



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

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO MIRIUMI,
TRAMO SECTOR BARRIO LA CRUZ COMUNIDAD LA
MERCED, MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS
COMO BIOINDICADORES.

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR:

EDWIN EDUARDO MAZA RODRÍGUEZ

Macas – Ecuador

2022



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

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO MIRIUMI,
TRAMO SECTOR BARRIO LA CRUZ COMUNIDAD LA
MERCED, MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS
COMO BIOINDICADORES.

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR: EDWIN EDUARDO MAZA RODRÍGUEZ

DIRECTOR: ING. JAVIER IGNACIO BRIONES GRACÍA. MSc

Macas – Ecuador

2022

© 2022, Edwin Eduardo Maza Rodríguez

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

Yo, Edwin Eduardo Maza Rodríguez, declaro que el presente Trabajo de Titulación 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 Titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Macas, 19 de diciembre de 2022

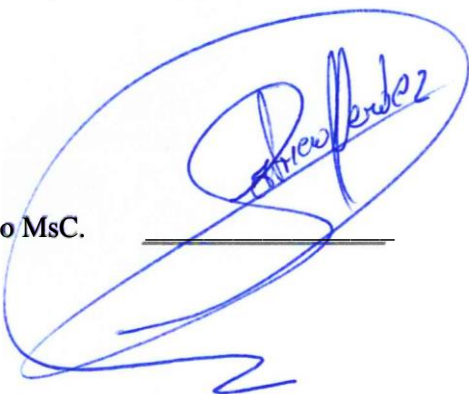
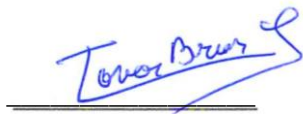



Edwin Eduardo Maza Rodríguez

140108846-1

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; tipo: Proyecto de Investigación, **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO MIRIUMI, TRAMO SECTOR BARRIO LA CRUZ COMUNIDAD LA MERCED, MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS COMO BIOINDICADORES**, realizado por el señor: **EDWIN EDUARDO MAZA RODRÍGUEZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Patricio Vladimir Méndez Zambrano MsC. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 _____	2022-12-19
Ing. Javier Ignacio Briones García MsC. DIRECTOR(A) DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	 _____	2022-12-19
Ing. Goering Octavio Zambrano Cárdenas MsC. MIEMBRO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	 _____	2022-12-19

DEDICATORIA

En el transcurso de la vida nos encontramos con momentos de alegría, momentos que nos dejan sin aliento y nos llenan el alma, y hoy tengo la dicha de disfrutar de uno, por ello quiero inmortalizar este sentimiento dedicando este trabajo a:

Al Creador y a la Purísima de Macas, por darme la vida, llenarme de sabiduría y dedicación para obtener un espíritu luchador.

A mis padres, Néstor y Gladys, por su gran amor y esfuerzo que me supieron brindar en toda una vida de preparación profesional para lograr así cumplir metas importantes en mi vida, este título de Ingeniero también es de ustedes.

A mis hermanos Geovanny, Jonathan, a mi sobrina Abigail y demás familiares, quiénes me supieron llenar de palabras de apoyo y cariño en momentos difíciles mismos que fueron esenciales en mi vida estudiantil.

A mis docentes y amigos, quiénes hicieron que este ciclo universitario sea una de las mejores etapas de mi vida, sintiendo a la Universidad como mi segundo hogar.

Eduardo

AGRADECIMIENTO

A Dios y a la Purísima de Macas, que me brindaron la oportunidad de conseguir mis metas anheladas y por siempre estar en los momentos más difíciles de mi vida brindándome sabiduría y fortaleza.

A mis padres, Néstor Maza y Gladys Rodríguez por regalarme la oportunidad de superarme profesionalmente, siendo mi guía en todo momento con total sabiduría y amor, para cosechar logros importantes en mi caminar.

Mi agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Sede Morona Santiago, por brindarme los conocimientos necesarios, permitiéndome crecer en el campo profesional y social, los cuales me servirán para contribuir al desarrollo y progreso en bienestar de la sociedad y el ambiente.

A mi director, Ing. Javier Briones, quien ha sido un apoyo fundamental en la estructuración y culminación de este proyecto de titulación.

A mi miembro, Ing. Goering Zambrano, quien me ha guiado en el desarrollo de este estudio compartiendo de manera desinteresada sus conocimientos.

Al Ing. Vladimir Astudillo, Gerente General de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable, Alcantarillado, Faenamiento y Servicios Públicos de Sucúa, quien brindo total apertura a las instalaciones del laboratorio, permitiendo de esta manera consolidar este proyecto, así mismo, al Ing. Ariel Cabrera por compartirme sus conocimientos en la realización de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua en estudio.

A mis amigos, Javier y Paúl, quienes voluntariamente me apoyaron mes a mes en el desarrollo del trabajo de campo.

Eduardo

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
RESUMEN	xvi
SUMMARY / ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Limitaciones y delimitaciones.....	4
1.2.1 Delimitaciones	4
1.2.2 Limitaciones.....	4
1.3 Problema general de investigación.....	5
1.4 Problemas específicos de investigación.....	5
1.5 Objetivos	6
1.5.1 Objetivo general.....	6
1.5.2 Objetivos específicos	6
1.6 Justificación	7
1.6.1 Justificación teórica.....	7
1.6.2 Justificación práctica.....	7
1.7 Hipótesis.....	8

CAPÍTULO II

2. Marco teórico	9
2.1 Antecedentes de investigación	9
2.2 Referencias conceptuales	9
2.2.1 Ecosistema fluvial	9
2.2.2 Escasez de agua	9
2.2.3 Índices bióticos	10
2.2.4 Taxonomía de los macroinvertebrados	10
2.2.5 Bioindicadores	10
2.2.6 Agua residual	10
2.2.7 Descarga de aguas residuales	10
2.3 Referencias teóricas	11
2.3.1 El agua y su ciclo hidrológico	11
2.3.2 Calidad del agua	12
2.3.3 Monitoreo y evaluación de la calidad del agua	12
2.3.4 Parámetros fisicoquímicos y biológicos de la calidad del agua	13
2.3.4.1 Temperatura	13
2.3.4.2 Potencial hidrógeno (pH)	13
2.3.4.3 Oxígeno disuelto	13
2.3.4.4 Demanda bioquímica de oxígeno	13
2.3.4.5 Sólidos disueltos totales	14
2.3.4.6 Nitratos	14
2.3.4.7 Fosfatos	14
2.3.4.8 Turbidez	14
2.3.4.9 Coliformes fecales	15
2.3.5 Índices de calidad del agua	15
2.3.5.1 Índice ICA-NSF	15

2.3.5.2	<i>Índices biológicos</i>	16
2.3.5.3	<i>Biological Monitoring Working Party para Colombia (BMWP/Col)</i>	17
2.3.6	<i>Componentes de un río y su relación con el desarrollo de bioindicadores</i>	17
2.3.7	<i>Biomonitoreo o monitoreo biológico</i>	18
2.3.8	<i>Macroinvertebrados acuáticos</i>	19
2.3.8.1	<i>Descripción morfológica de los macroinvertebrados</i>	19
2.3.8.2	<i>Macroinvertebrados indicadores de buena calidad del agua</i>	20
2.3.8.3	<i>Macroinvertebrados indicadores de baja calidad del agua</i>	22
2.3.8.4	<i>Hábitats de los macroinvertebrados</i>	24
2.3.8.5	<i>Factores que controlan la distribución de macroinvertebrados</i>	25
2.3.8.6	<i>Impactos que alteran la comunidad de macroinvertebrados</i>	25
2.3.8.7	<i>Métodos de recolección cualitativos de macroinvertebrados</i>	26
2.3.8.8	<i>Métodos de recolección cuantitativos de macroinvertebrados</i>	27
2.4	Bases legales	28
2.4.1	<i>Constitución de la República del Ecuador</i>	28
2.4.1.1	<i>Título II: Derechos</i>	28
2.4.1.2	<i>Título VI: Régimen de desarrollo</i>	28
2.4.2	<i>Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua</i>	28
2.4.3	<i>Código Orgánico Ambiental</i>	29

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	30
3.1	Enfoque de investigación	30
3.2	Nivel de investigación	30
3.3	Diseño de investigación	30
3.3.1	<i>Según la manipulación o no de la variable independiente</i>	30

3.3.2	<i>Según las intervenciones en el trabajo de campo</i>	30
3.4	Tipo de estudio	31
3.5	Población y planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra	31
3.6	Metodología de trabajo	32
3.6.1	<i>Determinación de las estaciones de monitoreo</i>	32
3.7	Métodos, técnicas e instrumentos de investigación	33
3.7.1	<i>Fase I: trabajo por análisis fisicoquímicos y microbiológicos (ICA-NSF)</i>	34
3.7.1.1	<i>Materiales y equipos utilizados para el monitoreo del río Miriumi</i>	34
3.7.1.2	<i>Monitoreo y toma de muestras de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos</i>	35
3.7.1.3	<i>Manejo y conservación de muestras</i>	36
3.7.1.4	<i>Materiales y equipos utilizados en el laboratorio</i>	36
3.7.1.5	<i>Análisis de los parámetros físico químicos y microbiológicos</i>	38
3.7.1.6	<i>Cálculo de la calidad del agua ICA-NSF</i>	41
3.7.2	<i>Fase II: trabajo por bioindicadores bentónicos (BMWP/Col)</i>	42
3.7.2.1	<i>Materiales y equipos para recolección e identificación de macroinvertebrados</i>	42
3.7.2.2	<i>Monitoreo y toma de muestras de macroinvertebrados</i>	43
3.7.2.3	<i>Recolección de muestras de macroinvertebrados</i>	43
3.7.2.4	<i>Limpieza, conservación y etiquetado de muestras de macroinvertebrados</i>	43
3.7.2.5	<i>Identificación de los macroinvertebrados</i>	44
3.7.2.6	<i>Cálculo del Índice Biological Monitoring Working Party/Colombia (BMWP/Col)</i>	44

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	47
4.1	Descripción de las estaciones de monitoreo	47
4.2	Resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos del río Miriumi	49
4.3	Resultados del ICA-NSF en el río Miriumi	58
4.4	Resultados del índice biológico Biological Monitoring Working Party/Colombia ...	61

4.5	Comparación de la calidad del agua del río Miriumi con el AM 097	65
4.6	Comparación entre índice BMWP/Col e índice ICA-NSF	66

CAPÍTULO V

5.	MARCO PROPOSITIVO.....	69
5.1	Propuestas de actividades para minimizar impactos en el río Miriumi	69

CONCLUSIONES.....	71
--------------------------	-----------

RECOMENDACIONES.....	73
-----------------------------	-----------

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Macroinvertebrados indicadores de buena calidad del agua	20
Tabla 2-1: Macroinvertebrados indicadores de baja calidad del agua	22
Tabla 3-1: Tipos de hábitats de los macroinvertebrados acuáticos	24
Tabla 1-3: Ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo	33
Tabla 2-3: Materiales y equipos utilizados en el trabajo de campo	34
Tabla 3-3: Metodología para la toma de muestras fisicoquímicas y microbiológicas.....	35
Tabla 4-3: Materiales y equipos utilizados en la fase de laboratorio	36
Tabla 5-3: Análisis de parámetros físicos químicos y microbiológicos, fase laboratorio	38
Tabla 6-3: Parámetros, unidades y pesos del ICA-NSF	41
Tabla 7-3: Rangos de calidad de agua según el índice WQI de la NSF	41
Tabla 8-3: Materiales y equipos utilizados en el trabajo de campo	42
Tabla 9-3: Puntajes de las familias de macroinvertebrados para el índice BMWP/Col.	44
Tabla 10-3: Rangos de calidad de agua según el índice BMWP/Col.....	46
Tabla 1-4: Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos	58
Tabla 2-4: Resultados del WQI en las estaciones PM-01, PM-02 y PM-03.	60
Tabla 3-4: Resultados del índice biológico en la estación PM-01 (Punto Miriumi uno)	61
Tabla 4-4: Índice de calidad Biological Monitoring Working Party/Colombia.....	61
Tabla 5-4: Resultados del índice biológico en la estación PM-02 (Punto Miriumi dos).....	62
Tabla 6-4: Resultados del índice biológico en la estación PM-03 (Punto Miriumi tres).....	63
Tabla 7-4: Resumen de la clasificación de la calidad del agua según el índice biológico	64
Tabla 8-4: Promedios del índice biológico BMWP/Col	65
Tabla 9-4: Valores de los parámetros del ICA-NSF y los criterios de calidad del TULSMA....	65
Tabla 10-4: Comparación de valores de calidad entre índice BMWP/Col e ICA-NSF	66
Tabla 1-5: Propuestas para la prevención y mitigación de impactos ambientales.	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Dinámica del ciclo hidrológico.....	11
Figura 2-1: Elementos de un río: poza, rápido, corriente y sustrato	18
Figura 3-1: Métodos de recolección de macroinvertebrados	27
Figura 1-4: Estación de monitoreo del río Miriumi PM-01	47
Figura 2-4: Estación de monitoreo del río Miriumi PM-02.....	48
Figura 3-4: Estación de monitoreo del río Miriumi PM-03.....	48

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo en el tramo de estudio	33
Gráfico 1-4:	Variación del cambio de temperatura del río Miriumi	50
Gráfico 2-4:	Variación del potencial de hidrógeno.....	51
Gráfico 3-4:	Variación del oxígeno disuelto presente en el río Miriumi	52
Gráfico 4-4:	Variación de la DBO ₅ del río Miriumi	53
Gráfico 5-4:	Variación de los TDS del río Miriumi	54
Gráfico 6-4:	Variación de la turbidez del río Miriumi.....	55
Gráfico 7-4:	Variación de la concentración de nitratos del río Miriumi	56
Gráfico 8-4:	Variación de la concentración de fosfatos del río Miriumi	57
Gráfico 9-4:	Variación de coliformes fecales del río Miriumi.....	58
Gráfico 10-4:	Relación entre el índice biológico BMWP/Col e índice ICA-NSF	67

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** RECORRIDO E IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO.
- ANEXO B:** ETIQUETA DE MUESTREO.
- ANEXO C:** EQUIPOS UTILIZADOS PARA ANÁLISIS IN SITU.
- ANEXO D:** MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS IN SITU.
- ANEXO E:** RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE AGUA PARA ANÁLISIS DE LABORATORIO.
- ANEXO F:** PROCEDIMIENTO PARA ANÁLISIS DE MUESTRAS EN EL LABORATORIO.
- ANEXO G:** MATERIALES Y EQUIPOS PARA LA RECOLECCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS.
- ANEXO H:** RECOLECCIÓN DE MACROINVERTEBRADOS.
- ANEXO I:** OBSERVACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LAS FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS.
- ANEXO J:** TABLA 2, ÍNDICE DEL NMP CON 95% DE LÍMITE DE CONFIANZA PARA VARIAS COMBINACIONES DE RESULTADOS POSITIVOS Y NEGATIVOS.
- ANEXO K:** TABLA 2, DEL ACUERDO MINISTERIAL 097 A, ANEXOS DE NORMATIVA
- ANEXO L:** TABLA 3, DEL ACUERDO MINISTERIAL 097 A, ANEXOS DE NORMATIVA
- ANEXO M:** TABLA 9, DEL ACUERDO MINISTERIAL 097 A, ANEXOS DE NORMATIVA.
- ANEXO N:** FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS MÁS ABUNDANTES EN EL TRAMO DE ESTUDIO.
- ANEXO Ñ:** RESULTADOS DEL ICA-NSF EN EL SOFTWARE IQA-DATA

RESUMEN

En este estudio se planteó como objetivo principal evaluar la calidad del agua del río Miriumi mediante el índice Biological Monitoring Working Party para Colombia y el índice de la calidad del agua (ICA-NSF), en el tramo sector barrio La Cruz-Comunidad La Merced de la ciudad de Sucúa. Primeramente se realizó un recorrido en el tramo de estudio para establecer las estaciones de monitoreo, denominadas como: PM-01, PM-02 y PM-03, el monitoreo realizado fue durante tres meses Abril, Mayo y Junio, donde se recolectó muestras para realizar los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, los cuales sirvieron para la evaluación del índice de calidad ICA-NSF, estos resultados se lograron obtener por medio del software IQAData y se encuentran en un rango que comprende valores de 69,69; 61,21 y 65,34; en las estaciones PM-01, PM-02 y PM-03 correspondientemente, lo que nos indica que la calidad del agua es **REGULAR**, los resultados obtenidos mencionan que los parámetros coliformes fecales y turbidez sobrepasan los límites permisibles establecidos. Por otra parte, en el monitoreo de macroinvertebrados se logró recolectar un total de 214 individuos pertenecientes a 11 órdenes y 23 familias, evaluando la calidad del agua con un valor de 49 que lo categoriza como **DUDOSO**, demostrando que existe la presencia de individuos tolerantes y no tolerantes. Finalmente se realizó una comparación entre los índices utilizados en la evaluación, finiquitando que la contaminación del río Miriumi por consecuencia de las actividades antrópicas, afectan al desarrollo de los macroinvertebrados, es por ello que se identificaron individuos que pertenecen a la familia *Leptohyphidae* que presentan un valor de tolerancia de 7 siendo esta la familia más abundante registrada en la investigación, a su vez se encontraron individuos de la familia *Perlidae* que presenta un valor de tolerancia de 10 frente a la contaminación existente en el cuerpo hídrico.

