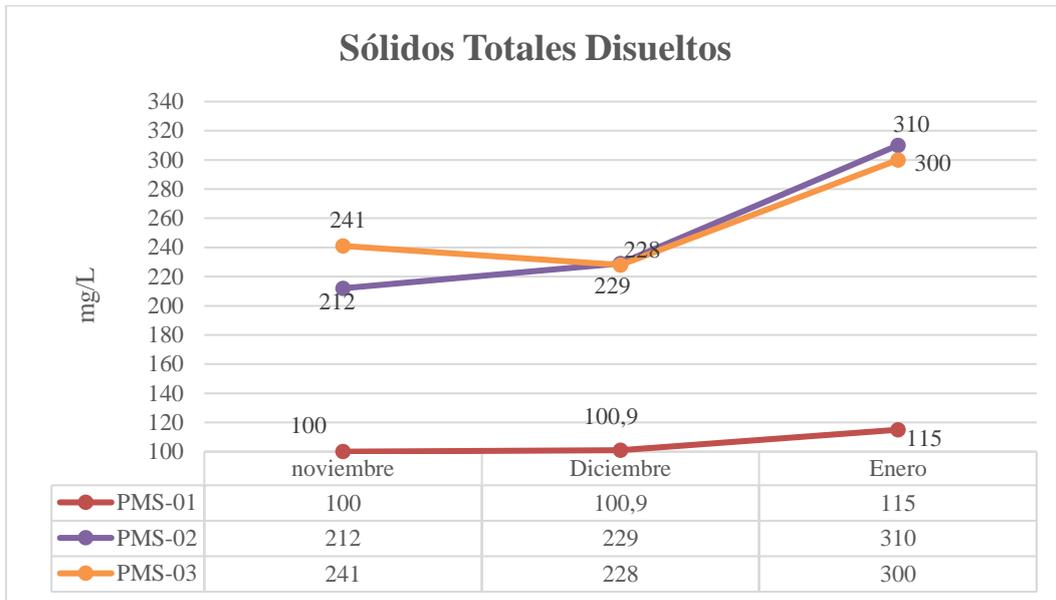


Ilustración 4-7: Sólidos totales disueltos (mg/L)

Realizado por: Romero P., 2023

La presente ilustración 9-4 muestra los resultados de sólidos totales disueltos (STD) en los meses de noviembre 2022, diciembre 2022 y enero 2023, obteniendo valores altos en los puntos PMS-02 con 310 mg/L y PMS-03 con 300 mg/L, en relación con lo que indica Hinojoza (2018, p.14) la estimación permitida de sólidos totales disueltos para sistemas acuáticos superficiales se encuentran en un rango de 500-1000 mg/L; un factor que puede provocar el aumento de los sólidos disueltos en el agua es la materia orgánica suspendida y la erosión del suelo en las a riveras del recurso hídrico, de acuerdo con lo mencionado los resultados obtenidos en todas las estaciones de monitoreo del recurso hídrico Sungayme se encuentran dentro del rango permitido.

4.1.8 Demanda bioquímica de oxígeno

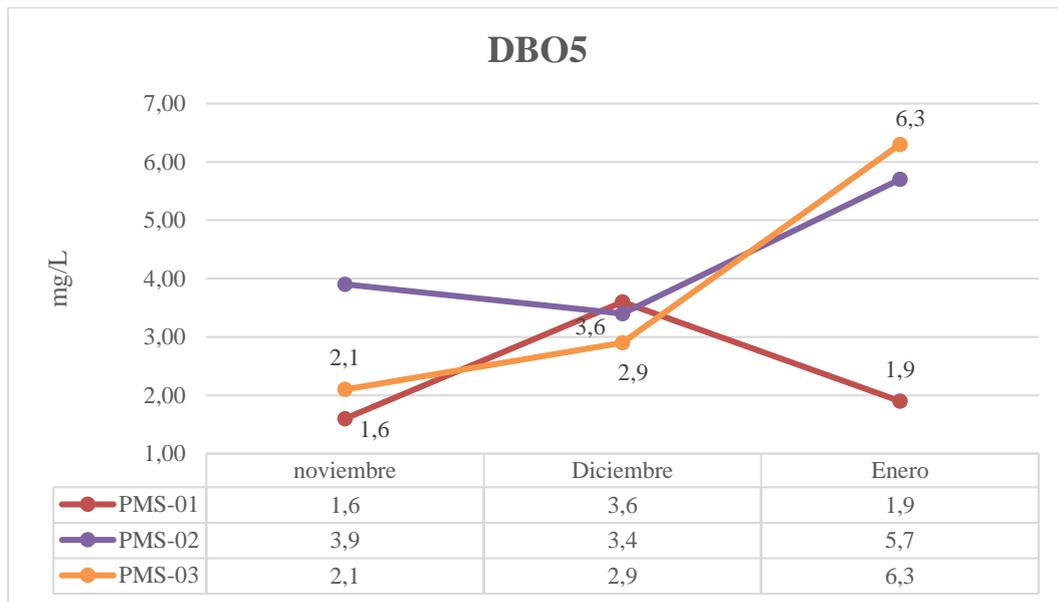


Ilustración 4-8: Demanda bioquímica de oxígeno

Realizado por: Romero P., 2023

La siguiente ilustración 6-4 presenta los resultados de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de los puntos monitoreados, según la TABLA 2: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES MARINAS Y ESTUARIOS DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA (MAAE-Acuerdo Ministerial 097-A, 2015), manifiesta que el límite permisible para que el agua sea eficiente para los organismos acuáticos el valor del DBO debe ser máximo 20 mg/L, de acuerdo con este criterio el valor más alto dentro de cada estación de monitoreo corresponde al mes de enero 2023 en el punto PMS-03 con 6.3 mg/L, por lo que el río Sungayme se encuentra dentro del límite máximo debido a que presenta concentraciones bajas. Respecto a lo que indica Abarca (2016, p.75) la DBO se da por medio de la degradación de materia orgánica generada por los organismos, por ello mayor cantidad de materia orgánica mayor DBO y viceversa, ocasionando bajos niveles de OD debido al consumo por parte de los microorganismos.

4.1.9 Coliformes Fecales (UFC/100 ml)

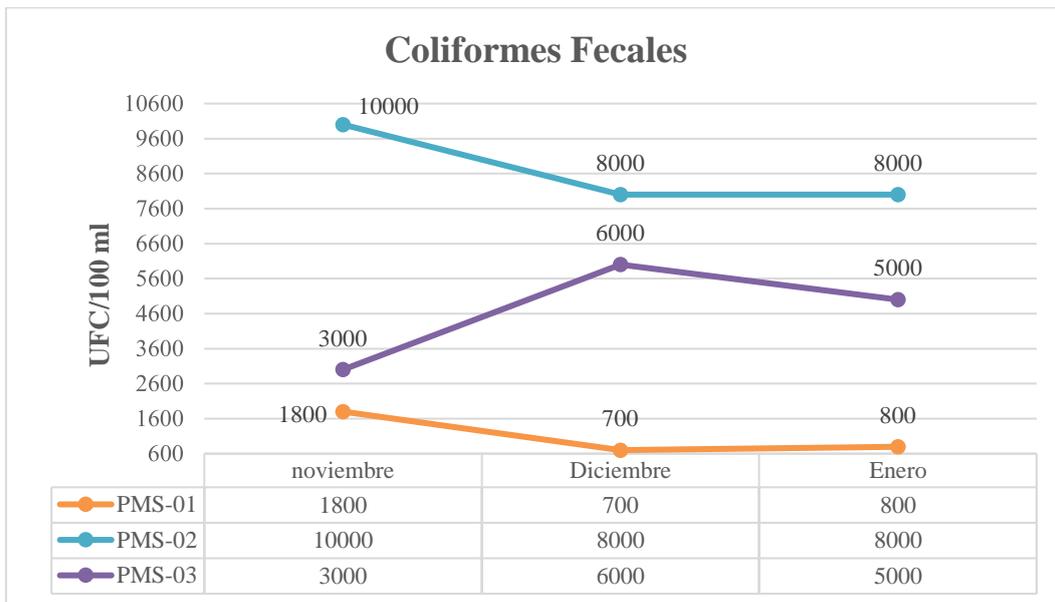


Ilustración 4-9: Coliformes fecales (UFC/100 ml)