Palabras clave: <MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS>, <CALIDAD DEL AGUA>, <RÍO MIRIUMI>, <COLIFORMES FECALES>, <ACUERDO MINISTERIAL 097A>

SUMMARY / ABSTRACT

The main objective of the current study was to evaluate the water quality of the Miriumi River using the Biological Monitoring Working Party index for Colombia and the water quality index (ICA-NSF), in the section located in “Barrio La Cruz-Comunidad La Merced” in the city of Sucúa. First, it conducted a tour of the study section to establish the monitoring stations, named as: PM-01, PM-02 and PM-03. The monitoring carried out from April to June, where samples were collected to perform physicochemical and microbiological analysis that served for the evaluation of the quality index ICA-NSF, these results were managed to obtain through the IQADData software that are in a range, comprising values of 69.69; 61.21 and 65.34; in stations PM-01, PM-02 and PM-03 respectively, indicating that the water quality is REGULAR. The results obtained indicate that the fecal coliform and turbidity parameters exceed the established permissible limits. On the other hand, it collected a total of 214 individuals belonging to 11 orders and 23 families through monitoring of macroinvertebrates evaluating the water quality with a value of 49 which categorizes it as DOUBTFUL demonstrating that there is the presence of tolerant and non-tolerant individuals. Finally, a comparison between the indexes used in the evaluation was made, concluding that the contamination of the Miriumi River is as a consequence of anthropic activities that affect the development of macroinvertebrates identifying individuals belonging to the *Leptohyphidae* with a tolerance value of 7; being the most abundant family registered in the research, while individuals of the *Perlidae* family were found with a tolerance value of 10 according to contamination existing in the body of water.

Keywords: <BENTONIC MACROINVERTEBRATES>, <WATER QUALITY>, <MIRIUMI RIVER>, <FECAL COLIFORMS>, <MINISTERIAL AGREEMENT 097A>


By: Lic. **Mauricio Martínez**
060290250-4

INTRODUCCIÓN

El agua es considerada un elemento esencial para la vida, por esa razón gran parte de la población busca establecerse cerca de una fuente de este recurso para desarrollar sus funciones básicas (Hernández et al. 2020, p. 690), este es un recurso vital que varía su calidad debido al uso que se le brinda, es por eso que gran parte de las reservas de agua limpia en el mundo van disminuyendo por causa del crecimiento de la contaminación de las reservas hídricas (Chacón 2017, p. 3). Los seres vivos disponen solo el 1% de toda el agua que se encuentra en el planeta, lo que incrementa el interés por proteger este recurso enmarcándose en su calidad y cantidad (Álvarez y Pérez 2007, p. 20).

Se consideran hábitats acuáticos a los ríos ya que albergan gran diversidad de flora y fauna, lo que les hace ser ecosistemas vulnerables a la contaminación, debido a que desde la antigüedad los ecosistemas acuáticos son valorados por las sociedades humanas como una fuente de recursos o como fuente de descargas de efluentes provenientes de las actividades antropogénicas (Chacón 2017, p. 18). Con el deterioro de estos ecosistemas se han implementado nuevas tecnologías que ayudan a determinar la calidad del agua que tiene un cuerpo hídrico, siendo una de estas la utilización de macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua, esta técnica ha venido ganando una excelente aceptación a nivel mundial, debido a que se requieren de equipos simples donde se usan metodologías sencillas que nos brindan una rápida obtención de resultados, mismos que son confiables por la información variada a través del tiempo (Bullón 2016,p. 11).

Por medio de estudios realizados referente a la calidad del agua en diferentes ríos del Ecuador, demuestran que existen elevados niveles en las concentraciones de fósforo, nitrógeno, DBO y coliformes, por consecuencia de las actividades antropogénicas, mismas que son: la ganadería, la agricultura, las descargas de efluentes industriales y residuos sólidos, las cuales están completamente asociadas con el incremento de la población (Duque et al. 2018,p. 7).

En las últimas décadas, se ha venido dando gran importancia a nivel mundial referente al recurso agua, es por eso que los gobiernos del mundo y la población trabajan en conocer la calidad que presentan los cuerpos hídricos, ya que existen consecutivos cambios ecológicos que se dan en las corrientes acuáticas (SENAGUA 2016,p. 28). En Ecuador la información relacionada sobre metodologías que contengan índices biológicos propios para realizar estudios taxonómicos de la fauna bentónica es muy escasa, debido a ello dejan exento el uso de macroinvertebrados acuáticos para la evaluación y monitoreo de la calidad del agua en ríos y arroyos (Arroyo y Encalada 2009,p. 11).

El río Miriumi se encuentra ubicado en el cantón Sucúa Provincia de Morona Santiago, es una de las cuencas más cercanas a esta ciudad, está limitado con Santa Teresita y el Triunfo al oeste y a su vez con el barrio el Progreso y ciudad de Sucúa. Sus aguas nacen de las estribaciones del

Parque Sangay, las cuales forman un caudal bajo permitiéndolo ser navegable y permitiendo el desarrollo de flora y fauna (GAD Sucúa 2021,p. 35). Este río forma pequeñas playas que deleitan la vista de los turistas con un paisaje llamativo donde se desarrollan diferentes actividades productivas, una pauta muy importante que se da en el tramo Sector Barrio La Cruz-Comunidad La Merced, es que las aguas servidas provenientes del Barrio La Cruz pasan por una planta de tratamientos misma que desemboca en una quebrada dirigida al río Miriumi.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

El agua es una de las fuentes principales para el desarrollo de diversas actividades, como la agricultura en donde se utiliza grandes cantidades de agua dulce para el riego de los cultivos, provocando la disminución del recurso agua (ONU 2015,pp. 64-71); la población y los recursos hídricos se ven afectados por la erosión del suelo, la cual es producida por actividades como la deforestación y la crianza de animales que traen consigo una mayor cantidad de sedimentos que se depositan en los cauces del río Miriumi (CEPAL 2012,p. 81).

Según la Organización Mundial de la Salud se menciona que la eutrofización es la mayor responsable de la alteración a la calidad del agua, la cual produce un incremento a los niveles de nutrientes generando la prohibición de los usos a la que el agua esta destinada. Además, se estima que las actividades generadoras de nutrientes son producto de las aguas residuales domésticas, de los afluentes de las industrias, de las emisiones a la atmósfera por los incendios forestales y por la escorrentía agrícola (ONU 2015,p. 68).

En Ecuador las descargas de aguas residuales resultantes de actividades industriales, mineras y agrícolas producen la mayor fuente de contaminación del agua generando riesgos a la salud de las personas (Foro de los Recursos Hídricos 2014,pp. 10-11). La falta de alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales contaminan las cuencas hídricas con la presencia de aguas residuales, se obtiene un porcentaje de 53,07% en el saenamiento de zonas rurales, lo que indica que son pocas las ciudades que cuentan con un tratamiento de aguas despues de su uso y se considera que el resto de aguas después de su uso se vierten directamente en los cuerpo hídricos (SENAGUA 2016,p. 38).

Los habitantes del barrio la Cruz y comunidad La Merced se dedican a las actividades de ganadería, agricultura e implementación de centros recreativos para generar ingresos económicos, razón por la cual los moradores hacen uso de las fuentes hídricas para regar sus productos y crear abrevaderos. Además, existen habitantes que utilizan el río Miriumi como lavanderías y balnearios.

Por ende, existe la necesidad de realizar una evaluación a la calidad del agua del río Miriumi para conocer el estado en el que se encuentra este río muy representativo de la ciudad de Sucúa, mismo que ha sufrido transformaciones en sus riberas para realizar actividades de uso cultural y abastecimiento de la población.

1.2 Limitaciones y delimitaciones

1.2.1 Delimitaciones

El presente proyecto de investigación se delimitó al estudio de un tramo del río Miriumi mismo que comprende el sector barrio la Cruz y comunidad La Merced, con el fin de analizar la calidad del agua que presenta este tramo debido a las actividades que se generan en el mismo por los habitantes y por cuestiones naturales, para que de esta manera se logre cumplir con el objetivo en el tiempo establecido.

El área geográfica del tramo seleccionado fue tomada muy en cuenta para establecer las estaciones de monitoreo, mismas que fueron de fácil acceso sin presentar problemas en la toma de muestras de agua y recolección de macroinvertebrados bentónicos, con la finalidad de determinar las condiciones en la que se encuentra la calidad del agua en los meses de abril, mayo y junio del presente año.

1.2.2 Limitaciones

Los recursos económicos y tecnológicos para el desarrollo del proyecto no fue una limitación debido a que se contó con el apoyo de instituciones públicas, como la Empresa Pública Municipal de Agua Potable, Alcantarillado, Faenamiento y Servicios Públicos de Sucúa misma que facilitó el laboratorio donde se hizo uso de los materiales y equipos para realizar los análisis físicos, químicos y biológicos de las muestras de agua del tramo seleccionado, a su vez la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Sede Morona Santiago facilitó el uso de los materiales para la recolección e identificación de los macroinvertebrados bentónicos.

En el desarrollo de la investigación se presentó una limitante que fue la movilización hacia el laboratorio de la ESPOCH Sede Morona Santiago para la identificación de macroinvertebrados bentónicos debido al Paro Nacional que se presentó en Ecuador, lo que alteró el cronograma establecido para el proyecto de investigación.

1.3 Problema general de investigación

¿Cuál es la calidad del agua que presenta el río Miriumi en el tramo sector barrio La Cruz-Comunidad La Merced mediante el uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores?

1.4 Problemas específicos de investigación

¿Cuáles son las comunidades de macroinvertebrados más comunes en el tramo sector barrio La Cruz-Comunidad La Merced del río Miriumi?

¿De qué manera influyen las actividades antrópicas que se desarrollan en el tramo sector barrio La Cruz y Comunidad La Merced del río Miriumi, de acuerdo a la evaluación de los parámetros físicos químicos e índices biológicos de cada monitoreo?

De acuerdo a los resultados obtenidos en los análisis de la calidad del agua del ICA-NSF, ¿qué parámetros producen el deterioro y pérdida de las comunidades acuáticas en el tramo sector barrio La Cruz y Comunidad La Merced del río Miriumi?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Evaluar la calidad del agua del río Miriumi, Tramo Sector Barrio La Cruz-Comunidad La Merced, mediante macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores.

1.5.2 Objetivos específicos

- Identificar las comunidades de macroinvertebrados presentes en el río Miriumi en el tramo sector barrio La Cruz-Comunidad La Merced.
- Evaluar la calidad del agua en el río Miriumi en el tramo sector barrio La Cruz-Comunidad La Merced mediante el uso de parámetros físicos químicos e índices biológicos.
- Comparar los resultados obtenidos del análisis del Índice de calidad del agua ICA-NSF, y el índice biológico BMWP/Col.

1.6 Justificación

1.6.1 Justificación teórica

En Morona Santiago, los ríos son la principal fuente de agua y contienen el elemento esencial para todos los organismos vivos (Chacón 2017,p. 22). Las actividades que se realizan en los ríos determinan su calidad del agua, donde se ha logrado evidenciar que las actividades antrópicas en las riberas y en el mismo cuerpo de agua son las mayores causantes de la disminución de su calidad (Lozano 2019,p. 21).

Debido a los acontecimientos presentados en las últimas décadas y a la preocupación de la población sobre la contaminación del agua, nace la iniciativa del presente proyecto de investigación que tiene como objeto conocer el estado de la calidad del agua que presenta este popular río de la ciudad de Sucúa, con la finalidad de identificar los motivos ya sean naturales o antrópicos que han alterado los parámetros representativos del agua.

Aun cuando los habitantes de la zona presentan gran preocupación por conocer el estado en el que se encuentra el cuerpo de agua no se han realizado estudios previos en el río Miriumi, lo cual no permite contar con una línea base del estudio, por tal motivo este proyecto de investigación manifestará a la necesidad de conocer la variabilidad de los parámetros del ICA-NSF, logrando así identificar que parámetro se encuentra alterado y genera afecciones a la biodiversidad presente en el río Miriumi, para así buscar concientizar a la población sobre la conservación de tan importante recurso donde moradores y diferentes especies dependen de él para desarrollar sus funciones biológicas.

1.6.2 Justificación práctica

La siguiente investigación busca servir como una línea base para futuras investigaciones sobre la calidad del agua del río Miriumi, por medio del índice cualitativo Biological Monitoring Working Party para Colombia (BMWP/Col), mismo que permite evaluar la calidad del agua tomando en cuenta la presencia o ausencia de las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos con un puntaje de acuerdo al nivel de tolerancia (Sánchez y García 2018,p. 12). Este método biológico se fundamentará con el análisis del índice de calidad del agua ICA-NSF, mismo que es muy utilizado para evaluar el estado de la calidad del agua de un cuerpo hídrico por medio de

parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, a su vez ayuda a tomar decisiones para mejorar la calidad de las aguas superficiales.

La conjunción del índice BMWP/Col e índice ICA-NSF garantiza que los resultados obtenidos estén bien sustentados (Lozano 2019,p. 22).

Debido a ello, se busca cumplir con el objetivo general del presente proyecto de investigación por medio de análisis en el río Miriumi en el tramo sector barrio “La Cruz” y comunidad “La Merced” de la ciudad de Sucúa provincia de Morona Santiago, con el fin de determinar el nivel que influyen las diversas actividades que se realizan en este cuerpo hídrico sobre el índice de la calidad del agua. Para ello se hará uso de herramientas como los bioindicadores que son los macroinvertebrados y de los análisis fisicoquímicos con el propósito de identificar las causas que afectan y tener una base para brindar soluciones que mejoren la calidad de este cuerpo hídrico.

1.7 Hipótesis

En el río Miriumi se realizan actividades antropogénicas lo que afecta notoriamente la calidad de sus aguas, debido a que existe una alteración en las características físicas, químicas y microbiológicas, esa es la razón por la cual este estudio responderá la siguiente interrogante:

¿Existe un cambio en la calidad del agua del río Miriumi a través de su paso desde el tramo sector barrio La Cruz-Comunidad La Merced?

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de investigación

El agua es un recurso importante para las diferentes especies de seres vivos y para los humanos, razón por la cual se menciona en el Plan Nacional para el Buen Vivir que en la Amazonía Ecuatoriana existe una gran disponibilidad de este recurso, pero así mismo este recurso se encuentra propenso a la contaminación por motivo de la baja capacidad de tratamiento de aguas residuales (SENPLADES 2017,p. 106).

Es por ello que actualmente los recursos hídricos están siendo amenazados por la contaminación antropogénica debido a que reciben perennemente aguas residuales junto a residuos sólidos ya sean domésticos o industriales, produciendo así un deterioro en la calidad del agua (Cárdenas et al. 2018,p. 2).

A pesar de la gran problemática existente en los diferentes cuerpos hídricos de la Amazonía principalmente en el río Miriumi no se ha llevado a cabo estudios de la calidad del agua por medio de índices biológicos en donde se utilizan a los macroinvertebrados bentónicos para determinar su calidad, así mismo con el índice de calidad ICA-NSF quién indica los parámetros que se encuentran fuera de los límites permisibles y que generan daños en el medio ambiente y en el desarrollo del ecosistema.

2.2 Referencias conceptuales

2.2.1 *Ecosistema fluvial*

Los ecosistemas fluviales están ligados a la forma y dimensiones del cauce, a la calidad química del agua, a la diversidad de hábitats y a las distintas comunidades biológicas que se establecen en los mismos. Funcionan de acuerdo a procesos como el transporte y retención de sedimentos, materias orgánicas o nutrientes, o por la fotosíntesis de algas y productores primarios (Pozo y Elozegi 2009,pp. 17-18).