Realizado por: Romero P., 2023

La ilustración 11-4 indica los resultados obtenidos del análisis de los coliformes fecales de cada estación de monitoreo en los meses noviembre 2022, diciembre 2022 y enero 2023, en todos los puntos de monitoreo presentan valores altos entre un rango de 700-10000 (UFC/100 ml), que de acuerdo a la OMS dentro de las Guías de Calidad de Agua Potable, el parámetro de coliformes fecales recomienda 0 UFC (unidades formadoras de colonias)/100ml, por lo que diferentes países adoptaron esta norma incluyendo Ecuador y respecto al estudio realizado por la universidad de Kansas (Olivas et al., 2018, pp.15-16), el agua segura para usos recreativos por contacto, como natación debe tener menos de 200 UFC/100 ml de coliformes fecales, por lo cual dentro de los resultados las concentraciones de todos los puntos sobrepasan los límites máximos permisibles debido a que existe agentes patógenos en materia fecal de animales como de ser humano en el río Sungayme, un factor que producen las altas concentraciones de coliformes fecales es el impedimento del transcurso de agua generados por desechos sólidos causando el aislamiento en cantidades considerables las heces, lo que puede provocar enfermedades debido al consumo de agua por parte del ser humano.

4.2 Resultado Índice de Calidad del Agua “ICA NFS”

Tabla 4-1: Valoración y Clasificación del ICA de la NFS

Parámetros	Unidades	Noviembre			Diciembre			Enero		
		Estaciones de monitoreo			Estaciones de monitoreo			Estaciones de monitoreo		
		PMS-01	PMS-02	PMS-03	PMS-01	PMS-02	PMS-03	PMS-01	PMS-02	PMS-03
Oxígeno disuelto	mg/L	8.66	8.82	8.91	7.16	7.78	9.44	7.09	7.81	8.69
Coliformes fecales	NMP/100 mL	1800	10000	3000	700	8000	6000	800	8000	5000
pH	Unidades	7.25	6.58	6.52	7.3	6.68	5.53	7.2	6.52	6.6
DB05	mg/L	1.6	3.9	2.1	3.6	3.4	2.9	1.9	5.7	6.3
Nitratos	mg/l NO3-N	0.9	1.5	1.6	0.25	0.86	1.6	1.05	1.8	2.3
Fosfatos	mg/l PO4-P	0.31	1.3	1.5	0.35	0.81	0.90	1.29	1.32	1.4
Temperatura	°C	22	23	23	21	22.6	23	22	21	22.5
Turbidez	NTU	2.59	2.16	1.43	2.75	1.75	2.33	2.54	1.51	0.99
Solidos disueltos	Mg/l	100	212	241	100.9	229	228	115	310	300
Valor del ICA-NSF		65.13	49.64	51	60.01	48.13	47.88	60.07	43.48	48.05
Calidad										
Promedio		55.257			52.007			50.533		

Realizado por: Romero P., 2023

En la tabla 4-1, indica en el mes de noviembre estación PMS-01 y PMS-03 según los valores de calidad se encuentra en el rango de 51-70 dando un agua de tipo **REGULAR**, por el contrario en la estación PMS-02 está entre 26-50 siendo de calidad **MALA**, dentro del promedio del mes de Noviembre tenemos valoración **REGULAR**, de acuerdo con el software IQADATA para el análisis de la calidad del agua por medio de la incidencia de los porcentajes tenemos dentro de la estación PMS-01 y PMS-02 mayor 50% de coliformes fecales y 10-24% de fosforo total y en el PMS-03 el +50 % de coliformes fecales y 24-50% fosforo total. Los coliformes fecales están representando más del 50 % de influencia en la calidad de agua del río Sungayme es todos los puntos monitoreados del río debido a que se ejecutan actividades ganaderas aguas arriba y al pasar por la ciudad existen vertidos de aguas residuales puntuales sin ningún tratamiento.

En el mes de diciembre en la estación PMS-01 tenemos calidad de agua **REGULAR** con un valor, al contrario de las estaciones PMS-02 y PMS-03 la valoración es de tipo **MALA** en el promedio de las tres estaciones presenta un agua de tipo Regular; con respecto al software IQADATA de análisis de calidad de agua según los valores porcentaje en incidencia tenemos dentro del PMS-01 el 25-50% corresponde a coliformes fecales y saturación de oxígeno, y 10-24 % de fosforo total; en el PMS-02 más del 50% de coliformes fecales y 10-24 % de saturación de oxígeno y fosforo total, en el PMS-03 tenemos coliformes fecales en un 25-50% y 10-24 % representa saturación de oxígeno y fosforo total. Con los porcentajes obtenidos de cada punto de monitoreo del río más del 50 % es de coliformes fecales y en todas las estaciones tiene un 10-24 % de saturación de oxígeno y fosforo total un aumento a diferencia del mes anterior, por lo que se debe a que existió una disminución de oxígeno disuelto debido al aumento de temperatura y a la descomposición de materia orgánica.

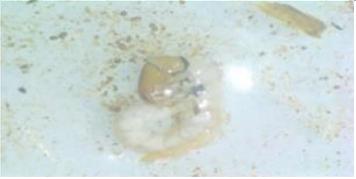
Respecto al mes de enero dentro del rango de valoración de calidad en el PMS-01 el agua es de calidad **REGULAR**, en la estación PMS-02 y PMS-03 el agua es de **MALA** calidad; por medio del software IQADATA los porcentajes de incidencia de calidad del agua tenemos en el PMS-01 coliformes fecales entre 25-50 % y saturación de oxígeno y fosforo total un 10-24%, PMS-02 entre 25-50 % de coliformes fecales y 10-24 % de saturación de oxígeno y DBO, PMS-03 coliformes fecales y saturación de oxígeno un 25-50 % y fosforo total 10-24 %. Al igual que los meses anteriores los coliformes fecales se estima en un 50 %, aunque también influye el fosforo total, saturación de oxígeno que son importantes debido que se encuentran en pequeñas cantidades, pero son fundamentales al momento de obtener los valores de ICA NFS.

4.3 Resultados de macroinvertebrados Acuáticos del río Sungayme mediante el índice BMWP/Col

Tabla 4-2: Identificación de Macroinvertebrados

N°	Orden	Familia	Cantidad	Macroinvertebrados
1	<i>Odonata</i>	<i>Gomphidae</i>	35	
2		<i>Aeshnidae</i>	21	
3		<i>Libellulidae</i>	9	
4	<i>Rhynchobdellida</i>	<i>Glossiphoniidae</i>	61	
5	<i>Coleoptera</i>	<i>Dytiscidae</i>	6	
7		<i>Staphylinidae</i>	5	

8		<i>Elmidae</i>	8	
9		<i>Chrysomelidae</i>	4	
10	<i>Decápoda</i>	<i>Hyaellidae</i>	2	
11	<i>Gastropoda</i>	<i>Physidae</i>	93	
12	<i>Hemíptera</i>	<i>Naucoridae</i>	6	
13		<i>Gerridae</i>	3	
14	<i>Ephemeroptera</i>	<i>leptophebiidae</i>	25	
15		<i>Baetidae</i>	13	
16		<i>Oligoneuridae</i>	4	

17		<i>caeniidae</i>	4	
18		<i>Leptohyphidae</i>	4	
19	<i>Trichoptera</i>	<i>hydropsychidae</i>	23	
20		<i>Leptoceridae</i>	1	
21	<i>Trichoptera</i>	<i>Philopotamidae</i>	38	
22	<i>Díptera</i>	<i>Simuliidae</i>	2	
23	<i>Díptera</i>	<i>tabanidae</i>	2	
24	<i>Oligochaeta</i>	<i>Tubificidae</i>	11	
25	<i>Plecoptera</i>	<i>Perlidae</i>	13	
Total			393	

Realizado por: Romero P., 2023.

Tabla 4-3: Total de Macroinvertebrados en los puntos de monitoreo (PMS)

CANTIDAD MACROINVERTEBRADOS DE PUNTOS DE MONITOREO SUNGAYME				
Orden	Familia	PMS-01	PMS-02	PMS-03
<i>Odonata</i>	<i>Gomphidae</i>	32	2	1
	<i>Aeshnidae</i>		7	16
	<i>Libellulidae</i>	4	2	3
<i>Rhynchobdellida</i>	<i>Glossiphoniidae</i>	3	29	29
<i>Coleoptera</i>	<i>Dytiscidae</i>	5		1
	<i>Staphylinidae</i>	5		
	<i>Scirtidae</i>	1		
	<i>Chrysomelidae</i>	1		
	<i>Elmidae</i>		6	1
<i>Decapoda</i>	<i>Hyaellidae</i>	2		
<i>Gastropoda</i>	<i>Physidae</i>	7	6	81
<i>Hemiptera</i>	<i>Naucoridae</i>	6		
	<i>Gerridae</i>		3	
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptohyphidae</i>	2	2	
	<i>Leptophlebiidae</i>	4	20	1
	<i>Baetidae</i>	2	8	3
	<i>Oligoneuridae</i>	3		
	<i>Ceniidae</i>	2		
<i>Trichoptera</i>	<i>hydropsychidae</i>	5	11	7
	<i>Philopotamidae</i>	27	7	7
	<i>Leptoceridae</i>	1		
<i>Plecoptera</i>	<i>Perlidae</i>	8	5	2
<i>Díptera</i>	<i>Tabanidae</i>	1		
	<i>Simuliidae</i>			2
<i>Oligochaeta</i>	<i>Tubificidae</i>			11
Total		120	108	165

Realizado por: Romero P., 2023

En la tabla 4-3 presenta el total de macroinvertebrados en los puntos de monitoreo entre los más abundantes en la estación PMS-01 se encuentra la familia de *Pholipotamidae* de orden *trichoptera* que de acuerdo con Andino et al., (2017, p. 25 citado en Fernandez y Dominguez 2009; Bachmann et al., 2005) los macroinvertebrados de orden *trichoptera* son indicadores de buena calidad debido a que se encuentran en ríos de aguas con gran cantidad de oxígeno disuelto en caudales lentos y los

mismos tienen la capacidad de perforar de hojas, raíces y tallos degradando así materia orgánica, por lo que son importantes en sistemas dulceacuícolas, que de acuerdo con nuestro río se presenta aguas lenticas; la familia *gomphidae* de orden *odonata* también se encuentra en mayor cantidad y respecto a Hason et al., (2010, p. 13) el orden *odonata* se encuentran presentes en ríos de agua dulce en ambientes lenticos, son considerados indicadores porque su presencia muestra un buen estado de oxigenación y se alimentan de invertebrados acuáticos cumpliendo un papel importante en las redes tróficas.

En la estación PMS-02 tenemos el orden *ephemeroptera* de la Familia *leptophebiidae* y *baetidae* respecto a Garrido et al., (2012, p. 48) este tipo de macroinvertebrados se encuentran en aguas lentas de poca profundidad y son menos susceptibles a la contaminación por ello se encuentran en presencia de aguas contaminadas indicando un mal estado del cuerpo hídrico, por ende el río Sungayme es de baja profundidad lo que puede afectar de manera rápida al sistema acuático.

La estación PMS-03 especies con mayor cantidad se encuentra el orden *rhynchobdellida* la familia *glossiphoniidae* que en relación a lo que dice Pérez et al., (2016, pp. 105-107) la familias *glossiphonidae* son sanguijuelas presentes en ríos de aguas lentas, se adhieren con facilidad a diferentes organismos y pueden ser fuente de enfermedades por medio de bacterias y virus afectando la vida acuática, por tal motivo indican un mal estado del agua, por otra parte tenemos la familia *physidae* del orden *gastropoda* en relación a lo que manifiesta Andino et al., (2017, p. 14 citado en Fernandez y Domínguez 2009; Bachmann et al. 2005) este tipo macroinvertebrados se encuentran en aguas de poca profundidad y tienen la capacidad de descomponer materia orgánica tratando de purificar el agua en presencia de contaminantes, por lo que son tolerantes a la contaminación e indicadores de aguas dulces.

Tabla 4-4: Puntuación del índice BMWP/Col de los meses de monitoreo.

N°	ORDEN	FAMILIA	NOVIEMBRE			DICIEMBRE			ENERO		
			Puntuación BMWP/Col			Puntuación BMWP/Col			Puntuación BMWP/Col		
			PMS-01	PMS-02	PMS-03	PMS-01	PMS-02	PMS-03	PMS-01	PMS-02	PMS-03
1	<i>Odonata</i>	<i>Gomphidae</i>	8			8	8	8	8	8	
2		<i>Aeshnidae</i>		8	8		8	8		8	8
3		<i>Libellulidae</i>		8	8	8				8	8
4	<i>Rhynchohellida</i>	<i>Glossiphoniidae</i>	3	3	3		3	3		3	3
5	<i>Coleoptera</i>	<i>Dytiscidae</i>	3		3				3		
6		<i>Elmidae</i>					5	5			
7		<i>Chrysomelidae</i>							4		
8		<i>Staphylinidae</i>	3						3		
9		<i>Scirtidae</i>	3								
10	<i>Decapoda</i>	<i>Hyalellidae</i>	7								
11		<i>Palaemonidae</i>				8					
12	<i>Gastropoda</i>	<i>Physidae</i>	3		3	3		3	3	3	3
13	<i>Hemiptera</i>	<i>Naucoridae</i>	3						3		
14		<i>Gerridae</i>					3				
15	<i>Ephemeroptera</i>	<i>leptophebiidae</i>	9	9		10	10	10	10		
16		<i>Baetidae</i>	4	4	4	4		4			
17		<i>Oligoneuridae</i>				5					

18	<i>Trichoptera</i>	<i>hydropsychidae</i>	5	5		5		5		5	5
19		<i>Philopotamidae</i>	8	8			9	8	8	8	8
20		<i>Leptoceridae</i>		10		10			10		
21		<i>Leptohiphidae</i>									
22	<i>Díptera</i>	<i>Simuliidae</i>			5						
23		<i>Tabanidae</i>				4					
24	<i>Oligochaeta</i>	<i>Tubificidae</i>			1			1			
25	<i>Plecoptera</i>	<i>Perlidae</i>	10		10		10				
Total, BMWP/Col			69	55	45	65	56	55	52	43	35
Promedio Total, BMWP/Col			PMS-01	62		PMS-02	51.33			PMS-03	45

Realizado por: Romero P., 2023

La tabla 4-4 presenta la puntuación de cada familia de macroinvertebrados según el índice BMWP/Col, dentro de todos los meses de monitoreo en la estación PMS-01 se encuentra dentro del rango 61-100 siendo un agua **ACEPTABLE** de clase II ligeramente contaminada en los dos primeros meses y el último mes está en el rango 36-60 por lo que presenta un agua **DUDOSA** clase II moderadamente contaminada. En las estaciones PMS-02 dentro de los rangos de valoración se encuentra entre 36-60 dando un tipo de agua de clase II **DUDOSO** con una contaminación moderada y la estación PMS-03 dentro de los dos primeros meses se encuentra en el rango 36-60 un agua moderadamente contaminada de clase II **DUDOSO** y en último mes se encuentra entre 16-35 que indica una clase IV **CRÍTICA** muy contaminadas.