2.2.2 *Escasez de agua*

Expresa sobre el peligro en el que se encuentran los recursos hídricos, haciendo énfasis a que por la falta de conciencia, negligencia y desconocimiento de la población se puede provocar la contaminación del agua y su disminución, razón por la cual es de gran importancia que este

recurso natural sea tomado muy en cuenta y que reciba protección por medio de los ciudadanos, ya que si no se lo protege este recurso puede desaparecer y pasaríamos a formar parte del porcentaje de países donde la población sufre la escasez del agua (Casilla 2014,p. 9).

2.2.3 Índices bióticos

Los índices bióticos se basan en la abundancia y diversidad de diferentes grupos de macroinvertebrados acuáticos, mismos que son utilizados para evaluar la calidad del agua mediante un valor numérico que representa las características de las especies presentes (Mauad 2013,pp. 8-14).

2.2.4 Taxonomía de los macroinvertebrados

Se encarga de identificar, describir y clasificar a los organismos que conforman un sistema inclusivo y jerarquizado, nombrando a cada nivel de este sistema como una categoría taxonómica donde se incluyen unas dentro de otras, empezando por la especie que es la categoría fundamental, hasta género, familia, orden, clase, phylum y reino, las cuales son categorías con un rango elevado (Arija 2012,p. 4).

2.2.5 Bioindicadores

Son especies que poseen una capacidad de respuesta limitada en presencia de los cambios ambientales, ya que son muy vulnerables, es por eso que presentan características como la sensibilidad a las perturbaciones ambientales, distribución, abundancia, dispersión, éxito reproductivo, entre otras, las cuales ayudan a poder estimar condiciones ambientales de interés (González et al. 2014,p. 24).

2.2.6 Agua residual

Esta agua presenta una composición variada, la cual proviene del uso comercial, agrícola, industrial, doméstico, pecuario o de alguna otra actividad que se genera en el sector público o privado, razón por la cual su composición natural se ha visto degradada (Acuerdo Ministerial 97 2015,p. 4).

2.2.7 Descarga de aguas residuales

Es el acto de descargar las aguas residuales a la red de alcantarillado o a algún cuerpo hídrico receptor (Acuerdo Ministerial 97 2015,p. 4).

2.3 Referencias teóricas

2.3.1 El agua y su ciclo hidrológico

El agua un recurso muy importante para el desarrollo de la vida en el planeta, los seres humanos la utilizan para consumo doméstico, así como para el funcionamiento y la continuidad de las actividades agrícolas e industriales. Se encuentran presente en lagos, embalses, ríos, arroyos y humedales, razón por la cual se lo cataloga como el recurso más abundante del planeta (SEMARNAT 2008,pp. 258-259). Este elemento se encuentra constituido por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno y está distribuido en la atmósfera en estado líquido, sólido y gaseoso. El agua se encuentra en una continua transformación lo que produce una perturbación en su calidad, es por ello que actualmente es imposible encontrar agua limpia (Sierra 2011,pp. 29-30). El ciclo hidrológico inicia cuando el agua que se encuentra en los mares y océanos se evapora a la atmósfera. Esta agua atmosférica desciende a la Tierra en forma de lluvia, granizo o nieve. La cantidad de agua que llega al suelo es variada debido a diferentes factores, uno de ellos es la altura, donde se menciona que en las zonas altas se retiene mayor cantidad de agua, es por eso que en las montañas nacen gran cantidad de ríos. La vegetación ayuda a retener el agua para luego con ayuda de los procesos de evaporación y evapotranspiración llegue a la atmósfera. El agua que no es captada por las plantas se infiltra hasta llegar a la capa freática formándose así el agua subterránea. El agua que no logra infiltrarse se distribuye hasta el curso de agua superficial más cercano pasando a ser una escorrentía. Finalmente, el agua de los ríos se dirige a los océanos y mares para repetir el ciclo. Véase en la ilustración 1-1 (Aguirre 2011,p. 9).

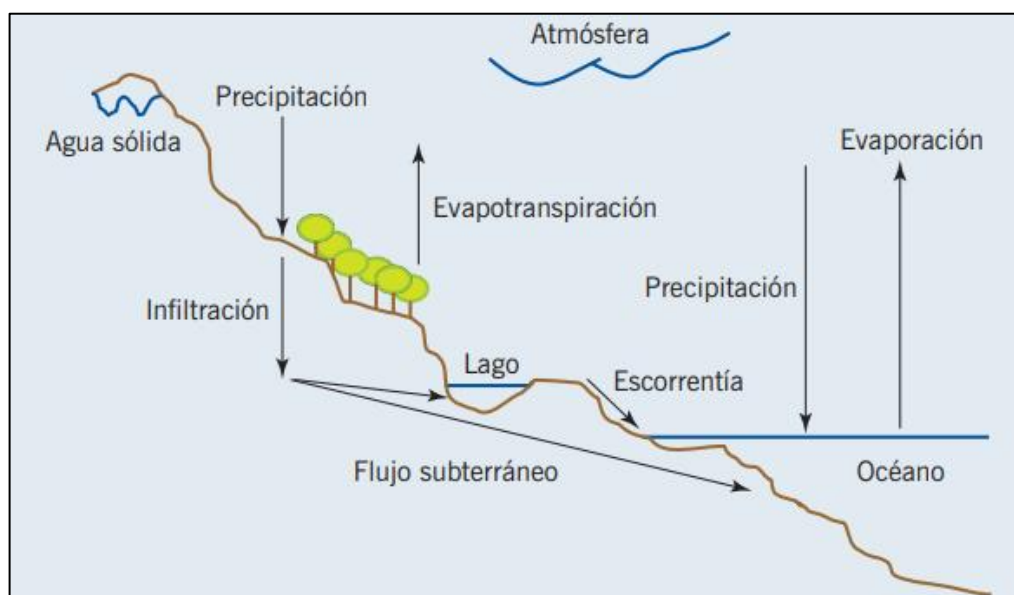


Figura 1-1: Dinámica del ciclo hidrológico

Fuente: (Pozo y Elozegi 2009,p. 40)

2.3.2 *Calidad del agua*

Según Alba-Tercedor (1996,p. 205), “Al hablar de las aguas continentales, la calidad que presentan no se puede definir de manera sencilla, ya que este concepto va a depender del destino que se le brinde al recurso agua. Por otro lado, para Álvarez y Pérez (2007,p. 5), “ el bienestar y composición de la biota que presenta un cuerpo de agua se define como la calidad de un ambiente acuático”.

Además, este término indica las condiciones que se pueden presentar al analizar una muestra de agua, en base a sus características químicas, físicas y biológicas, de acuerdo a los estándares que tiene la misma.

El agua puede encontrarse en diferentes niveles de calidad, es por eso que se estima que un cuerpo hídrico tiene buena calidad cuando no cuenta con sustancias y microorganismos peligrosos, y que a simple vista no cuenta con características desagradables al momento de ser consumidas. Este elemento es un medio para la transmisión de enfermedades, razón por la cual es importante conocer su calidad.

2.3.3 *Monitoreo y evaluación de la calidad del agua*

El monitoreo consiste en evaluar los cambios que ocurren en el agua, los animales y la tierra que le rodea, mediante algunas observaciones o estudios, logrando identificar las enfermedades que tiene un río y saber cómo tratarlas. Se debe hacer un monitoreo cada cierto tiempo para conocer con seguridad la salud que tiene un río. Se recomienda tomar datos en diferentes partes del río para que el análisis sea más exacto, y así poder comparar la calidad del agua río arriba y río abajo, teniendo en cuenta los ambientes que le rodean y las actividades que se realizan cerca de los mismos (Carrera y Fierro 2001,p. 19).

Con el monitoreo se trata de evaluar la calidad del agua que presenta un río, tiene como principal función realizar un control de los parámetros de interés de un cuerpo hídrico respetando la metodología y el orden de cada uno, con los datos obtenidos se puede identificar los diferentes impactos referentes a los usos del agua y analizar si son o no son aceptables. Además, se puede establecer límites que estén asociados a los parámetros de control para generar alertas y adoptar medidas correctoras para que el agua no llegue al punto en donde no sea apta para un uso determinado (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza 2018,pp. 15-16).

Tenemos al monitoreo participativo por el que se da un proceso de colaboración enmarcado en recoger y analizar datos para luego comunicar los resultados, aquí se debe incluir una gran cantidad de personas en las diferentes etapas del monitoreo junto a métodos e indicadores significativos. Siempre se debe tener en cuenta el objetivo de los resultados el cual es concientizar y educar a los actores interesados en la calidad del recurso hídrico (CAO 2008,p. 6).

2.3.4 Parámetros fisicoquímicos y biológicos de la calidad del agua

2.3.4.1 Temperatura

Este parámetro nos indica la estabilidad ecológica de un sistema, además, cuando tenemos una variación en este parámetro se genera un cambio en el ambiente de desarrollo de la flora y fauna presentes, elevando el potencial tóxico que presentan ciertas sustancias disueltas en el recurso hídrico, por eso se lo considera como un parámetro que interviene significativamente en los cuerpos de agua (Gualdrón 2016,p. 6).

2.3.4.2 Potencial hidrógeno (pH)

El recurso hídrico puede estar representado por una acidez, alcalinidad o neutralidad, de acuerdo al rango de medición del pH que va de 0 hasta 14. Se estima que un valor de medición entre 0 y 7 es considerado como una sustancia ácida, mientras que el valor de medición entre 7 y 14 indica una sustancia alcalina, finalmente el con valor de 7 representa un estado neutral. Los cuerpos hídricos que están contaminados por vertidos residuales tienden a ser muy ácidos (Bueno, Torres y Delgado 2014,p. 2).

Un pH que se encuentra entre los valores de 7.5 y 8.5 ayuda a mantener la flora y fauna de un cuerpo de agua y reduce la toxicidad que presentan algunas sustancias (Gualdrón 2016,p. 15).

2.3.4.3 Oxígeno disuelto

Este parámetro indica la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, es muy importante ya que contribuye a la salud de los cuerpos de agua que contienen diferentes formas de vida. El nivel de oxígeno que se obtenga nos indicará el nivel contaminación que presenta un cuerpo de agua, así como el apoyo para el desarrollo de la flora y fauna acuática. Cuando un recurso hídrico presenta una buena calidad se estima que los niveles de oxígeno disuelto son altos, pero si tenemos niveles bajos, nos indica que algunos peces y otros microorganismos no pueden sobrevivir.

La concentración estimada para que los ríos y riachuelos permitan el desarrollo de la diversa vida acuática es de 5 a 6 ppm aproximadamente (Peña 2007,p. 2).

2.3.4.4 Demanda bioquímica de oxígeno

Este parámetro determina la biodegradabilidad y el almacenamiento de sedimentos existentes en el agua, por medio de la cantidad de oxígeno necesaria para llegar al grado de oxidación de la materia orgánica presente en el agua, teniendo en cuentas las condiciones del agente oxidante, la temperatura y el tiempo (Secretaría de Economía DGN 2001,p. 3).

2.3.4.5 *Sólidos disueltos totales*

Este término indica la presencia de sales disueltas las cuales son partículas que se encuentran en suspensión ya sea de carácter orgánico e inorgánico (Gualdrón 2016,p. 7). Los sólidos disueltos pueden afectar drásticamente a la calidad de un cuerpo de agua, ya que pueden impedir la penetración de la luz. Se estima que para todos los ríos del mundo existe un promedio de sólidos disueltos totales de 120 ppm según (Livingston, 1963) citado en (Martínez 2006,p. 15).

2.3.4.6 *Nitratos*

Estos compuestos se encuentran en la naturaleza formando la especie nitrogenada más abundante y de mayor interés en los diferentes cuerpos hídricos, su contaminación aumenta con la presencia de lixiviados de abonos de nitrógeno, sus valores oscilan entre 0.2 y 2 mg/L en aguas superficiales y en las aguas residuales se presentan niveles muy altos. Proviene de dos fuentes, las localizadas como vertederos entre otras y las no localizadas como la agricultura (Ojeda 2005,p. 54).

2.3.4.7 *Fosfatos*

Se forman a partir del fósforo, mismo que es un elemento imprescindible en el crecimiento de plantas y animales. Proviene de la separación de pesticidas orgánicos conformados por fosfatos para luego ingresar en los cuerpos de organismos acuáticos como partículas. El agua de la lluvia influye en la presencia de las cantidades de fosfatos, haciendo que estos se filtren de los suelos agrícolas hacia los cuerpos de agua más cercanos. Además, el fosfato estimula el crecimiento del plancton y de plantas acuáticas que sirven como alimento de peces (Sánchez et al. 2007,p. 128). Es importante mencionar que la presencia excesiva de fosfatos induce al crecimiento desmesurado de algas y otros organismos creando procesos de polución y eutrofización, los cuales al ser descompuestos por microorganismos producen la disminución de oxígeno disuelto en el agua, lo que limita la vida de los seres vivos acuáticos (Lavie et al. 2010,p. 3).

2.3.4.8 *Turbidez*

Es una medida que determina el grado de transparencia que pierde el agua por la presencia de partículas en suspensión como la arcilla, sedimentos, materia orgánica e inorgánica que se encuentran principalmente en aguas superficiales. Se estima que cuando se tiene mayor cantidad de sólidos en suspensión habrá un alto grado de turbidez, los cuales son complicados de filtrar (Mendoza y Rodríguez 2019,p. 37).

2.3.4.9 *Coliformes fecales*

Este parámetro presenta microorganismos que se depositan y desarrollan en los intestinos de los seres vivos como el hombre y los animales, la bacteria comúnmente conocida es la *Escherichia coli* (Mora y Calvo 2010,p. 2). Además, es un indicador indirecto del riesgo potencial de contaminación con virus o bacterias patógenos, siendo parte de un importante problema ambiental que deteriora los cuerpos de agua (Sierra 2011,p. 83).

2.3.5 *Índices de calidad del agua*

Con ayuda de los índices de calidad del agua podemos determinar la calidad que tiene un cuerpo hídrico ya sea superficial o subterráneo, ya que se analiza las características de la naturaleza química, física y biológica en un solo valor que categoriza la calidad del agua del río de acuerdo al lugar e instante en el que se haya tomado la muestra, la información que se obtiene de estos índices es utilizable y comprensible por las partes interesadas (Yogendra y Puttaiah 2008,p. 2).

Según Valcarcel, Alberro y Frías (2010,p. 2), los índices pueden ser usados para difundir información sobre calidad del agua y se usan para:

- **Manejo del recurso:** brindando información a personas responsables en la toma de decisiones sobre prioridades del agua.
- **Clasificación de áreas:** Se realiza una comparación sobre el estado del agua tomando en consideración diferentes zonas geográficas.
- **Aplicación de la normativa:** se controla que los parámetros no excedan de los límites máximos permisibles.
- **Análisis de tendencia:** los análisis de los índices de calidad del agua indican si la calidad del agua se encuentra mejorando o empeorando.
- **Información pública:** ayudan a lograr la concientización y educación ambiental en las personas.
- **Investigación científica:** se realiza un rápido y fácil análisis de los datos ya que estos se simplifican para lograr obtener una visión de los fenómenos ambientales.

2.3.5.1 *Índice ICA-NSF*

El “ICA” define la aptitud que presenta un cuerpo de agua con base a los usos prioritarios que puede tener, por eso se los llama “Índices de Usos Específicos”. Este índice fue propuesto por Brown, pero actualmente la Fundación de Sanidad Nacional de EE.UU. (NSF) implementó una versión actualizada del “WQI”, para lograr tener un sistema de comparación de diferentes ríos en cualquier país, por sus siglas en inglés se denomina WQI (Water Quality Index), pero su significado en español es “Índice de Calidad del Agua (ICA)” (Limón y Webb 1964,p. 1).

Según, González, Caicedo y Aguirre (2013,p. 3), en la determinación de este índice intervienen 9 parámetros que se detallan a continuación:

- Coliformes Fecales (en NMP/ 100mL)
- pH (en unidades de pH)
- Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO_5 en mg/L)
- Nitratos (NO_3 en mg/L)
- Fosfatos (PO_4 en mg/L)
- Cambio de la Temperatura (en °C)
- Turbidez (en FAU)
- Sólidos disueltos totales (en mg/L)
- Oxígeno Disuelto (OD en % saturación)

Limón y Webb (1964,p. 3), menciona que, para condiciones óptimas, el “ICA” adopta un valor máximo de 100 el cual va disminuyendo dependiendo el grado de contaminación que presenta el cuerpo hídrico de estudio.