En promedio total de todas las estaciones tenemos en el PMS-01 dentro de los rangos de 61-100 una calidad de agua ligeramente contaminada de clase II **ACEPTABLE**, de acuerdo con las estaciones PMS-02 y PMS-03 se encuentra entre 36-60 en los valores de calidad siendo de clase II **DUDOSA** un agua contaminada moderadamente. Todos estos resultados nos indica que en PMS-01 correspondiente a la parroquia Santa Marianita tenemos macroinvertebrados como *gomphidae* y *philopotamidae* en mayor cantidad y una puntuación alta en el índice de calidad; en la ciudad de Sucúa dentro los PMS-02 y PMS-03 si existen macroinvertebrados que resisten o se encuentran presentes en grados de contaminación como la familia *leptophebiidae*, *baetidae*, *glossiphoniidae* y *physidae*, presentes en mayor cantidad pero con puntuación baja de acuerdo al índice.

4.4 Comparación del ICA NFS y el índice BMWP/Col.

Tabla 4-5: Comparación del índice biológico BMWP/Col y el índice ICA-NFS

ESTACIÓN	INDICE	
	ICA-NFS	BMWP/Col
PMS-01	61.77	62
PMS-02	47	51
PMS-03	48.98	45
Total	52.61	52.67
Calidad	REGULAR	DUDOSA

Realizado por: Romero P., 2023

Como indica la tabla 4-5 la calidad de agua en el mes de noviembre, diciembre y enero según el índice ICA-NFS dentro del rango de valor 51-70 es de calidad **REGULAR**, esto se debe a la trayectoria del río desde el PMS-01 hasta el PMS-03 existen contaminantes que están modificando la calidad del agua, por el contrario el índice biológico BMWP/Col según su valoración de rango 36-60 un estado de agua **DUDOSA** de clase II moderadamente contaminada lo que manifiesta que en el río Sungayme se está alterando la de vida de macroinvertebrados pero del mismo modo existen familias que resisten grados de contaminación y se presentan en mayor cantidad.

Según el índice ICA NFS y el índice biológico BMWP/Col en comparación de los resultados tienen la misma similitud pero con diferentes funciones, el ICA-NFS estudia el estado del agua mediante los parámetros físico químicos y microbiológicos, realizando análisis en el laboratorio llegando a obtener resultados requeridos para evaluar el estado de agua del sistema acuático; por otra parte el índice BMWP/Col nos da a conocer la vida de los macroinvertebrados que se encuentran presentes en el sistema hídrico con métodos de recolección y mediante los valores de ponderación y calidad del índice nos indica el estado del recurso hídrico.

CAPÍTULO V

5 MARCO PROPOSITIVO

Para tener una gestión eficiente del sistema acuático Sungayme se realizó propuestas para minimizar esta contaminación con respecto al estudio de evaluación del cuerpo de agua correspondiente al cantón Sucúa. Estas propuestas serán foco de estudio en el tramo de Santa Marianita – Asunción, por ello las autoridades del GAD Municipal del cantón Sucúa serán responsables de este control. Para tener una adecuada gestión ante el recurso hídrico Sungayme las estrategias tendrán el siguiente enfoque:

- Prevención y Mitigación; Monitoreo Ambiental; Educación ambiental.

Tabla 5-1: Prevención y mitigación de impactos

Prevención y Mitigación de Impactos
Objetivo: Proponer medidas de control para minimizar los impactos generados en el río Sungayme
Responsable: Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Sucúa.
Periodicidad: mensual
Tácticas: <ol style="list-style-type: none">1. Respecto a las descargas de aguas residuales controlar el sistema de tuberías de todas las viviendas aledañas al cauce dirigidas a un alcantarillado.2. Respecto a los depósitos de desechos sólidos mingas de recolección en el río Sungayme.

Elaborado por: Romero, Paul, 2023.

Tabla 5-2: Monitoreo ambiental

Propuesta de Monitoreo Ambiental
Objetivo: Tener un control sobre la calidad del agua del río Sungayme para el bienestar de los pobladores y mantener la flora y fauna acuática.
Responsable: Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Sucúa
Periodicidad: Semestral
Tácticas: <ol style="list-style-type: none">1. Realizar estudios en base al índice BMWP/Col y variables ambientales en épocas de precipitación.2. Inspeccionar entidades a las riberas del cauce para controlar se está realizando una adecuada disposición final de aguas usadas y desechos sólidos.

Realizado por: Romero P., 2023.

Tabla 5-3: Educación ambiental

Propuesta de Educación Ambiental
Objetivo: Conocer temas de impacto ambiental para minimizar el deterioro de recursos hídricos
Responsable: Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Sucúa
Periodicidad: Semestral
Tácticas: <ol style="list-style-type: none">1. Capacitar a los pobladores y entidades educativas sobre de la clasificación, reciclaje y disposición final de los desechos sólidos y orgánicos.2. Capacitaciones de control y manejo de aguas usadas a los pobladores.

Realizado por: Romero P., 2023.

CONCLUSIONES

- En esta investigación se identificó la taxonomía de macroinvertebrados en el río Sungayme, obteniendo un total de 393 con 25 tipos de familias a lo largo del tramo de 6.3 km del recurso hídrico, dentro los meses de monitoreo se obtuvo; PMS-01=120, PMS-02=108 y PMS-03=165, la taxonomía más abundante de cada punto de monitoreo; los macroinvertebrados en mayor cantidad de cada estación, en el PMS-01 se encuentra familia *philopotamidae*, *gomphidae*, en la estación PMS-02 y PMS-03 están familias *leptophebiidae*, *glossiphonidae*, y *physidae*.
- Se evalúa la calidad de agua de río Sungayme mediante el índice BMWP/Col, de acuerdo con los meses monitoreados se encuentra la familia *philopotamidae* de orden *trichoptera* en mayor cantidad con puntuación más alto en el índice, estos se encuentran presentes en aguas de baja profundidad, en buen estado de oxigenación, también tenemos la familia *physidae* que presenta baja numeración dentro del índice y más abundantes dentro del estudio, con capacidad de degradar materia orgánica minimizando la contaminación; dentro tramo estudiado y la presencia de diferentes macroinvertebrados de diferentes características y valor de ponderación el sistema acuático Sungayme se encuentra en un estado DUDOSA clase II moderadamente contaminada.
- Se analizó el índice biológico BMWP/Col y el índice ICA NFS; dentro del índice biológico están familias de macroinvertebrados como *philopotamidae*, *ghompidae* en mayor cantidad que en relación con las variables ambientales el oxígeno disuelto está dentro de lo establecido, por lo tanto, este tipo de familias se encuentran en cuerpos de agua con buen estado de oxígeno. En los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos los coliformes fecales se encuentra fuera de los criterios establecidos para cuerpos de agua dulce, por lo que en relación con los macroinvertebrados identificados como *leptophebiidae*, *baetidae*, *glossiphonidae* y *physidae* son aquellos tolerables a los niveles de contaminación y capaces de reducir el mal estado del cuerpo de agua disminuyendo materia orgánica.

RECOMENDACIONES

- Utilizar estos métodos de evaluación de calidad del agua para futuras investigación debido a que permiten determinar cómo se encuentra la carga contaminante de un cuerpo hídrico y de tal manera lograr proponer medidas que ayuden al sistema hídrico Sungayme.
- Desarrollar estudios diferentes estaciones del clima para de esa manera comparar los resultados obtenidos con esta investigación.
- Incrementar el número de puntos de muestreo para tener mayor confiabilidad de los resultados.
- Cumplir con las normas de seguridad y llevar el EPP.
- Antes de realizar un monitoreo identificar fuentes de descarga de agua residual para conocer el estado del agua.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR BOLUARTE, Bryan Daniel., & MARTIN ESPINOZA, Karen Ingrid. Revisión sistemática: tipos de bioindicadores para la identificación de la calidad de ecosistemas acuáticos. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad César Vallejo, Facultad de ingeniería y arquitectura, Escuela profesional ingeniería ambiental, Lima, Perú, 2021. pp. 11-14. [Consulta: 05 febrero 2023]. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/83655/Aguiar_BBD_Martin_EKI-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

AGUIRRE CORDÓN, M. R; et al. "Aplicación del Índice de Calidad del Agua (ICA). Caso de estudio: Lago de Izabal, Guatemala". *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* [En línea], 2016, (Guatemala), 25(2), pp. 39-43. [Consulta: 24 enero 2023]. ISSN 1010-2760. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93245695006>

ALBA TERCEDOR, J. "Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos". *IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA)* [En línea]. 1996, (España), 11, pp, 203-213. [Consulta: 21 octubre 2022]. ISBN 84-7840-262-4. Disponible en: https://cidta.usal.es/calidad/documentos/blanco2/indice_BMWP.pdf

AMBROSIO, E. S. Hábitats y grupos funcionales alimentarios de los macroinvertebrados bentónicos en la costa bonaerense del río de la plata: relación con la contaminación. [En línea] (Trabajo de titulación). (Doctorado) Universidad Nacional de la Plata, Argentina. 2014. pp. 164-165 [Consulta: 21 noviembre 2022]. Disponible en: http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar/repositorio/_documentos/tesis/tesis_1298.pdf

ANDINO, P; et al. *Cartilla de identificación de macroinvertebrados acuáticos: Guía para el monitoreo participativo* [En línea]. Quito-Ecuador: Ministerio del Ambiente, Aves y Conservación y OCP Ecuador, 2017. [Consulta: 18 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/342248615>

ANZE, R; et al. "Bioindicadores en la detección de la contaminación atmosférica en Bolivia". *Revista Virtual REDESMA* [En línea], 2007, (Bolivia) 1(1), pp. 53-57. [Consulta: 18 diciembre 2022]. Disponible en: https://cebem.org/revistaredesma/vol1/pdf/redesma0101_art03.pdf

ARANGO, M; et al. "Calidad del agua de las quebradas La Cristalina y La Risaralda, San Luis, Antioquia". *Revista EIA*, vol. 1. n° 9 (2008), (Antioquia). pp. 121-141.

ARAUZO, M; et al. "Dinámica espacio-temporal del contenido en nitrato de las aguas superficiales y subterráneas de la cuenca del río a (La Rioja, España): vulnerabilidad del acuífero aluvial". *Asociación española de limnología*, [en línea], 2006, (España), 25, pp. 753-762. [Consulta: 13 febrero 2023]. ISSN 0213-8409. Disponible en: <https://www.limnetica.com/documentos/limnetica/limnetica-25-2-p-753.pdf>

ARROYO, J., & ENCALADA, A. "Evaluación de la calidad de agua a través de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos en ríos tropicales en bosque de neblina montano". *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*. vol. 1, n°1 (2009), (Quito) pp.11-15.

BADII, M.; & GARZA, V. "Monitoreo Biológico como Herramienta Esencial en la Evaluación del Riesgo Ecológico y el Impacto Ambiental". *Cultura Científica y Tecnológica*, [En línea], 2005, (México), 2(7), pp. 17-26. [Consulta: 16 enero 2023]. ISSN 2007-0411. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7275573>

BASTARDO, R.; & SÁNCHEZ, A. "Estado del conocimiento de los macroinvertebrados acuáticos de la isla La Española". *Actualidades Biológicas* [En línea], 2017, (República Dominicana y Haití), 39(107), pp. 75-81. [Consulta: 30 enero 2023]. ISSN 0304-3584. Disponible en: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/actbio/article/view/330389/20786841>

BRUNEAU, R. 2005. "Investigación sobre gestión de cuencas hídricas: Una revisión de los proyectos del IDRC en Asia y América Latina". *Serie de Documentos de Trabajo de Pobreza Rural y Medio Ambiente* [En línea], 2005 (Canadá). p. 21-22. [Consulta: 5 enero 2023]. Disponible en: <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/bitstream/handle/10625/26437/122070.pdf>

BUENAÑO, M; et al. "Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua en la cuenca del Pachanlica, provincia de Tungurahua, Ecuador". *Intropica* [En línea], 2018, (Colombia), 33(1), pp. 41-49. [Consulta: 10 enero 2023]. ISSN 1794-161X. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6768951.pdf>

CAPO, M. *Principios de Ecotoxicología* [en línea]. Editorial: Tébar, 2007. [Consulta: 13 febrero 2023]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=86oL_Ybnwn8C

CÁRDENAS NOVILLO, P. A. Evaluación de la calidad del agua en la microcuenca hidrográfica del Río Tutanangoza mediante análisis fisicoquímicos, microbiológicos y la aplicación del ICA-NSF [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de Ingeniería Ambiental. Cuenca-Ecuador. 2020. pp. 1-2. [Consulta: 26 noviembre 2022]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19608>

CARR, G.; & NEARY, J. *Water Quality for Ecosystem and Human Health* [En línea]. n° 2. Estados Unidos: UNEP/Earthprint, 2008. [Consulta: 21 octubre 2022]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=8kA6FCCAwn4C&oi=fnd&pg=PR6&ots=EgXLDHxXmp&sig=mIh2QraX4nHF5piv3W4h_HRH7fM&redir_esc=y#v=onepage&q=water%20is%20essential%20for%20life&f=false

CARRERA, C.; & FIERRO, K. "Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua". *Ecociencia* [En línea], 2001 (Ecuador). [Consulta: 26 diciembre 2022]. ISBN 9978-41-964-0. Disponible en: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=56374>

CARRILLO, D; et al. *Indicadores ambientales Recurso hídrico* [Blog]. Costa Rica: Universidad nacional de costa rica, 2010. [Consulta: 16 febrero 2023]. Disponible en: <https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/7468/variaciondeloxigeno.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CARRILLO, M.; & URGILÉS, P. Determinación del Índice de calidad de agua ICA-NSF de los ríos Mazar y Pindilig [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Químicas, Escuela de Ingeniería Ambiental. Ecuador. 2016. pp. 45-46. [Consulta: 21 noviembre 2022]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/23518>

CARVAJAL, Á.; & GONZÁLEZ, M. "Propiedades y funciones biológicas del agua". *Departamento de Nutrición* [En línea], 2012 (España), 4(1-2), pp. 63-78. [Consulta: 16 diciembre 2022]. ISSN 03949508. Disponible en: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-Carvajal-Gonzalez-2012-ISBN-978-84-00-09572-7.pdf>

CASTRO, M.; et al. "Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global". *Ingeniería Solidaria* [En línea], 2014 (Colombia), (10), pp. 114-115. [Consulta: 18 octubre 2022]. ISSN 1900-3102. Disponible en:

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjDuK6uus3_AhXHlmoFHQ04Aw0QFnoECA8QAQ&url=https%3A%2F%2Frevistas.ucc.edu.co%2Findex.php%2Fin%2Farticle%2Fdownload%2F811%2F770%2F&usg=AOvVaw2noZRYoGTnobP2r0fXtc5W&opi=89978449

CAYAX, M. "Uso de la tierra y calidad del agua superficial en la cuenca periurbana río Platanitos, Guatemala". *Revista Ingeniería Agrícola* [En línea], 2014 (Guatemala), 4(4), pp. 19-23. [Consulta: 18 febrero 2023]. ISSN 2306-1545. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=586262042004>

CEVALLOS, A.; & PARRADO, C. "Vulnerabilidad al cambio climático en Pedernales, Ecuador: retos desde el agua". *Letras Verdes* [En línea], 2018 (Ecuador), 1 (24), pp. 83-104. [Consulta: 13 noviembre 2022] ISSN 1390-6631. Disponible en: <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/lverdes/n24/1390-6631-lverdes-24-00083.pdf>

CHUBB. *Contaminación industrial: causas y maneras de evitarla* [Blog]. 2020, [Consulta: 27 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.chubb.com/mx-es/mercado-empresarial/articulos/que-es-contaminacion-industrial.html>

CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE. *Registro Oficial Suplemento 983 de 12-abr.-2017* [En línea], 2017, (Ecuador), pp. 4-5. [Consulta: 21 enero 2023] Disponible en: https://www.ambiente.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf

COLUSI, L.; & HEDRERA, M. *Contaminantes químicos del agua* [En línea]. Educar portal: 2015. [Consulta: 20 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.educ.ar/recursos/15014/contaminantes-quimicos-del-agua>