2.3.5.2 *Índices biológicos*

Son herramientas que se emplean para valorar y emplear una alternativa sobre la calidad biológica de los ríos. Consiste en la combinación de la diversidad de los grupos taxonómicos y la tolerancia/intolerancia de estos frente a la polución, en un solo valor numérico. Es decir, se designa valores numéricos a los macroinvertebrados en función de su tolerancia o intolerancia que tengan, para luego sumar estos valores y el resultado que se obtenga determinará la calidad del agua (Arce y Leiva 2009,p. 17).

Según Carrera (2011,pp. 14-15), actualmente contamos con una gran variedad de índices que ayudan a determinar la calidad de un cuerpo hídrico, entre ellos tenemos:

- **Índices sapróbicos:** Indican los efectos de la contaminación por materia orgánica y su grado de descomposición sobre los organismos.
- **Índices de diversidad:** Estudian las variaciones de las comunidades de los organismos presentes, cuando se tiene mayor biodiversidad se tendrá una mejor calidad.
- **Índices bióticos:** Actualmente son los más utilizados, se basan en la clasificación de los organismos y la asignación de valores en base a su tolerancia a la contaminación.

2.3.5.3 *Biological Monitoring Working Party para Colombia (BMWP/Col)*

Este índice se estableció en Inglaterra en el año 1970, para luego ser adaptado por Roldan en 1997, 1999, mismo que se usó para realizar estudios en Colombia sobre temas de calidad del agua. Este método es considerado sencillo ya que no se necesita instrumentos costosos y rápido porque se puede obtener una categorización del agua en poco tiempo, solo al conocer a que familia pertenecen los individuos recolectados, es por ello que es muy empleado en la evaluación de la calidad del agua usando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores (Lozano 2019,p. 43). En este método se requiere llegar hasta el nivel de familia para obtener datos cualitativos en función de su presencia o ausencia. Su puntaje va de 1 hasta 10 en base a la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica, se estima que las familias más sensibles a la contaminación tienen un puntaje de 10, mientras que las familias más tolerantes a la contaminación obtienen una puntuación de 1 (Roldán 2003,pp. 29-30).

2.3.6 *Componentes que presenta un río y su relación con el desarrollo de bioindicadores*

Según Carrera y Fierro (2001, pp 14-15), las áreas que se encuentran relacionadas con un río son:

- **Poza:** son las zonas profundas en donde la circulación del agua es lenta razón por la cual presentan sedimentos acumulados en el fondo. Es una zona muy favorable para el crecimiento de los macroinvertebrados, ya que disponen de áreas para descansar, esconderse y alimentarse. Véase en la ilustración 2-1.
- **Rápido:** son secciones profundas y turbulentas del río, donde el agua se mueve con mayor velocidad y choca con las rocas que están parcial o totalmente sumergidas, cuando un río tiene muchos sedimentos en las secciones mencionadas va a evitar el desarrollo de macroinvertebrados. Véase en la ilustración 2-1.
- **Corriente:** lugares en donde el agua corre sin turbulencia debido a la presencia de piedras pequeñas en el fondo, es decir es un intermedio entre pozas y rápidos. Este hábitat ayuda a la supervivencia de los macroinvertebrados debido a que arrastra continuamente sustratos que sirven para su alimento. Véase en la ilustración 2-1.
- **Sustrato:** material depositado en el fondo de un lecho del río conformado por rocas, piedras, arena, arcilla, etc. Véase en la ilustración 2-1.

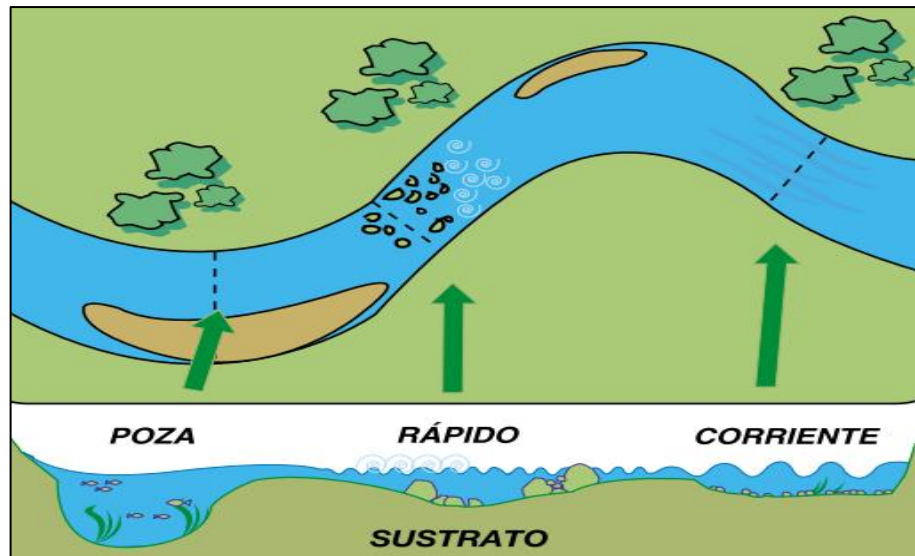


Figura 2-1: Elementos de un río: Poza, Rápido, Corriente y Sustrato

Fuente: (Carrera y Fierro 2001, p. 15)

2.3.7 *Biomonitoreo o monitoreo biológico*

Pretende realizar un seguimiento para diagnosticar el estado en el que se encuentra un ecosistema acuático, ya sea un río, estuario, laguna, humedal, etc. Por medio de organismos que habitan como principales indicadores de la calidad de sus aguas. Las comunidades biológicas que residen en estos ecosistemas acuáticos indican las condiciones ambientales que ha pasado en el transcurso del tiempo, mediante un análisis (Prat y Munné 2014, p. 48).

Los organismos que están presentes en el agua tienen la capacidad de adaptarse a determinadas condiciones ambientales, pero cuando existen alteraciones al recurso hídrico, estos presentan sus límites de tolerancia. Con esto podemos encontrar organismos que son intolerables a las condiciones del cuerpo de agua y organismos tolerables que se adaptan fácilmente, un punto importante es que los organismos sensibles o intolerantes mueren y los organismos tolerables empiezan a proliferarse, dándonos un enfoque notable de la presencia de la contaminación (Alba-Tercedor 1996, p. 204).

Mediante la evaluación de la calidad del agua por medio de las comunidades de organismos encontramos el término de calidad biológica, mismo que indica la capacidad que presenta el agua para permitir el desarrollo de organismos biológicos, en función a las condiciones del medio (Chacón 2017, p. 28).

2.3.8 Macroinvertebrados acuáticos

Los macroinvertebrados son organismos que pueden ser observados a simple vista, pues al ser microscópicos, tienen dimensiones de 2mm a 3cm, por lo que se emplea el prefijo “macro”. Además, son invertebrados debido a su carencia de huesos y son acuáticos por que se establecen y desarrollan en cuerpos de agua dulce y sus alrededores (ríos, esteros, quebradas, lagos o lagunas) (Carrera y Fierro 2001,p. 28).

Los macroinvertebrados acuáticos son el grupo más representativo dentro de los distintos indicadores biológicos de los ecosistemas fluviales, debido a que presentan una amplia riqueza de especies con diversidad de respuestas a los contaminantes ambientales, la información que estos brindan es espacial y temporal, es decir representan a diferentes tramos de un río y en tiempo variado (Universidad Nacional Mayor de San Marcos 2014,pp. 10-37).

Se consideran organismos importantes en los ecosistemas acuáticos porque consumen la materia orgánica que se genera en el río por los organismos fotosintéticos convirtiéndose en la mayor fuente de alimento de los vertebrados mayores (Universidad Nacional Mayor de San Marcos 2014,p. 10).

Según Alba-Tercedor (1996,p. 9), los macroinvertebrados acuáticos son de gran importancia para identificar los siguientes tipos de alteraciones:




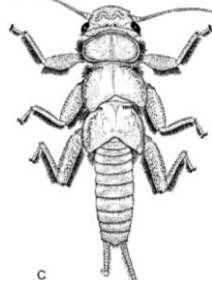
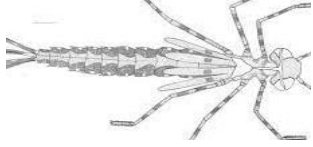
- **Fisicoquímicas:**
 - Contaminación térmica
 - Cambios en la mineralización del agua
 - Contaminación orgánica
 - Contaminación por metales
 - Eutrofización
- **Hidromorfológicas:**
 - Alteración de la morfología del lecho fluvial
 - Alteración del régimen del caudal



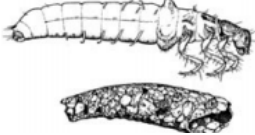
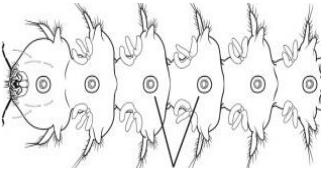
2.3.8.1 Descripción morfológica de los macroinvertebrados




Actualmente, los macroinvertebrados son los más utilizados a nivel mundial, por motivo de que brindan información acerca de las perturbaciones que se generan en el medio, la tabla que se presenta a continuación nos indica las características que presentan los macroinvertebrados según la buena calidad o baja calidad de un cuerpo hídrico (Gamboa, Reyes y Arrivillaga 2008,p. 3).

2.3.8.2 Macroinvertebrados indicadores de buena calidad del agua

Tabla 1-1: Macroinvertebrados indicadores de buena calidad del agua

Orden	Características	Rasgos
<p data-bbox="347 349 517 383">Efemeróptera</p> 	<p data-bbox="619 349 831 383">Nombre común:</p> <p data-bbox="619 398 730 432">Efímeras</p> <p data-bbox="619 448 863 683">Familias más comunes: <i>Baetidae</i>, <i>Leptophlebiidae</i>, <i>Caenidae</i>, <i>Leptohyphidae</i></p> <p data-bbox="619 698 826 732">Fase iniciadora:</p> <p data-bbox="619 748 703 781">Ninfas</p> <p data-bbox="619 797 890 887">Alimentación: Ninfas hervíboras</p> <p data-bbox="619 902 815 992">Hábitat: Ríos y lagunas</p>	<p data-bbox="922 349 1401 483">Poseen uñas tarsales, abdomen alargado con un filamento central normalmente visible</p> 
<p data-bbox="363 1010 496 1043">Plecóptera</p> 	<p data-bbox="619 1010 831 1043">Nombre común:</p> <p data-bbox="619 1059 842 1093">Moscas de piedras</p> <p data-bbox="619 1108 879 1198">Familia más común: <i>Perlidae</i></p> <p data-bbox="619 1214 826 1247">Fase iniciadora:</p> <p data-bbox="619 1263 895 1397">Ninfas muy sensibles a perturbaciones ambientales</p> <p data-bbox="619 1413 890 1503">Alimentación: Ninfas carnívoras</p> <p data-bbox="619 1518 831 1653">Hábitat: Ríos de aguas turbulentas, lechos de grava</p>	<p data-bbox="922 1010 1401 1099">Abdomen con un par de cercos sencillos o multiarticulados</p> 
<p data-bbox="379 1671 480 1704">Odonata</p>	<p data-bbox="619 1671 831 1704">Nombre común:</p> <p data-bbox="619 1720 874 1809">Libélulas o caballitos del diablo</p> <p data-bbox="619 1825 815 2007">Familias más comunes: <i>Libellulidae</i>, <i>Coenagrionidae</i></p>	<p data-bbox="922 1671 1401 1805">Ojos prominentes, en la parte posterior del abdomen presenta branquias plumosas</p> 

	<p>Fase iniciadora: Larvas</p> <p>Alimentación: Ninfas depredadoras</p> <p>Hábitat: Ríos de aguas calmadas</p>	
<p>Tricóptera</p> 	<p>Nombre común: Frigáneas</p> <p>Familias más comunes: <i>Hidropsychidae,</i> <i>Hidrotilidae,</i> <i>Leptoceridae</i></p> <p>Fase iniciadora: Larvas</p> <p>Alimentación: Ninfas depredadoras o herbívoras</p> <p>Hábitat: Ríos de aguas calmadas o rápidas</p>	<p>Larvas acuáticas, construyen un estuche para protegerse que varía según la familia</p> 
<p>Díptera</p>	<p>Nombre común: Moscas</p> <p>Familias más comunes: <i>Simuliidae,</i> <i>Tipulidae,</i> <i>Psychodidae, Dixidae,</i> <i>Athericidae</i></p> <p>Fase iniciadora: Larvas</p>	<p>Larva pequeña que presenta protuberancias a los lados de su cuerpo</p> 


	<p>Alimentación: Larvas filtradoras y raspadoras</p> <p>Hábitat: Ríos de aguas estancadas</p>	
<p>Coleóptera</p> 	<p>Nombre común: Escarabajos</p> <p>Familias más comunes: <i>Elmidae</i>, <i>Phesenidae</i>, <i>Ptylodactilidae</i></p> <p>Fase iniciadora: Larvas</p> <p>Alimentación: Ninfas herbívoras y depredadoras</p> <p>Hábitat: Zonas con alto grado de salinidad</p>	<p>Poseen patas grandes, caminan en el fondo del agua, disponen de apéndices filamentosos en el abdomen lo que les permite respirar</p> 

Fuente: (Gamboa, Reyes y Arrivillaga 2008,p. 4)


Realizado por: (Maza Eduardo 2022)

2.3.8.3 Macroinvertebrados indicadores de baja calidad del agua

Tabla 2-1: Macroinvertebrados indicadores de baja calidad del agua

Orden: Díptera	Características	Rasgos
<p>Familia: Culicidae</p> 	<p>Nombre común: Mosquitos</p> <p>Ciclo de vida: Huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores</p> <p>Fase iniciadora: Larvas</p>	<p>Larva apoda, posee la cabeza reducida con pelos en el tubo respirador, por lo que cuelgan su cabeza debajo de la superficie para tomar aire</p>

	<p>Alimentación: Larvas filtradoras y raspadoras</p> <p>Hábitat: Aguas estancadas</p>	
<p>Familia: Ephydriidae</p> 	<p>Nombre común: Moscas, Mosquitos</p> <p>Ciclo de vida: Huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores</p> <p>Fase iniciadora: Larvas</p> <p>Alimentación: Larvas filtradoras y raspadoras</p> <p>Hábitat: Aguas estancadas</p>	<p>Cuerpo alargado con pequeñas patas en la mitad del cuerpo</p>
<p>Familia: Chironomidae</p> 	<p>Nombre común: Moscas, Mosquitos</p> <p>Ciclo de vida: Huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores</p> <p>Fase iniciadora: Larvas</p> <p>Alimentación: Larvas filtradoras y raspadoras</p> <p>Hábitat: Aguas estancadas y lólicas</p>	<p>Cuerpo alargado con un penacho de setas en la parte posterior del cuerpo</p>
<p>Familia: Sirfidae</p> 	<p>Nombre común: Moscas</p> <p>Ciclo de vida: Huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores</p> <p>Fase iniciadora: Larvas</p> <p>Alimentación: Larvas filtradoras y raspadoras</p> <p>Hábitat: Aguas estancadas y lólicas</p>	<p>Cuerpo robusto, posee un tubo respiratorio delgado y alargado</p>
<p>Familia: Psychodidae</p>	<p>Nombre común: Moscas</p> <p>Ciclo de vida: Huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores</p> <p>Fase iniciadora: Larvas</p>	<p>Cuerpo alargado con abundantes setas por todo su cuerpo</p>

	<p>Alimentación: Larvas filtradoras y raspadoras</p> <p>Hábitat: Aguas estancadas y lólicas</p>	
---	---	--

Fuente: (Gamboa, Reyes y Arrivillaga 2008,p. 5)

Realizado por: (Maza Eduardo 2022)

2.3.8.4 Hábitats de los macroinvertebrados

Los macroinvertebrados pueden estar en piedras, vegetación, troncos, otros habitan en las orillas, pueden estar enterrados en sustratos arenosos o fangosos, o suelen estar nadando sobre la superficie. Existen organismos que prefieren las corrientes rápidas ya que pueden adaptarse fácilmente por que presentan características en sus cuerpos que les permiten sobrevivir a las corrientes del río, pero también existen organismos que prefieren los remansos de los ríos, ya que no presentan características de resistencia a la corriente (Medina y Andrade 2009,pp. 19-20).

Como se explicó anteriormente, los hábitats de los macroinvertebrados son muy variables. Según Carrera y Fierro (2001,p. 20), los podemos encontrar de acuerdo a la siguiente tabla. Véase la tabla 3-1.