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. *Norma: Decreto Legislativo #0. Registro oficial 449 de 20 Oct. 2008.* [En línea], 2008, (Ecuador), pp. 12-34. [Consulta: 24 enero 2023]. Disponible en: https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf

CRIOLLO, T. Evaluación de la calidad del agua, en un tramo de la microcuenca del río quebrada, cantón morona utilizando macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad

Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas, Macas, Ecuador. 2018. p.26. [Consulta: 18-25 febrero 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10560/1/236T0418.PDF>

CUENCA, C.; et al. "Indicadores del Desarrollo Morfofuncional durante la Ontogenia Inicial de Peces Teleósteos: una Revisión". *Contribuciones Recientes en Alimentación y Nutrición Acuicola, Universidad Autónoma de Nuevo León* [En línea], 2013 (México), (195), pp. 376-404. [Consulta: 26 enero 2023]. Disponible en: <https://nutricionacuicola.uanl.mx/index.php/acu/article/download/73/73/145>

CUINTACO, D.; & ROBAYO, J. Evaluación de la calidad del agua mediante el uso del índice de contaminación (ICOMO) y su relación con el índice biológico (BMWP/col) en el caño seco, restrepo meta [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Ambiental. Colombia. 2019. pp. 30-31. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/jspui/bitstream/11634/18495/6/2019damariscuintaco.pdf>

ESPINO, G.; & HERNÁNDEZ, S. *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores)* [En línea]. México: Plaza y Valdés, 2000. [Consulta: 26 octubre 2022]. Disponible en: <https://books.google.es/books?id=DfXiBOYXb98C>

ESTRADA, Y. *Diagnóstico de la biodiversidad de los macroinvertebrados en cuatro sistemas lénticos de Zamorano* [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras, 2013 pp. 21-22. Disponible: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/b40068ff-aa54-4e3c-9205-9b52b7178c5b/content>

FORERO, C.; et al. "Índice de calidad ecológica con base en macroinvertebrados acuáticos para la cuenca del río Negro (ICE RN-MAE), Colombia". *Revista Biología Tropical* [En línea]. 2014 (Colombia), 62 (2). [Consulta: 18 octubre 2022]. ISSN 0034-7744 Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v62s2/a16v62s2.pdf>

GALAVIZ, I.; & SOSA, C. *Fuentes difusas y puntuales de contaminación calidad de las aguas superficiales y subterráneas* [En línea]. México: Universidad Autónoma de Campeche, 2019. [Consulta: 26 diciembre 2022]. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjOp9Wcv3_AhUfk2oFHa_IDaoQFnoECBoQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Fpublication%2F337605934_Fuentes_difusas_y_puntuales_de_contaminacio

n_Calidad_de_aguas_superficiales_y_subterranas&usg=AOvVaw0MbNhCA91LwhDb-xS98nn6&opi=89978449

GARCÍA, F.; et al. "Calidad ecológica del agua del río Utcubamba en relación a parámetros fisicoquímicos y biológicos. Amazonas, Perú". *Sciéndo* [En línea], 2011 (Perú), 14 (1-2), pp. 9-10. [Consulta: 21 octubre 2022]. Disponible en: https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/SCIENDO/article/view/533/pdf_10

GARRIDO, J; et al. *Catálogo y claves de identificación de organismos invertebrados utilizados como elementos de calidad en las redes de control del estado ecológico* [en línea]. España: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente Secretaría General, 2012. [Consulta: 14 febrero 2023]. Disponible en: https://www.academia.edu/2065644/Id_Tax_Cat%C3%A1logo_y_Claves_de_Identificaci%C3%B3n_de_Organismos_Fitobent%C3%B3nicos_Utilizados_como_Elementos_de_Calidad_en_las_Red_de_Control_del_Estado_Ecol%C3%B3gico

GASTEZZI, P.; et al. "La importancia de los ríos como corredores interurbanos". *Biocenosis* [En línea], 2017 (Costa Rica), 31(1-2), pp. 39-45. [Consulta: 13 noviembre 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/315757950_La_importancia_de_los_rios_como_corredores_interurbanos

GÓMEZ, N. *La bioindicación en el monitoreo y evaluación de los sistemas fluviales de la Argentina. Bases para el análisis de la integridad ecológica* [En línea]. Buenos Aires-Argentina: Universitaria de Buenos Aires Sociedad de Economía Mixta, 2020. [Consulta: 21 enero 2023] Disponible en: https://remaqua.conicet.gov.ar/download/libro/La-Bioindicacion-en-el-monitoreo-y-evaluacion-de-los-sistemas-fluviales-de-la-Argentina_compressed.pdf

GONZÁLEZ, C.; et al. *Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental* [En línea]. México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), 2014. [Consulta: 21 octubre 2022]. Disponible en: <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/11/Bioindicadores-Guardianes-de-nuestro-futuro-ambiental.pdf>

GUADARRAMA, R.; et al. "Contaminación del agua". *Revista de ciencias ambientales y recursos naturales* [En línea], 2016, 2(5), pp. 1-10. [Consulta: 21 octubre 2022]. ISSN 2444-4936. Disponible en:

https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales/vol2num5/Revista_de_Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales_V2_N5_1.pdf

HAHN, C.; et al. "Determinación de la Calidad del Agua mediante Indicadores Biológicos Y Físicoquímicos, En La Estación Piscícola, Universidad de Caldas, Municipio De Palestina, Colombia". *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural* [En línea]. 2009, 13(2), pp. 89-105. [Consulta: 21 octubre 2022]. ISSN 0123-3068. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-30682009000200007

HASON, P.; et al. "Introducción a los grupo de macroinvertebrados acuáticos". *Revista de Biología Tropical* [En línea], 2010 (Costa Rica), 58(4), pp. 90-91. [Consulta: 23 octubre 2022]. ISSN 0034-7744. Disponible en: <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>

HINOJOZA, N. Evaluación de la calidad del agua del río san pedro, sector valle de los chillos, mediante el índice de calidad de agua (ICA-NSF) [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental, Carrera Ingeniería Ambiental. Ecuador. 2018. pp. 91-92. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/16821/1/T-UCE-0012-FIG-044.pdf>

INEN 2169. *Agua, Calidad de agua, Muestreo Manejo y Conservación de Muestras. Instituto Ecuatoriano De Normalización*, 2013. pp. 26.

INEN 2176, 2013. *Agua, calidad del agua, muestreo y técnicas de muestreo.* pp. 1-15.

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. *Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1 108:2011. Cuarta revisión* [En línea]. 2023, (Ecuador). Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1108.pdf>

ISCH, E. "Contaminación de las aguas y políticas para enfrentarla". *Foro de los Recursos Hídricos* [En línea], 2011 (Ecuador), 1(1), pp. 7-8. [Consulta: 22 octubre 2022]. Disponible en: <https://camaren.org/documents/contaminacion.pdf>

JAPA, J. Evaluación de la calidad del agua del río Yuquipa, Tramo - Comunidad Sagrado Corazón, mediante la identificación de macroinvertebrados bentónicos [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo sede Morona Santiago, Facultad Ciencias, Carrera Ingeniería Ambiental. Macas, Ecuador, 2021. pp.74-75. [Consulta: 3

diciembre 2022]. Disponible en:
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/15442/1/236T0583.pdf>

KORA, A.; et al. "Physico-chemical and bacteriological screening of Hussain Sagar lake: An urban wetland". *Water Science* [En línea], 2017 (India), 31(1), pp. 24-33. [Consulta: 23 noviembre 2022]. ISSN 23570008. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wsj.2017.03.003>

LEE, H.; et al. "Continuous monitoring of short term dissolved oxygen and algal dynamics". *Water Research* [En línea], 1995 (India), 29(12), pp. 2789-2796. [Consulta: 23 octubre 2022]. ISSN 0043-1354. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0043135495001266>

LEE, J.; et al. "Neural network modelling of coastal algal blooms". *Ecological Modelling* [En línea], 2003 (China), 159(2-3), pp. 179-201. [Consulta: 23 octubre 2022]. ISSN 03043800. Disponible en: www.elsevier.com/locate/ecolmodel

LÓPEZ ABARCA, P. *Manual de Evaluación* [en línea]. Uruguay: IICA, 2016. [Consulta: 23 marzo 2023]. Disponible en:
https://books.google.com.ec/books?id=InnqaK9UCZAC&printsec=frontcover&hl=es&source=gs_bge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

LÓPEZ, A. "Servicio Nacional de Estudios Territoriales". *Servicio Nacional de Estudios Urbanos*. 2007 (Ecuador), Vol. 1, n° 1, pp. 15.