Tabla 3-1: Tipos de hábitats de los macroinvertebrados acuáticos

Hojas flotantes y en sus restos	
Troncos caídos y en descomposición	
Lodo o arena del fondo del río	
Debajo o sobre las piedras	
Aguas corrientosas	
Lagos, lagunas, aguas estancadas, charcos y pozas	

Fuente: (Carrera y Fierro 2001,p. 20)

Realizado por: (Maza Eduardo 2022)

Para evaluar la calidad que presenta un cuerpo hídrico se debe tomar en consideración todos los posibles hábitats que están presentes en el área de estudio (Chacón 2017,p. 33).

2.3.8.5 Factores que controlan la distribución de macroinvertebrados

Arce y Leiva (2009,pp. 13-14) indican que los factores más importantes para la distribución de macroinvertebrados en los cuerpos de agua son:

- **Velocidad de corriente:** Cuando existe una corriente con alta velocidad se va a presentar una mayor variación de la fauna bentónica con respecto a ambientes lénticos, los sustratos pedregosos también influyen en este factor. Simultáneamente, la velocidad de una corriente influye sobre la diversidad de organismos indicadores, debido a que afecta en su distribución, refugios y abundancia de hábitats (Pozo y Elosegí 2009,pp. 133-138).
- **Tipo de sustrato:** Presenta una gran similitud al parámetro anterior, debido a que cuando se presenta un aumento en la velocidad de corriente, el sedimento que se encuentra en el fondo de un cuerpo hídrico tiende a presentar mayor granulometría, lo que produce el impedimento en la retención de nutrientes y sedimentos, provocando un déficit de especies.
- **Factores físico-químicos:** La fauna bentónica se ve afectada cuando estos factores presentan una alteración, lo que influye drásticamente en la riqueza taxonómica. Un claro ejemplo es el oxígeno disuelto, donde se evidencia que cuando sus niveles de saturación son bajos va a disminuir la riqueza taxonómica, afectando principalmente a los grupos con respiración branquial como plecópteros, tricópteros y efemerópteros (Moya 2006,pp. 5-6).
- **Factores bióticos:** Hace referencia a la disponibilidad de alimentos en un cuerpo hídrico y la competencia intra e inter específica entre organismos vivos.

2.3.8.6 Impactos que alteran la comunidad de macroinvertebrados

- **Contaminación del agua:** La contaminación de un sistema acuático es la integración de elementos totalmente extraños hacia el agua, mismos que pueden provenir de fuentes alóctonas, capaces de alterar las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua (Lozano 2019,p. 28). Las descargas de aguas residuales sin tratamiento también producen una contaminación de la calidad del agua, así como el uso de plaguicidas que afectan drásticamente los cuerpos hídricos produciendo afecciones a la salud de quienes la consumen (Cárdenas 2020,p. 100).
- **Eutrofización:** La eutrofización como proceso de origen antropogénico va deteriorando su calidad, añadiendo mayores cantidades de nutrientes que son elementos esenciales para el crecimiento de organismos, principalmente el nitrógeno (N), fósforo (P) y materia orgánica (MO); este proceso se enriquece de nutrientes beneficiosos para los sistemas acuáticos, pero limita el oxígeno (Moreno, Quintero y López 2017,p. 26). Además, este proceso es identificado como una de las principales causas del envejecimiento de los cuerpos hídricos

lénticos, produciendo el crecimiento de algas y plantas superiores, mismas que poseen un tiempo de vida corto lo que genera aguas de tipo hipóxicas o anóxicas, estos efectos de la eutrofización alteran al aprovechamiento de los recursos hídricos (García y Miranda 2018,p. 357).

- **Alteraciones morfológicas:** Es los cambios que presenta un río en su apariencia interna y externa donde encontramos la profundidad, caudal, ancho, flujos de agua, color, hábitats, etc. los cambios mencionados pueden ser producidos por construcción de represas, captación de caudales para riego, actividades de extracción minera, produciendo una disminución en la diversidad de macroinvertebrados (Chacón 2017,p. 39).
- **Especies invasoras:** Son las especies que provienen de un hábitat diferente ya sea por forma voluntaria o accidental, y tratan de sobrevivir y adaptarse en los hábitats acuáticos de una manera agresiva (Vargas 2011,p.4). Los ecosistemas terrestres y acuáticos se ven influenciados por las especies invasoras ya que estas producen el desplazamiento de las especies nativas (Aguilar 2006,p. 4).

2.3.8.7 *Métodos de recolección cualitativos de macroinvertebrados*

Según Medina y Andrade (2009,pp. 24-28), los métodos de recolección se dividen en:

- **Red de tipo D-net:** Es utilizada para realizar barridos en las orillas o en lugares complejos de muestrear, como las aguas profundas. Debido a la forma triangular que presenta, es de fácil adaptación en superficies irregulares. Véase en la ilustración 3-1 literal a (Universidad Nacional Mayor de San Marcos 2014,p. 39).
- **Red de mano o pantalla:** Funciona adecuadamente en aguas poco profundas, las cuales pueden estar estancadas o con corrientes. Se requiere de dos personas para el muestreo, donde una persona tiene que colocarse en contracorriente sujetando la red y realizando movimiento de izquierda a derecha, mientras que la otra persona debe colocarse en dirección a la corriente para remover el fondo con ayuda de los pies o las manos. Véase en la ilustración 3-1 literal b (Universidad Nacional Mayor de San Marcos 2014,p. 39).
- **Recolección manual:** Este método es diferente a los métodos anteriores, ya que consiste en levantar algunos materiales donde se encuentren los macroinvertebrados, estos pueden ser piedras, troncos, ramas, etc. Se debe realizar la captura de los organismos cuidadosamente, se puede ayudar con pinzas evitando dañar la estructura de los macroinvertebrados. (Universidad Nacional Mayor de San Marcos 2014,p. 39).

2.3.8.8 Métodos de recolección cuantitativos de macroinvertebrados

- **Red surber:** Este tipo de red presenta dos cuadros metálicos que la sujetan fuertemente, se la debe colocar en contracorriente, mientras se remueve el fondo del río con la mano, para que de esta manera el material que desprende quede atrapado en ella, posterior a esto se debe vaciarla en un recipiente con alcohol para su respectivo análisis. Muy empleada para una recolección cuantitativa, ubicándola en diferentes puntos del recurso que se está estudiando. Véase en la ilustración 3-1 literal c (Chacón 2017,p. 40).
- **Draga ekman:** Es útil para el muestreo de fondos blancos, presenta un montaje peculiar, ya que consta de dos estructuras que tienen forma de pala la cuales se cierran tras una plomada. Véase en la ilustración 3-1 literal d (Chacón 2017,p. 40).

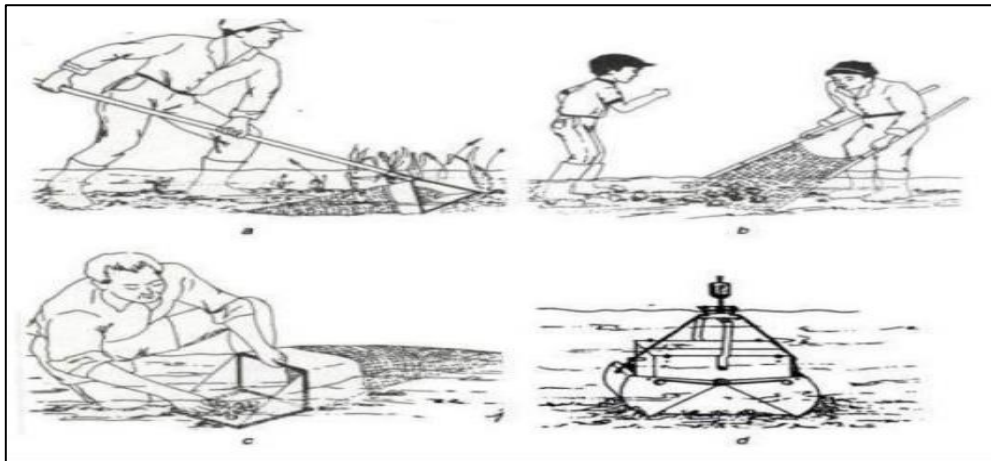


Figura 3-1: Métodos de recolección de macroinvertebrados a) Red D-net, b) Red de Pantalla, c) Red Surber, d) Red Draga Eckman

Fuente: (Medina y Andrade 2009,p. 36)

2.4 Bases legales

2.4.1 Constitución de la República del Ecuador

2.4.1.1 Título II: Derechos

Art.12. “El derecho 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. 13).

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*.” (Constitución de la República del Ecuador 2008,p. 14).

Art.71. “La naturaleza o Pacha Mama, donde se produce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructuras, funciones y procesos evolutivos.” (Constitución de la República del Ecuador 2008,p. 36).

2.4.1.2 Título VI: Régimen de desarrollo

Art. 276. Literal 4; “Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad del agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio cultural.” (Constitución de la República del Ecuador 2008,p. 136).

2.4.2 Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua

Capítulo I: Definición, Infraestructura, y clasificación de los recursos hídricos

Art.12. Protección, recuperación y conservación de fuentes. “El estado, los sistemas comunitarios, juntas de agua potable y juntas de riego, los consumidores y usuarios, son corresponsables en la protección, recuperación y conservación de las fuentes de agua y del manejo de los páramos, así como la participación en el uso y administración de las fuentes de agua que se hallen en sus tierras, sin perjuicio de las competencias generales de la Autoridad Única del

Agua de acuerdo con lo previsto en la Constitución y en esta Ley.” (Asamblea Nacional de la República del Ecuador 2014,p. 6).

Capítulo III: Derechos de la Naturaleza

Art.57. Definición. “El derecho humano al agua es el derecho de todas las personas a disponer de agua limpia, suficiente, saludable, aceptable, accesible y asequible para el uso personal y doméstico en cantidad, calidad, continuidad y cobertura.” (Asamblea Nacional de la República del Ecuador 2014,p. 18).

Art.64. Conservación del agua. “La naturaleza o Pacha Mama tiene derecho a la conservación de las aguas con sus propiedades como soporte esencial para todas las formas de vida.” (Asamblea Nacional de la República del Ecuador 2014,p. 19).

En la conservación del agua, la naturaleza tiene derecho a:

d) “La protección de las cuencas hidrográficas y los ecosistemas de toda contaminación.” (Asamblea Nacional de la República del Ecuador 2014,p. 19).

e) “La restauración y recuperación de los ecosistemas por efecto de los desequilibrios producidos por la contaminación de las aguas y la erosión de suelos.” (Asamblea Nacional de la República del Ecuador 2014,p. 19).

2.4.3 Código Orgánico Ambiental

Título II: De los Derechos, Deberes y Principios Ambientales

Art.5. “Derecho de la población a vivir en un ambiente sano. El derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado comprende.” (COA 2017,p. 12).

“Literal 4) La conservación, preservación y recuperación de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico.”

Art.6. “Derechos de la naturaleza. Son derechos de la naturaleza los reconocidos en la Constitución, los cuales abarcan el respeto integral de su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos de la naturaleza.” (COA 2017,p. 12).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque de investigación

El presente proyecto de investigación se desarrolló en base a un enfoque mixto por motivo de que se realizaron análisis cualitativos, donde se identificó las características que presentaron los macroinvertebrados bentónicos de acuerdo a su tipo de familia; y también se obtuvo un enfoque cuantitativo en función a los valores obtenidos en los análisis in situ y ex situ de los parámetros identificados en el ICA-NSF, a su vez, se obtuvo valores de acuerdo al nivel de tolerancia de los macroinvertebrados en la evaluación de la calidad del agua.

3.2 Nivel de investigación

El nivel que presenta la siguiente investigación es de tipo descriptiva debido a que se fundamenta en el hallazgo de los datos obtenidos en la evaluación de la calidad del agua por parámetros físico-químicos y microbiológicos en las diferentes estaciones de monitoreo del tramo seleccionado, para la ejecución del mismo se utilizó diferentes equipos y herramientas que permitieron la obtención de datos e información fidedigna sin manipular las variables.

3.3 Diseño de investigación

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

El diseño que presenta la investigación es no experimental por lo que se observaron y midieron las muestras en su estado natural sin la manipulación de las variables.

3.3.2 *Según las intervenciones en el trabajo de campo*

De acuerdo al trabajo de campo se evidenció un diseño transversal ya que el estudio fue en tres meses, donde se realizó un monitoreo por cada mes de estudio para evidenciar la variación que se presentó en los parámetros del ICA-NSF e índices biológicos.

3.4 Tipo de estudio

El tipo de estudio que presentó esta investigación fue documental y de campo, por motivo de que se empleó búsquedas bibliográficas sobre las técnicas y métodos de recolección que se empleó en el trabajo de campo para la toma de muestras de los tres puntos de monitoreo, además se investigó sobre el índice BMWP/Col para evaluar la calidad del agua por medio de macroinvertebrados.

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

Para realizar este trabajo de investigación se consideró un tramo del Río Miriumi, el cual comprende el sector barrio “La Cruz” y el sector comunidad “La Merced” ubicado en el cantón Sucúa de la provincia de Morona Santiago. Los ríos más importantes que atraviesan Sucúa son, el Upano y el Tutanangoza, el segundo río mencionado tiene como un afluente al río Miriumi el cual es el objeto de estudio (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Sucúa 2021,p. 1).

El barrio la Cruz y la comunidad la Merced son sectores muy importantes para Sucúa, los cuales presentan similitudes en las condiciones climáticas y comparten la misma fuente hídrica que es el río Miriumi, este río contribuye con sus aguas al río Tutanangoza, mismo que recorre por diversas áreas del cantón Sucúa.

El cantón Sucúa posee una superficie de 1.279, 22 km^2 y sus delimitaciones naturales son, al norte: Río Arapicos y Yawientza, al sur la confluencia del Río Tutanangoza y Upano, al este por elevaciones montañosas, al oeste con las estribaciones de la cordillera oriental de los Andes; y referente a las ciudades tenemos al norte la ciudad de Macas capital de la provincia y hacia el sur está el cantón Logroño (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Sucúa 2021,p. 2).

El muestreo que presenta el siguiente proyecto de investigación es un muestreo estadístico debido a que se seleccionó una muestra representativa de la población que en este caso fue el río Miriumi para trabajar los valores estimados de los parámetros del ICA-NSF a analizar.

En cada estación de monitoreo se obtuvieron 18 muestras simples, repartidas en 9 muestras para los análisis fisicoquímicos y 9 muestras para la correspondiente identificación de macroinvertebrados, es por ello que para el índice ICA-NSF se consideró como la población de estudio al total de agua recolectada y para el índice BMWP/Col se consideró al total de macroinvertebrados recolectados como la población de estudio (Rodríguez 2021,p. 33).

3.6 Metodología de trabajo

3.6.1 *Determinación de las estaciones de monitoreo*

Para establecer los puntos de monitoreo se realizó un recorrido del río Miriumi, analizando las condiciones en las que se encuentra el lugar, para así establecer los puntos a monitorear tomando en cuenta las características que presenta el lugar, el GPS marca Garmin Etrex 10 fue el equipo que permitió obtener los datos de las estaciones, obteniendo así un tramo aproximadamente de 2,04 km del tramo del río Miriumi, donde se determinó tres estaciones de monitoreo (Tabla 1-3), mismos que fueron elegidas por motivo de que presentaron características fundamentales que permitieron realizar la evaluación de la calidad del agua del río Miriumi, para georreferenciar los datos de las estaciones de monitoreo se empleó el software ArcGIS 10.8 en UTM WGS 84.

Para elegir las tres estaciones de monitoreo del río Miriumi se tomó en cuenta los siguientes criterios establecidos por (Barreto, Espinoza y Leyva 2010,p. 7). Los cuales son:

- **Identificación:** Se debe identificar correctamente el punto de monitoreo y reconocerlo fácilmente para identificar su ubicación exacta.
- **Accesibilidad:** El monitor debe considerar que el punto sea seguro y de fácil acceso para evitar accidentes en el momento que se realice el trabajo de campo.
- **Representatividad:** El tramo que se elija debe ser regular, de fácil acceso y uniforme evitando zonas de embalse o turbulencias que no son características en un cuerpo de agua, es importante tener una referencia para ubicar el punto de monitoreo.
- **Seguridad:** Es importante que dentro de los sitios de monitoreo el nivel de seguridad que debe tener el personal encargado sea muy tomado en cuenta, estableciendo medidas de seguridad para acceder al punto de monitor.