LÓPEZ, S.; et al. "Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua del río Teusacá (Cundinamarca, Colombia)". *Ingeniería y Desarrollo* [En línea], 2022 (Colombia), 37(02), pp. 269-288. [Consulta: 21 octubre 2022]. ISSN 01223461. Disponible en:
<http://www.scielo.org.co/pdf/inde/v37n2/2145-9371-inde-37-02-269.pdf>

LOZANO, M. Determinación de la calidad del agua mediante el uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores en la microcuenca del río guanganza chico de la provincia de Morona Santiago [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad Ciencias, Escuela Ciencias Químicas, Macas, Ecuador. 2019. pp. 19-20 [Consulta: 16 febrero 2023]. Disponible en:
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10594/1/236T0425.pdf>

MALDONADO, J. "Ciudades y contaminación ambiental". *Revista de ingeniería* [En línea], 2009 (Colombia), 1(30), pp. 66-71. [Consulta: 24 diciembre 2022]. ISSN 0121-4993. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1210/121015710002.pdf>

METRÓLOGOS METAS & ASOCIADOS. "Medición de Turbidez en la Calidad del Agua". *La Guía Metas* [En línea], 2010, (México), 10(01), pp. 1-6. [Consulta: 15 diciembre 2022]. Disponible en: <http://www.metas.com.mx/guiametas/la-guia-metas-10-01-turbidez.pdf>

MINISTERIO DEL AMBIENTE. "Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos. Autoridad Nacional Del Agua". *GreenFacts*, [En línea]. 2011, (Perú), 1(1) pp. 1-34. [Consulta: 13 enero 2023]. Disponible en: https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/2011-protocolo-anaperu.pdf

MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Registro Oficial Suplemento 387 de 4 de Noviembre de 2015. Libro VI, Anexo 5* [En línea], 2015, pp. 184. Disponible en: http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112183.pdf%0Ahttp://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/norma_ecuato_calidad.pdf

MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Revisión Del Anexo 1 Del Libro VI Del Texto Unificado De Legislación Secundaria Del Ministerio Del Ambiente: Norma De Calidad Ambiental Y De Descarga De Efluentes al Recurso Agua. Registro Oficial No. 387. Registro Oficial No. 387* [En línea], 2015, pp. 1-40. Disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155128.pdf>

MIRANDA, C. Evaluación de la calidad del agua mediante macroinvertebrados en el tramo Padre Carollo- Paus de la microcuenca Hidrografía del río Blanco, Morona Santiago [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal, Riobamba, Ecuador. 2018. [Consulta: 14 octubre 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8765/1/33T0187.pdf>

MONTOYA, Y.; et al. "Evolución de la calidad del agua en el río negro y sus principales tributarios empleando como indicadores los índices ica, el bmwp/col y el aspt Water quality assessment in Río Negro River and its main tributaries using ICA, BMWP / Col and ASPT". *Caldasía* [En línea], 2011 (Colombia), 33(1), pp. 193-210. [Consulta: 20 octubre 2022]. ISSN 10990682. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-52322011000100012

MORA CAMPOS, Marlon René.; & TAMAY HERAS, Andrés Alberto. Determinación del índice de calidad de agua mediante el monitoreo de macroinvertebrados, parámetros físicoquímicos y microbiológicos en el río Sinincay, Cuenca – Ecuador [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Carrera de Ingeniería Ambiental, Cuenca, Ecuador, 2022. [Consulta: 23 enero 2023]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21888>

NARANJO, C.; et al. "Una metodología rápida y de fácil aplicación para la evaluación de la calidad del agua utilizando el índice BMWP-Cub para ríos cubanos". *Tecnura* [En línea], 2005, (Colombia), 9(17), pp. 65-76. [Consulta: 18 octubre 2023]. ISSN: 0123-921X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=257021014006>

NOORHOSSEINI, S.; et al. "Public environmental awareness of water pollution from urban growth: The case of Zarjub and Goharrud rivers in Rasht, Iran". *Science of the Total Environment* [En línea], 2017 (Iran), 599-600, pp. 2019-2025. [Consulta: 20 noviembre 2022]. ISSN 18791026. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.128>

OLGUÍN, E.; et al. "Contaminación de ríos urbanos: El caso de la subcuenca del río Sordo en Xalapa, Veracruz, México". *Revista Latinoamericana Biotecnología Ambiental Algal* [En línea], 2017 (México), 1(2), pp. 178-190. [Consulta: 20 noviembre 2022]. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjrsr6bT0M3_AhXunGoFHbomBKwQFnoECBwQAQ&url=http%3A%2F%2Fwww.solabiaa.org%2Ffojs3%2Findex.php%2FRELBA%2Farticle%2Fview%2F23&usg=AOvVaw2-EGEPeUjQHq4WMFSgmm4b&opi=89978449

OLIVAS, E.; et al. "Indicadores fecales y patógenos en agua descargada al río bravo". *Tierra Latinoamericana* [En línea]. 2011 (Estado Unidos), 29(4), pp. 449-457. [Consulta: 21 febrero 2023]. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792011000400449&script=sci_arttext

OLIVERO, R.; et al. "Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando el mucílago". *Producción + Limpia* [En línea], 2013, (Colombia), 8(1), pp. 19-27. [Consulta: 16 febrero 2023]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v8n1/v8n1a03.pdf>

OLMEDO BECERRA, Gabriela Estefanía.; & PAREDES SÁNCHEZ, Mayra Elizabeth. Modelos de gestión ecológicos para las aguas residuales de pequeñas poblaciones de la Amazonía,

caso de estudio Sucúa [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Politécnica Nacional, Facultad Ingeniería Civil y Ambiental, Quito, Ecuador. 2013. pp. 11-12 [Consulta: 19 octubre 2022]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6420/1/CD-4925.pdf>

OROZCO, M. *Diagnóstico ambiental en ciudades* [En línea]. México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, 2019. [Consulta: 30 enero 2023]. Disponible en:

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiy2_3Q1s3_AhWpQzABHY3yDFwQFnoECBAQAQ&url=https%3A%2F%2Feditorial.udg.mx%2Fgpd-diagnostico-ambiental-en-ciudades-9786075470658.html&usg=AOvVaw1BezY38sL7w8q0G-CpGHrq&opi=89978449

PÁEZ, F.; & MARTÍNEZ, C. "Biomonitors of coastal pollution with reference to the situation in the mexican coasts: A review on the utilization of organisms". *Hidrobiologica* [En línea], 2011, (México), 21(3), pp. 229-238. [Consulta: 11 diciembre 2022]. ISSN 01888897. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/hbio/v21n3/v21n3a2.pdf>

PARK, Y.; et al. "Development of early-warning protocol for predicting chlorophyll-a concentration using machine learning models in freshwater and estuarine reservoirs, Korea". *Science of The Total Environment* [En línea], 2015, (Korea), 502(1), pp. 31-41. [Consulta: 20 octubre 2022]. ISSN 0048-9697. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969714013023>

PAULINO, C.; & APELLA, C. "La contaminación biológica del agua y la desinfección solar". *Ciencia e investigación* [En línea], 2010 (Argentina), 60(4), pp. 12-13. [Consulta: 18 diciembre 2022]. Disponible en: https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/62992/CONICET_Digital_Nro.0a510b31-61bf-46af-8f17-9c287494feca_d-14-30.pdf?sequence=5&isAllowed=y

PAUTA, G; et al. "Water quality assessment of the rivers of Cuenca city in Ecuador". *Maskana* [En línea], 2019 (Ecuador), 10(2), pp. 76-88. [Consulta: 10 febrero 2023]. ISSN 13906143. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18537/mskn.10.02.08>

PÉREZ, A.; et al. *Guía de macroinvertebrados bentónicos de la provincia de orellana* [En línea]. Orellana-Ecuador: Gdpo & Esf, 2016. [Consulta: 6 febrero 2023]. Disponible en: <https://esf->

cat.org/wp-content/uploads/2017/02/Guia-de-Macroinvertebrados-Bentonicos-de-la-provincia-de-Orellana-ESF-Baja-Calidad.pdf.pdf

PEREZ, O.; et al. "Diagnóstico de la calidad del agua del río Jurumbaino mediante macroinvertebrados como bioindicadores, Macas, Morona Santiago". *Polo del conocimiento* [En línea], 2021 (Ecuador), 6(9), pp. 259-281. [Consulta: 22 noviembre 2022]. ISSN 255-0682X. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8094600>

PRAT, N.; & MUNNÉ, A. "Biomonitoreo de la calidad del agua en los ríos ibéricos: lecciones aprendidas". *Limnetica* [En línea], 2014 (España), 33(1), pp. 47-64. [Consulta: 17 octubre 2022]. ISSN 0213-8409. Disponible en: <https://www.limnetica.com/documentos/limnetica/limnetica-33-1-p-47.pdf>

RAMIREZ, A.; & Y GUTIERREZ, P. "Estudios sobre macroinvertebrados acuáticos en América Latina: avances recientes y direcciones futuras". *Revista de Biología Tropical* [En línea], 2014 (Puerto Rico), 62(2), pp. 9-20. [Consulta: 6 enero 2023]. ISSN 0034-7744. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v62s2/a01v62s2.pdf>

RAMOS, R.; et al. *El agua en el medio ambiente. Muestreo y análisis* [En línea]. México: Plaza y Valdés, 2003. [Consulta: 12 enero 2023]. Disponible en: <https://www.plazayvaldes.es/libro/el-agua-en-el-medio-ambiente-muestreo-y-analisis>

RODRIGUEZ, G. Evaluación de la calidad del agua del río Upano, tramo de la ciudad de macas mediante el análisis de macroinvertebrados [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Sede Morona Santiago, Facultad Ciencias, Carrera Ingeniería Ambiental, Macas, Ecuador. 2021. pp.65. [Consulta: 19 noviembre 2022]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/15438>

RODRÍGUEZ, G.; et al. "Evaluación de la Calidad del Agua del Río Upano, Tramo de la Ciudad de Macas Mediante el Análisis de Macroinvertebrados". *Polo del Conocimiento* [En línea], 2022 (Ecuador), 7(3), pp. 508-526. [Consulta: 22 diciembre 2022]. ISSN 2550 - 682X. Disponible en: <http://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es>

RODRÍGUEZ, S.; et al. "Relación Del Nitrato Sobre La Contaminación Bacteriana Del Agua". *Terra Latinoamericana* [en línea], 2012 (Argentina), 30(2), pp. 111-119. [Consulta: 15 febrero 2023]. ISSN 2395-8030. Disponible en:

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792012000200111#:~:text=Los%20niveles%20elevados%20de%20nitrato,poDr%C3%ADan%20causar%20problemas%20de%20salud

ROLDÁN, G. *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: propuesta para el uso del método BMWP Col Ciencia y tecnología* [En línea]. Antioquia-Colombia: Universidad de Antioquia, 2003. [Consulta: 18 octubre 2022]. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=ZEjgIKZTF2UC&printsec=frontcover&dq=índice,+biológico+monitoring+working+party+\(BMWP.\)+cuando+fue+creado+pdf&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwj03ImVo-r6AhWwSTABHWlgBfYQ6AF6BAgKEAI#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=ZEjgIKZTF2UC&printsec=frontcover&dq=índice,+biológico+monitoring+working+party+(BMWP.)+cuando+fue+creado+pdf&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwj03ImVo-r6AhWwSTABHWlgBfYQ6AF6BAgKEAI#v=onepage&q&f=false)

SAMBONI, N.; et al. "Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua". *Chemische Berichte* [En línea], 1991 (Colombia), 124(10), pp. 2245-2248. [Consulta: 20 octubre 2022]. ISSN 10990682. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-56092007000300019&script=sci_abstract&tlng=es

SAMBONI, N.; et al. "Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua". *Ingeniería e investigación* [En línea], 2007 (Colombia), 27(3), pp. 172-181. [Consulta: 20 octubre 2022]. ISSN 0120-5609. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64327320>

SÁNCHEZ, F.; et al. *El Agua* [En línea]. Colombia: Corporación colombiana de investigación agropecuaria, 2001. [Consulta: 19 enero 2022]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/18771>

SIERRA, C. *Calidad del agua* [En línea]. Medellín, Colombia: Digiprint Editores E.U, 2011. [Consulta: 14 enero 2023]. Disponible en: <https://repository.udem.edu.co/handle/11407/2568>

TOAPANTA, J. Evaluación de la calidad de agua en un tramo de la microcuenca del río Chibunga, utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores e índice ICA-NSF [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería, Riobamba, Ecuador, 2022, pp. 18-19. [Consulta: 14 octubre 2022]. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwismqGx2s3_AhV5omoFHRYrhAFwQFnoECA4QAQ&url=http%3A%2F%2Fdspace

ce.unach.edu.ec%2Fhandle%2F51000%2F9009&usg=AOvVaw3MwZ6rriW96oLDcxuxVjZB
&opi=89978449

TOLEDO, A. "El agua en México y el mundo". *Gaceta ecológica* [En línea], 2002 (México), 1(64), pp. 9-18. [Consulta: 27 enero 2023]. ISSN 1405-2849. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2887484>

TORRES, M.; et al. 2008. "Biochemical biomarkers in algae and marine pollution: a review". *Ecotoxicology and Environmental* [En línea], 2008, 71(1), pp. 1-15. [Consulta: 3 enero 2023]. ISSN 0147-6513. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2008.05.009>

UNESCO. *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos* [En línea]. [Consulta: 21 octubre 2022]. Disponible en: <https://es.unesco.org/water-security/wwap/wwdr/2019>

VAQUERIZO, D. *Cultura científica* [En línea]. 4º Ed. Editex: 2019. [Consulta: 20 febrero 2023] Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=_c6UDwAAQBAJ

VILLENA, J. "Calidad del agua y desarrollo sostenible". *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica* [En línea], 2018 (Perú), 35(2), pp. 304-308. [Consulta: 18 enero 2023]. ISSN 1726-4634. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v35n2/a19v35n2.pdf>

YABUNAKA, K.; et al. "Novel application of a back-propagation artificial neural network model formulated to predict algal bloom". *Water Science and Technology* [En línea], 1997 (Japón), 36(5), pp. 89-97. [Consulta: 26 octubre 2022]. ISSN 0273-1223. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0273122397004642>

ZHANG, X.; et al. "Urban rivers as hotspots of regional nitrogen pollution". *Environmental Pollution* [En línea], 2015 (China), 205, pp. 139-144. [Consulta: 30 octubre 2022]. ISSN 0269-7491. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749115002651>



ANEXOS

ANEXO A: VISITA AL RIO SUNGAYME DEL CANTÓN SUCÚA



ANEXO B: MATERIALES PARA EL MONITOREO



Materiales monitoreo Macroinvertebrados



Materiales monitoreo parametros fisicoquimicos.

ANEXO C: TOMA DE LA MUESTRA DE AGUA



ANEXO D: RECOLECCIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS



ANEXO E: IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS



ANEXO F: ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS EN EL LABORATORIO



Analisis de fosfatos



Analisis de Nitratos



Analisis de Coliformes Fecales



Análisis DBO5



esPOCH

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 07/07/2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Paúl Andrés Romero Jara
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Ambiental
Título a optar: Ingeniero Ambiental
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

1293-DBRA-UPT-2023