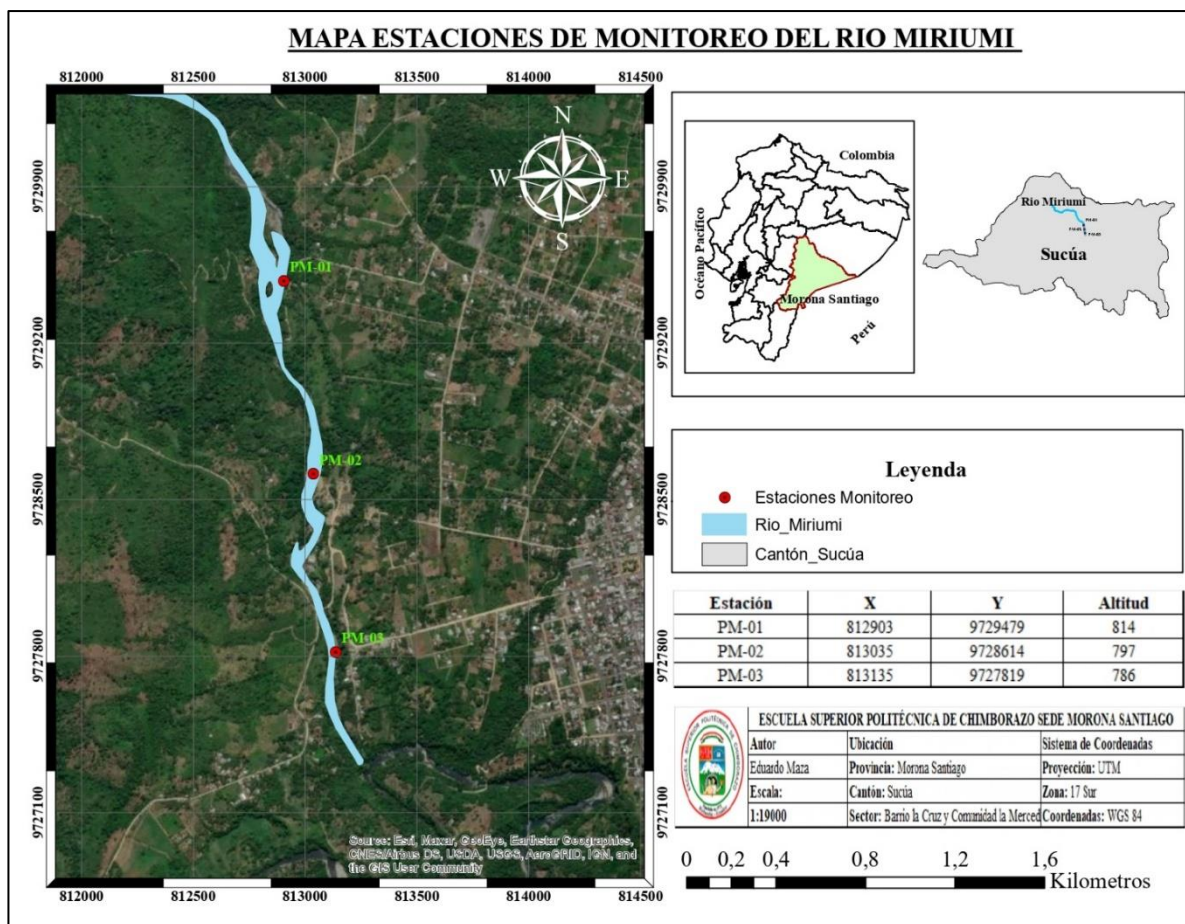


Gráfico 1-3: Ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo tramo sector barrio La Cruz-Comunidad La Merced

Realizado por: (Maza Eduardo 2022)

Tabla 1-3: Ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo

LOCALIZACIÓN		COORDENADAS UTM WGS 84		
Estación	Nombre	Longitud	Latitud	Altura m.s.n.m.
PM-01	Punto Miriumi uno	812903	9729479	814
PM-02	Punto Miriumi dos	813035	9728614	797
PM-03	Punto Miriumi tres	813135	9727819	786

Fuente: (Maza Eduardo 2022)

Realizado por: (Maza Eduardo 2022)

3.7 Métodos, técnicas e instrumentos de investigación

Se empleó el índice de calidad del agua ICA-NSF y el índice Biological Monitoring Working Party para Colombia (BMWP/Col), para la evaluación de la calidad del agua del río Miriumi, a lo largo de un tramo de aproximadamente de 2,04 km. El período de estudio corresponde a tres

meses del presente año, los cuales fueron abril, mayo y junio, en cada mes se tomaron muestras para emplearlas en el índice fisicoquímico (ICA-NSF) y para el índice BMWP/Col se recolectaron los macroinvertebrados insitu, es decir en el sitio de estudio, para luego trasladarlos al laboratorio y realizar su correcta identificación.

3.7.1 Fase I: trabajo por análisis fisicoquímicos y microbiológicos (ICA-NSF)

3.7.1.1 Materiales y equipos utilizados para el monitoreo del río Miriumi

En la **tabla 2-3** se detallan los equipos y materiales que se emplearon para la realización del monitoreo del río Miriumi, así como para la toma de muestras fisicoquímicas y microbiológicas.

Tabla 2-3: Materiales y equipos utilizados en el trabajo de campo

Material/Equipo	Descripción
Frascos de plástico estéril (100ml)	Usado para recolectar muestras microbiológicas en los tres puntos de monitoreo, es importante el uso de guantes
Envases de vidrio de 1L	Se empleó para la recolección de las muestras de agua en los puntos de monitoreo
Piseta con agua destilada (1L)	Se dispuso para lavar las sondas de los equipos de monitoreo
pH-metro APERA	Para medir el pH del agua, el cual es un parámetro in situ
Equipo multiparamétrico portátil APERA	Equipo empleado para la medición de parámetros in situ como la temperatura y el oxígeno disuelto.
Cooler	Ayudó para la conservación y transporte de las muestras hacia el laboratorio
Cámara digital	Se usó para las evidencias fotográficas
Etiquetas y marcador	Se utilizó para identificar las muestras de cada punto de monitoreo, colocando su fecha hora y lugar
Cuaderno de apuntes	Se dispuso para anotar los datos obtenidos de los diferentes parámetros medidos por el pH-metro y el equipo multiparamétrico

Fuente: (Maza Eduardo 2022)

Realizado por: (Maza Eduardo 2022)

3.7.1.2 Monitoreo y toma de muestras de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

La norma NTE INEN 2169: Agua: calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de las muestras; y la Norma NTE INEN 2176: Agua: calidad del agua. Muestreo y Técnicas de muestreo constituyeron la base para llevar a cabo adecuadamente el monitoreo en el río Miriumi. La toma de muestras del agua y macroinvertebrados del río Miriumi se llevó a cabo durante tres meses consecutivos abril, mayo y junio del presente año, en estos meses se presentó un clima cálido y lluvioso, la frecuencia con la que se efectuaron los monitoreos fue durante las primeras semanas de cada mes.

En la mañana se procedió a tomar las muestras para evaluar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, misma que tuvo un tiempo empleado de 1 hora y 30 minutos debido al desplazamiento a cada estación de monitoreo. En la **tabla 3-3** se puede observar la metodología empleada.

Tabla 3-3: Metodología para la toma de muestras fisicoquímicas y microbiológicas

Parámetro	Procedimiento	Tipo de envase
<ul style="list-style-type: none"> Nitratos Fosfatos Turbidez Sólidos totales Demanda Bioquímica de Oxígeno 	Para realizar la toma de muestras de los seis parámetros mencionados, primero se procedió a enjuagar los envases de 1lt tres veces con la misma agua del río, luego se introdujo el envase en dirección contra corriente del agua hasta que se llene completamente de forma que no exista aire sobre la muestra.	Envase plástico 1L
<ul style="list-style-type: none"> Coliformes fecales 	Es necesario el uso de guantes para evitar que la muestra que se vaya a tomar se contamine, una vez que se cuente con la protección adecuada se procede a introducir el envase en la columna de agua hasta que se llene, es importante que la muestra no se derrame por ese motivo es recomendable dejar un pequeño espacio de aire entre la muestra y la tapa para luego asegurarlo adecuadamente.	Envase de plástico de 100 ml esterilizado
<ul style="list-style-type: none"> pH 	Para la medición del pH se utilizó el pH-metro APERA PC 400S, mismo que fue introducido directamente en el punto de	

	monitoreo hasta que el equipo se estabilice, es importante evitar que la sonda del equipo choque con sustratos presentes en el río.
<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura 	Para la medición de este parámetro se puede utilizar cualquier tipo de termómetro estándar ya sea de vidrio líquido o electrónico, en este caso se introdujo la sonda del equipo eléctrico directamente sobre el cuerpo de agua.
<ul style="list-style-type: none"> • Oxígeno Disuelto 	Para realizar la medición de este parámetro se utilizó el equipo multiparamétrico portátil APERA, donde se introdujo la sonda del equipo directamente sobre el cuerpo de agua, la sonda presenta sensores de oxígeno basados en la luminiscencia que miden el oxígeno disuelto.

Fuente:(NTE INEN 2176 2013,pp. 6-10) (NTE INEN 2169 2013,p.6)

Realizado por: (Maza Eduardo 2022)

3.7.1.3 Manejo y conservación de muestras

La Norma NTE INEN 2169 fue utilizada como guía para realizar el adecuado manejo y conservación de las muestras recolectadas, al finalizar la recolección de las muestras se procedió a etiquetar las muestras para su fácil identificación, seguido de esto se colocaron las muestras en un cooler, con la finalidad de que las muestras no cambien su composición en el traslado hacia el laboratorio de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable, Alcantarillado, Faenamiento y Servicios Públicos de Sucúa donde se realizó su respectivo análisis (NTE INEN 2169 2013,pp. 6-7).

3.7.1.4 Materiales y equipos utilizados en el laboratorio

En la **tabla 4-3** se detalla los materiales y equipos que se emplearon en la fase del trabajo de laboratorio, para la medición de los parámetros del ICA-NSF.

Tabla 4-3: Materiales y equipos utilizados en la fase de laboratorio

Material/Equipo	Descripción
Equipo para coliformes fecales: <ul style="list-style-type: none"> • Alcohol • Frascos estériles • Pipetas • Tubos de ensayo • Peras 	

<ul style="list-style-type: none"> • Gradilla • Mecheros • Fluorocult • Incubadora MAMMERT 	El equipo detallado se empleó para determinar los coliformes totales que contiene cada estación de monitoreo.
<p>Medidor Digital Demanda Bioquímica de Oxígeno:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Agitador WTW • Botella ámbar • Medidor de DBO WRW • Balón de 432 ml (uberlaufkolben) • Bureta • Solución buffer pH • Nitrificante • Pastillas de sosa cáustica 	Equipo empleado para la medición de la demanda bioquímica de oxígeno presente en el agua.
<p>Equipo para determinar sólidos totales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vaso de precipitación • Agua destilada • Conductímetro SENSION 5 (HACH) 	Este equipo se usó para determinar la cantidad de sólidos totales presentes en cada muestra.
<p>Equipo para determinar la turbidez:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Turbidímetro 2100 Q (HACH) • Celda • Agua destilada • Vaso de precipitación 	Se dispuso para medir la turbidez
<p>Equipo para determinar los nitratos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Colorimeter DR/890 (HACH) • Vaso de precipitación • Celdas • Nitruver 5 (Hach) • Agua destilada 	Se utilizó para medir el parámetro nitrato
<p>Equipo para determinar los fosfatos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vaso de precipitación • Celdas • Phosver 3 (Hach) 	Se utilizó para medir el parámetro fosfato

<ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada • DR/890 Colorimeter (HACH) 	
---	--

Fuente: (Maza Eduardo 2022)

Realizado por: (Maza Eduardo 2022)

Es muy importante que, para el desarrollo de los análisis fisicoquímicos, microbiológicos se lleven a cabo tomando todas las medidas de bioseguridad, por esa razón se empleó el uso de mascarilla, guantes y mandil.

3.7.1.5 Análisis de los parámetros físico químicos y microbiológicos

La Empresa Pública Municipal de Agua Potable, Alcantarillado, Faenamiento y Servicios Públicos de Sucúa facilitó el laboratorio para la realización de los correspondientes análisis, en la siguiente **tabla 5-3**, se describen los parámetros y procedimientos que se emplearon.

Tabla 5-3: Análisis de parámetros físicos químicos y microbiológicos, fase laboratorio

Parámetro	Método	Procedimiento
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5)	Oxítóp	Para realizar la medición de la (DBO_5), se procedió a medir 432 ml de la muestra de agua en un balón aforado para luego pasar la muestra a una botella ámbar, seguido de esto se colocó 5ml de una solución buffer pH que contiene magnesio, hierro, glucosa, también se colocó tres gotas de nitrificante y finalmente se puso el caucho y dos pastillas de sosa cáustica, se cerró y enceró la botella para ubicarla en el sistema de agitación inductiva, donde permaneció 5 días, después de los 5 días transcurridos se anotó el valor registrado en la lectura con el 80% del oxígeno consumido.
Sólidos disueltos totales	Conductimétrico	-Se introdujo 30 ml de agua destilada en un vaso de precipitación y se procedió a la calibración del equipo mediante la lectura del mismo en el cual marque 0 (pocos segundos). -Seguidamente se introdujo 100 ml de muestra en un vaso de precipitación, se agitó y se esperó hasta que la lectura marque (pocos segundos).

		-Se utilizó un conductímetro de lectura digital y la medida directa de la conductividad TDS de la muestra apareció en la pantalla.
Nitratos	Reducción de cadmio	-Primero se llenó la celda con 10 ml de muestra (blanco) y otros 10 ml en otra celda (lectura). -Seguido de esto se utilizó el reactivo NitraVer 5 en la celda para la lectura y se dejó reposar por 5 minutos. -Luego se preparó el equipo con su código de lectura y se calibró con la celda de 10 ml de muestra (blanco). -Finalmente se realizó la lectura introduciendo la celda de 10 ml de muestra en reacción con el NitraVer 5 en el equipo.
Fosfatos	PhosVer 3	La medición de este parámetro es igual al procedimiento de los nitratos, donde se llenó la celda de 10 ml con agua destilada que sirvió como blanco, luego en otra celda se colocó 10 ml de la muestra más el reactivo PhosVer 3, primero se colocó el blanco en el equipo y luego la muestra con el reactivo y se procedió a medir y a anotar el resultado.
Turbidez	Nefelométrico	-Se acondicionó la muestra a temperatura ambiente antes de su análisis. -Se encendió el turbidímetro y se dejó que se estabilice de acuerdo al manual de operación del equipo. -Se enjuagó la celda dos veces con muestra para evitar errores por dilución. -Se reemplazó la celda con la disolución patrón por la celda que contiene la muestra para analizar y cerró el comportamiento de la celda para su lectura.
Coliformes fecales	Tubos múltiples INDOL	-Disolución de Fluorocult: Se disolvió 34g de Fluorocult en 500 ml de agua destilada y se llevó

		<p>a la estufa a 120°C, la cual fue utilizada como cultivo.</p> <p>-Se lavó los instrumentos de laboratorio necesarios para la determinación de este parámetro para posteriormente esterilizarlos a 120°C por una hora.</p> <p>-Para la siembra de coliformes se colocó 5 ml de caldo de cultivo Fluorocult a 10 tubos (50 ml para 10 tubos)</p> <p>-Luego se colocó 10 ml de muestra de agua a 10 tubos (100 ml para 10 tubos) que previamente contenían el caldo de cultivo y se cerró con su correspondiente tapa.</p> <p>-Finalmente se colocó los tubos con la siembra de coliformes en la incubadora a 35°C por 24 horas.</p> <p>-Para la confirmación de tubos positivos con coliformes fecales se añadió 3 gotas de reactivo Kovac's a los tubos que presentaron un cambio en su color de amarillo a azul turquesa que posteriormente presentó un anillo de color violeta en su parte superior.</p> <p>-Para el análisis de 10 tubos con 10 ml de muestra se interpretaron los resultados de acuerdo a la tabla del anexo J, la cual muestra estadísticamente los valores con un nivel de confianza del 95 %.</p>
--	--	---

Fuente: (American Public Health Association y American Water Works Association y Federation 2013, pp. 15-150)(Hach Company 2000, pp. 134-149)

Realizado por: (Maza Eduardo 2022)

1.1.1.1. Índice de calidad del agua ICA-NSF

Se puede entender a la valoración de la calidad del agua como la evaluación de su naturaleza química, física y biológica teniendo en cuenta su calidad natural, los usos y las actividades antropogénicas, este índice utiliza 9 parámetros para ser de mejor entendimiento entre los técnicos y la población, es por ello que de este índice se obtiene un único valor que indica la calidad que

presenta un recurso hídrico, haciéndolo popular en investigaciones de calidad del agua. (Torres, Cruz y Patiño 2009,p. 4)

Tabla 6-3: Parámetros, Unidades y Pesos del ICA-NSF

Parámetro	Unidades	Pesos
Coliformes fecales	NMP/100 ml	0,16
pH	Unidades de pH	0,11
Oxígeno Disuelto	% saturación	0,17
<i>DBO</i> ₅	mg/L	0,11
Nitratos	mg/L	0,10
Fosfatos	Mg/L	0,10
Temperatura	°C	0,10
Sólidos totales	Mg/L	0,07
Turbidez	NTU	0,08

Fuente:(Castro et al. 2014,p. 5)

Realizado por: (Maza Eduardo 2022)

3.7.1.6 Cálculo de la calidad del agua ICA-NSF

Los datos que se obtuvieron en los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras de agua, se colocaron en el software IQAData para así evaluar la calidad del agua del río Miriumi en base a la siguiente **tabla 7-3**.

Tabla 7-3: Rangos de calidad de agua según el índice WQI de la NSF

Denotación	Rango	Color
Excelente	91-100	
Buena	71-90	
Media	51-70	
Mala	26-50	
Muy Mala	0-25	

Fuente: (Limón y Webb 1964,p. 3)

Realizado por: (Maza Eduardo 2022)

3.7.2 Fase II: trabajo por bioindicadores bentónicos (BMWP/Col)

3.7.2.1 Materiales y equipos utilizados para la recolección e identificación de los macroinvertebrados del río Miriumi

En la **tabla 8-3** se detallan los equipos y materiales que se emplearon para la recolección e identificación de los macroinvertebrados bentónicos presentes en el río Miriumi.

Tabla 8-3: Materiales y equipos utilizados en el trabajo de campo

Material/Equipo	Descripción
Envase de plástico totalmente estéril	Se usó para el almacenamiento de los macroinvertebrados recolectados, el envase debe estar con alcohol para preservar los organismos
Red D-net	Empleada para la recolección de macroinvertebrados en aguas profundas, presenta un mango de 80 cm de longitud y una estructura de 16 cm
Red Surber	Usada para una recolección cuantitativa de los macroinvertebrados
Red de pantalla	Se usó para la recolección de macroinvertebrados en aguas poco profundas
Bandeja plástica de recolección	Empleada para la separación de macroinvertebrados, estas bandejas presentan una altura de 2,6 cm y tiene 6 divisiones
Pinzas entomológicas	Sirvió para atrapar cuidadosamente a los macroinvertebrados y separarlos del material vegetal
Cooler	Se utilizó para almacenar y conservar las muestras hasta transportar las muestras al laboratorio
Etiquetas de muestras y marcador	Se utilizó para colocar una identificación en las muestras en base a cada punto, colocando su fecha, hora y lugar
Estereomicroscopio MOTIC	Se usó en la identificación taxonómica de los macroinvertebrados

Cámara digital	Se empleó para las evidencias fotográficas
----------------	--

Fuente: (Maza Eduardo 2022)

Realizado por: (Maza Eduardo 2022)

3.7.2.2 *Monitoreo y toma de muestras de macroinvertebrados*

El tiempo empleado para el desarrollo del monitoreo y recolección de macroinvertebrados fue de 40 minutos en cada una de las tres estaciones establecidas para obtener una muestra representativa que nos permita evaluar la calidad del agua, es muy importante tomar en cuenta la profundidad que tiene el río y la velocidad de las corrientes, por ello se utilizó un manual que indica la manera correcta de realizar el monitoreo de macroinvertebrados, este manual fue escrito por (Carrera y Fierro 2001,p. 26).

3.7.2.3 *Recolección de muestras de macroinvertebrados*

En la recolección de macroinvertebrados bentónicos se utilizó tres tipos de red, como la red Surber que es empleada para una recolección cuantitativa (Chacón 2017,p. 40); la red de pantalla que funciona correctamente en aguas poco profundas mismas que pueden estar estancadas o en corrientes (Universidad Nacional Mayor de San Marcos 2014,p. 39); y la red D-net que es muy fundamental para la recolección en orillas o en lugares complejos de muestrear (Universidad Nacional Mayor de San Marcos 2014,p.39). Tercedor et al. (2005,p. 152) menciona que existe un método para la recolección de los individuos el cual se denomina Kick Sampling, o mayormente conocido como muestreo de patadas, mismo que consiste en remover los sustratos y sedimentos almacenados en el fondo del río con ayuda de los pies y las manos. Además, este procedimiento se emplea con la finalidad de abarcar un área representativa del lugar de muestreo 10 m a lo largo de ambas orillas (Universidad Nacional Mayor de San Marcos 2014,p. 20).

3.7.2.4 *Limpieza, conservación y etiquetado de muestras de macroinvertebrados*

Luego que se realizó la recolección de los individuos acuáticos en cada estación de monitoreo se depositó todo el material presente en la red en una bandeja blanca de plástico, esta debe contener un poco de agua para realizar la separación de los sedimentos más grandes con ayuda de las manos, se analizó cuidadosamente que los macroinvertebrados no se desaparezcan en la separación de estos sedimentos, esta actividad ayuda a que la red no se rompa por la acumulación de los sedimentos y evita que los macroinvertebrados salgan por los agujeros (Tercedor et al. 2005,p. 24). Con ayuda de pinzas entomológicas se procedió a separar el material recolectado y a atrapar a los macroinvertebrados presentes en el material orgánico recolectado (troncos, vegetación sumergida, rocas, hojarasca, rocas). Los macroinvertebrados recolectados se los colocó en un frasco con alcohol al 70% para que la muestra se conserve. Para finalizar la

recolección se realizó el etiquetado correspondiente en cada muestra obtenida de las estaciones de monitoreo y estas muestras etiquetadas se almacenaron en un cooler para que se mantengan en temperatura ambiente hasta llegar al laboratorio donde se realizó la identificación taxonómica (Tercedor et al. 2005,p. 26).

3.7.2.5 Identificación de los macroinvertebrados

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Morona Santiago facilitó el laboratorio en donde se llevó a cabo la correspondiente identificación taxonómica de los macroinvertebrados recolectados en los puntos de monitoreo, esto gracias a la ayuda del estereomicroscopio MOTIC, los macroinvertebrados recolectados se colocaron en una caja Petri para determinar las características similares que presentaron los macroinvertebrados, las claves taxonómicas presentes en las guías de identificación taxonómica que se utilizaron para saber la familia a la que corresponde cada individuo fueron de los autores (González et al. 2019,pp. 21-153) (Gutiérrez, Alonso y Ramírez 2016,pp. 2-3) (Oscos 2009,pp. 11-121) y (Pérez et al. 2016,pp. 30-150). Es muy importante que la identificación de los macroinvertebrados en el laboratorio se lleve a cabo tomando en cuenta las medidas de bioseguridad, es por ello que se empleó el uso de mandil, guantes y mascarilla.

3.7.2.6 Cálculo del Índice Biological Monitoring Working Party para Colombia (BMWP/Col)

Este índice se basa en la sensibilidad que tienen las familias de macroinvertebrados en presencia de contaminantes, se clasifican en 10 niveles mismas que cuentan con valores que interactúan entre 1 a 10, en donde se puede distinguir que las familias intolerantes a la pérdida de la calidad del agua tienen los máximos valores, mientras que las familias que presentan cierta tolerancia, presentan valores bajos (Chacón 2017,p. 52). Véase la **tabla 9-3**.

Tabla 9-3: Puntajes de las familias de macroinvertebrados para el índice BMWP/Col.

FAMILIAS	PUNTAJES
<i>Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hydridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae</i>	10
<i>Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydraenidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Polymitarcyidae, Xiphocentronidae</i>	9

<i>Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae, Corduliidae</i>	8
<i>Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyaellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae</i>	7
<i>Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limmichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae, Gammaridae</i>	6
<i>Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae, Dugesidae</i>	5
<i>Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolichopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydrometridae, Noteridae, Limoniidae</i>	4
<i>Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae, Bithyniidae</i>	3
<i>Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae</i>	2
<i>Tubificidae, Oligochaeta</i>	1

Fuente: (Roldán 2003,p. 31)

Realizado por: (Maza Eduardo 2022)

Para el cálculo del índice se elaboró una matriz en donde se colocó las familias de macroinvertebrados encontradas y el nivel correspondiente de tolerancia que representan, este proceso se utilizó para cada estación de monitoreo. (Roldán 2003,p. 31). Finalmente se empleó la siguiente ecuación para realizar la sumatoria de los valores de tolerancia:

$$BMWP/Col = T_1 + T_2 + T_3 + \dots T_n \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

T= nivel de tolerancia de cada familia

1,2,3...2= familias

Con la tabla **10-3**, se comparan los resultados obtenidos, la tabla mencionada indica las cinco clases de calidad de agua que resultan al sumar la puntuación total de los niveles de tolerancia de las familias recolectadas. El valor final representa al índice BMWP/Col y nos permite determinar la calidad del agua (Roldán 2003,p. 31).

Tabla 10-3: Rangos de calidad de agua según el índice BMWP/Col

CLASE	CALIDAD	BMWP/Col	SIGNIFICADO	COLOR
I	Bueno	>150, 101-120	Aguas muy limpias a limpias	Azul
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	Dudoso	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Crítico	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy crítica	<15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: (Roldán 2003,p. 32)

Realizado por: (Maza Eduardo 2022)

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Descripción de las estaciones de monitoreo

PM-01. El primer punto de monitoreo está ubicado en el sector barrio “La Cruz” del cantón Sucúa, se tomó este punto debido a la ubicación en la que se encuentra ya que presenta una excelente vegetación y una velocidad y profundidad considerable del río siendo estas las condiciones óptimas para que se desarrolle gran cantidad de fauna bentónica; esta estación se caracteriza principalmente por presentar fincas y viviendas aledañas al mismo, donde las personas utilizan este río para uso recreativo, para el regadío de cultivos, abrevaderos de animales, lavanderías y como camino para desplazarse al pueblo central lo que produce una alteración en la calidad de sus aguas.



Figura 1-4: Estación de monitoreo del río Miriumi PM-01

Fuente: (Maza Eduardo 2022)

PM-02. El segundo punto de monitoreo se encuentra ubicado en el Recinto Ferial Miriumi mismo que fue utilizado para realizar las ferias agrícolas-ganaderas de las fiestas del cantón Sucúa, esta estación presenta dos entradas una por el barrio “El Paraíso” y otra por el barrio “El Progreso”, en este punto se evidenció que los moradores aledaños utilizan este recurso hídrico para realizar sus funciones básicas, y para desarrollar actividades como la agricultura, ganadería y crianza de animales, además, la estación de monitoreo recibe gran cantidad de moradores del cantón Sucúa, mismos que lo utilizan como balneario, recreación turística, lavanderías, actividades que a largo plazo producen pérdida de la vegetación y fauna bentónica.



Figura 2-4: Estación de monitoreo del río Miriumi PM-02

Fuente: (Maza Eduardo 2022)

PM-03. La última estación de monitoreo está ubicada en el puente para el ingreso de la comunidad “La Merced”, en esta estación se puede evidenciar que existe la descarga del efluente de la planta de tratamientos de aguas residuales provenientes del barrio “La Cruz” muy ideal para verificar si esta planta produce o no alteraciones en la calidad del agua, además, este punto presenta aguas rápidas y profundas por tal motivo se da frecuentemente la visita de los habitantes del cantón Sucúa para realizar actividades recreativas, metros más arriba existe la presencia de cabañas destinadas a la misma actividad, debido a la gran cantidad de vegetación ribereña se estima que existirá diversa fauna bentónica.



Figura 3-4: Estación de Monitoreo del río Miriumi PM-03

Fuente: (Maza Eduardo 2022)

4.2 Resultados de los análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del río Miriumi

Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos juegan un papel muy importante en la evaluación del estado natural de un río, debido a que brindan información sobre sus propiedades y el estado en el que se encuentra.

Para evaluar la calidad del agua del río Miriumi se realizó un análisis de 9 muestras distribuidas en tres estaciones de monitoreo, en los meses de abril, mayo y junio del año 2022, los valores que se obtuvieron en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se ingresaron en el software IQA-DATA para obtener un valor general que nos indicó la calidad del agua que presentó cada estación de monitoreo del tramo seleccionado.

La variabilidad que presentó el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en cada una de las estaciones de monitoreo fue analizada en base a los criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre de aguas dulces registrados en la Tabla 2, así como a los criterio de calidad de aguas para riego agrícola de la Tabla 3 y los límites de descarga a un cuerpo de agua registrados en la Tabla 9, estas tablas pertenecen al Acuerdo Ministerial 097-A del Texto Unificado de Legislación Secundaria (MAE 2015,p. 14). Además, se tomó en consideración el índice de calidad del agua National Sanitation Fundations, donde se presentan 9 parámetros que se detallan a continuación:

- Cambio de la temperatura (ΔT)

La temperatura es un parámetro que presenta variaciones constantes, es por ello que en el gráfico **1-4** se evidencia esta variación que se logró registrar en las tres estaciones de monitoreo durante los tres meses de estudio, en la gráfica se puede observar que el valor más alto de la temperatura es de 25,1°C perteneciente a la estación PM-03 del mes de mayo, y por otro lado el valor de la temperatura más bajo fue de 20°C, registrado en el mes de abril del monitoreo a la estación PM-02. El clima de la zona, la profundidad del río Miriumi, la nubosidad y la velocidad de circulación del aire son factores que influyen en la variación de este parámetro, es por ello que los valores de la temperatura registrados en los tres meses de estudio presentan una variación notoria.

La temperatura se caracteriza por la transferencia de calor y energía, razón por la cual influirá en la cantidad de oxígeno que se encuentra presente en un cuerpo hídrico debido a que cuando se tiene mayor temperatura se acelera la remoción de materia orgánica y el proceso fotosintético. (Ecofluidos Ingenieros S.A 2012,p. 58).

Las temperaturas altas en los puntos de monitoreo provienen por las diferentes descargas térmicas, en este caso influyen las descargas de aguas residuales sin tratamiento o provenientes de una planta de tratamiento (Cordero, Franco y Hernández 2005,p. 77).

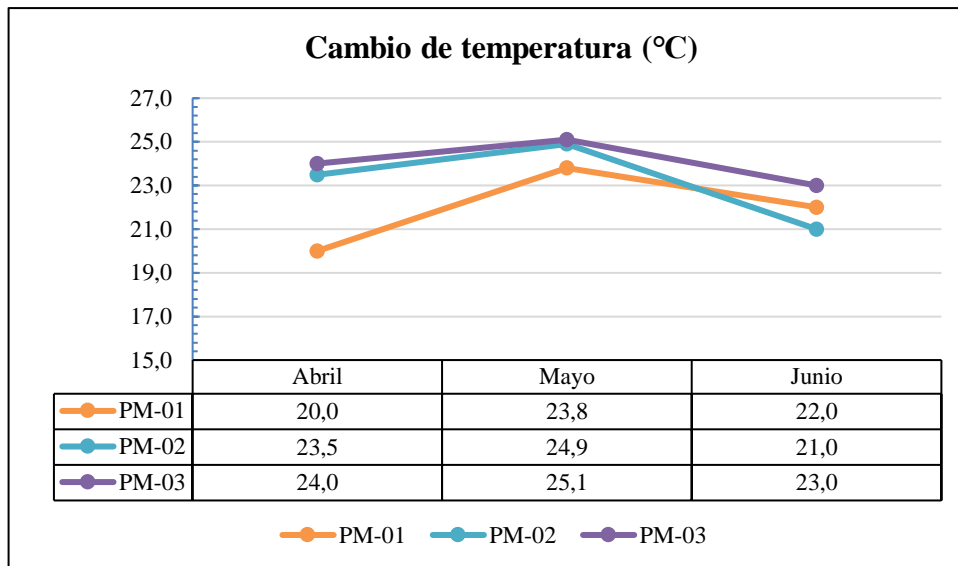


Gráfico 1-4: Variación del cambio de temperatura del río Miriumi

Realizado por: (Maza Eduardo 2022)

- Potencial de hidrógeno (pH)

En base al **gráfico 2-4** podemos evidenciar que los valores del parámetro pH registrados en las estaciones de monitoreo PM-01, PM-02 y PM-03, generan una variación mínima ya que el valor de la estación PM-01 del mes de abril fue de 6,74 categorizándolo como el valor más bajo, y por otro lado tenemos un valor de 8,16 que es la más alta, registrada en la estación PM-02 en el mes de junio. Según Carrillo y Urgilés (2016,p. 94), estos cambios se deben a la época de transición y a la variabilidad del régimen de lluvia.

Además, estudios realizados sobre la calidad del agua estiman que los valores del pH pueden variar entre 6,0 a 8,5 por motivo de la influencia de los procesos biológicos y químicos que se desarrollan en el interior de las fuentes hídricas, los valores que se obtienen pueden ser inferiores o superiores al rango mencionado y llegan a producir limitaciones en el desarrollo fisiológico de los organismos acuáticos; pero en este estudio los valores del pH que se obtuvieron en las tres estaciones de monitoreo se encuentran dentro del rango establecido (Cordero, Franco y Hernández 2005,p. 81).

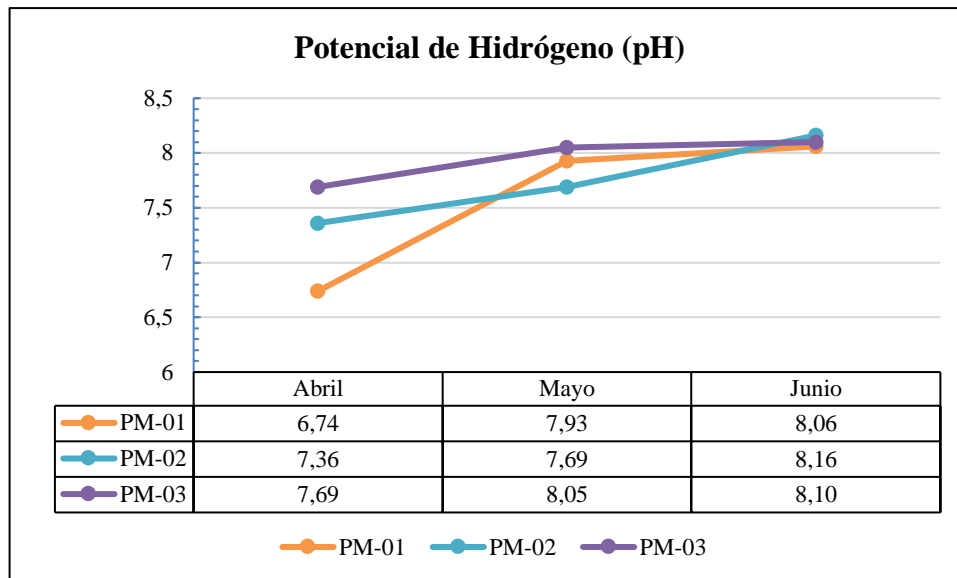


Gráfico 2-4: Variación del potencial de hidrógeno

Realizado por: (Maza Eduardo 2022)

- Oxígeno disuelto (O.D)

De acuerdo a los monitoreos realizados en los meses de abril, mayo y junio del año 2022 se logró obtener valores del parámetro de oxígeno disuelto para crear el **gráfico 3-4**, en donde se puede observar que la estación de monitoreo PM-03 del mes de mayo presenta un valor de 6,7 mg/L categorizándolo como el valor más bajo de oxígeno disuelto en el monitoreo general, pero este valor al ser comparado con los límites permisibles indica que se tiene una condición **ACEPTABLE**, por motivo de que el valor no es menor a 5 mg/L, por otro lado el valor registrado más alto se encuentra en la estación PM-01 en el mes de junio con un valor de 8,0 mg/L, y en comparación con los rangos de aceptación se obtuvo una condición buena, esto quiere decir que este punto es muy adecuado para que se desarrolle la vida de la mayoría de los organismos acuáticos, debido a esto se encontraron peces en los monitoreos.

Los factores que alteran drásticamente al desarrollo de la vida acuática son la pérdida de oxígeno disuelto que se da por la presencia de procesos contaminantes donde tenemos las descargas de los desechos orgánicos e inorgánicos, y factores como el florecimiento algal, la temperatura, desechos de animales y desechos de humanos (Sierra 2011,p. 259).

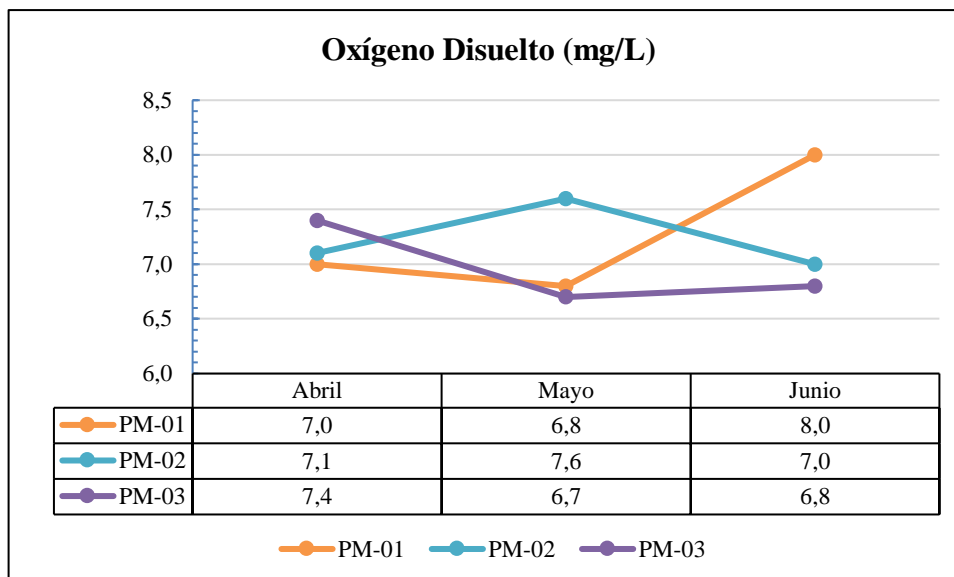


Gráfico 3-4: Variación del oxígeno disuelto presente en el río Miriumi

Realizado por: (Maza Eduardo 2022)

- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

En base al **gráfico 4-4** podemos evidenciar que los valores registrados del parámetro DBO₅ de los monitoreos realizados en las tres estaciones del río Miriumi durante los meses de abril, mayo y junio, indican que existe una variación notoria en comparación entre cada estación, siendo la estación PM-01 con un valor de 2,10 mg/L categorizado como el dato más bajo, este valor fue registrado en el mes de abril, mientras que, por otro lado, la estación de monitoreo PM-02 registró el valor más alto que fue de 10,10 mg/L, dichos valores al ser comparados con los límites permisibles del Acuerdo Ministerial 097-A pertenecientes a la tabla 2 que indican los criterios de calidad admisibles para preservar la vida acuática y silvestre en aguas dulces, nos revelan que cumple con el límite establecido, el cual es de 20 mg/L (MAE 2015,p. 14).

Las concentraciones que se obtiene de la demanda bioquímica de oxígeno son una medida de la concentración de la materia orgánica e inorgánica degradable, este parámetro se encuentra muy relacionado con el oxígeno disuelto, de tal manera que cuando se registran valores bajos de DBO₅ los niveles de oxígeno disuelto serán bajos por motivo de que las bacterias consumen el oxígeno presente en gran proporción, cuando los organismos acuáticos tienen menor grado de supervivencia, se estima que se debe a que la cantidad de oxígeno en el agua es baja (Sánchez et al. 2007,p. 125).

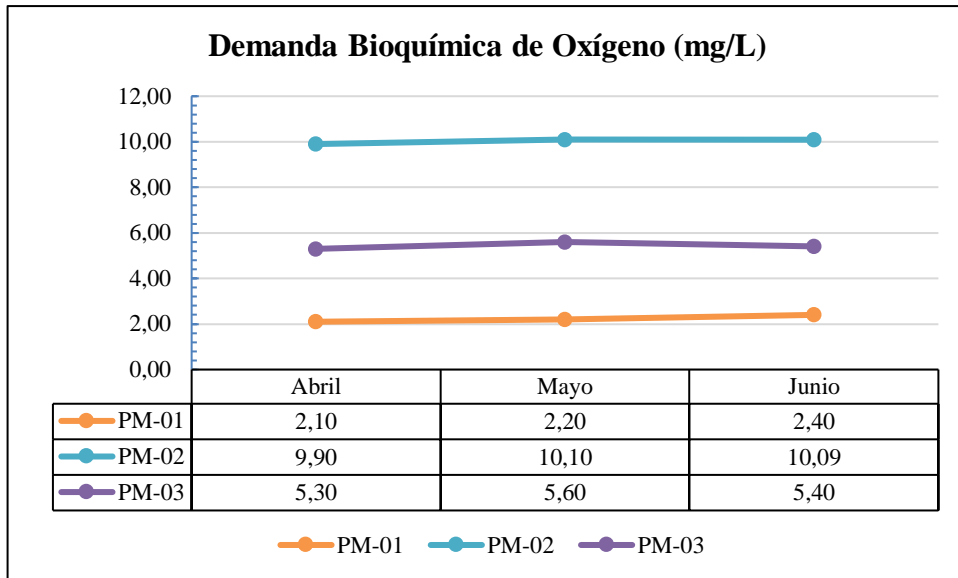


Gráfico 4-4: Variación de la DBO₅ del río Miriumi

Realizado por: (Maza Eduardo 2022)

- Sólidos disueltos totales (TDS)

Con ayuda de los valores registrados en el **gráfico 5-4** podemos analizar la variación de los TDS que fueron tomados en las estaciones PM-01, PM-02 y PM-03, de acuerdo al gráfico se observa una variación mínima en la estación PM-01 ya que cuenta con valores que van de 77,9 mg/L a 89,8 mg/L, la estación PM-02 también presenta esta variación mínima por lo que presenta valores que va de 80,8 mg/L a 89,2 mg/L, sin embargo el dato más alto fue de 143,2 mg/L obtenido en la estación PM-03 en el mes de abril, se estima que este aumento se debe a la cantidad de lluvias que se presentó en ese mes generando un aumento del caudal y junto a esto el arrastre de sedimentos, o a su vez por la descomposición de la materia orgánica del agua y aporte de las aguas subterráneas (Arroyo y Encalada 2009,p. 13). Por otro lado, la estación PM-03 presenta el valor más bajo de TDS que fue de 77,8 mg/L registrado en el mes de junio, se estima que el agua tiene un proceso de autodepuración por ese motivo existe la disminución de los sólidos disueltos en el agua (Londoño, Giraldo y Gutiérrez 2010,p. 44).

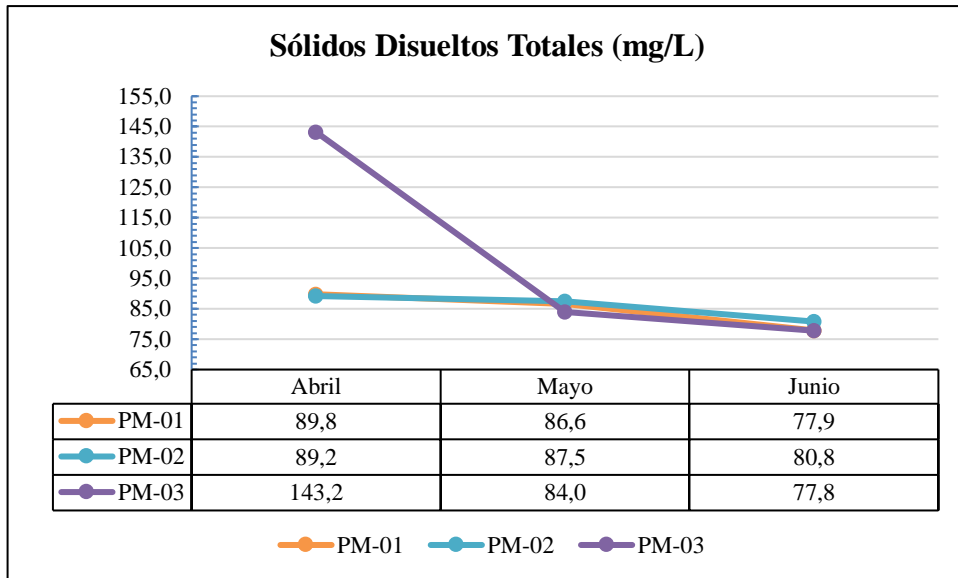


Gráfico 5-4: Variación de los TDS del río Miriumi

Realizado por: (Maza Eduardo 2022)

- Turbidez

Con base al **gráfico 6-4** se puede visualizar la variación que presentó el parámetro de la turbidez en los tres puntos de monitoreo que se realizaron en los tres meses de estudio, donde se observa que la estación PM-02 presenta el dato más bajo que es de 21,1 NTU, mientras que la estación PM-01 presenta el dato más alto que es de 67,1 NTU, se estima que las concentraciones altas de turbidez produce la pérdida de hábitats acuáticos, ya que se cuenta con una gran cantidad de partículas suspendidas, las cuales atraen la luz solar y por ende el agua incrementa su temperatura produciendo que la concentración de oxígeno del agua disminuya (León 2014,p. 79).

Los límites permisibles de la turbidez presentados en la tabla 2 del Acuerdo Ministerial 097-A varían entre 0 y 50 NTU, es por ello que se estima que los valores registrados en las estaciones PM-01 y PM-02 pertenecientes al monitoreo del mes de mayo no cumplen con los criterios de calidad establecidos (MAE 2015,p. 13).

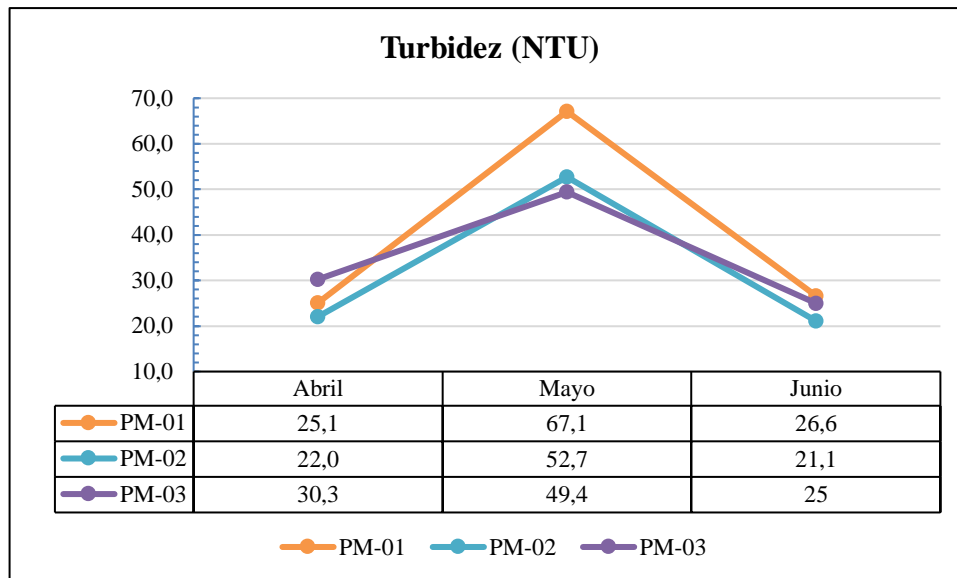


Gráfico 6-4: Variación de la turbidez del río Miriumi

Realizado por: (Maza Eduardo 2022)

- Nitratos

La variabilidad de los resultados del parámetro de nitratos se ilustra en el **gráfico 7-4** referente al estudio que se realizó en los meses de abril, mayo y junio de cada estación de monitoreo, donde se muestra que el valor más bajo se registró en el mes de abril y mayo en la estación PM-03 con una concentración de 0,0 mg/L, mientras que en el mes de junio en las estaciones PM-01 y PM-03 se dio un incremento de 0,4 mg/L por motivo de las concurrentes precipitaciones que se dio en mencionado mes, lo que causo el esparcimiento de sedimentos, nutrientes y residuos orgánicos (Samaniego 2019,p. 29).

Los nitratos pueden llegar a tener elevadas concentraciones cuando se tiene el escurrimiento de tierras ganaderas, agrícolas, presencia de detergentes y descargas de aguas residuales, el oxígeno se ve afectado por las reacciones que produce el NO₃ en el agua (León 2014,p. 81). El límite permisible de los nitratos expuesto en la tabla 2 donde se menciona los criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces es de 13 mg/L, por ende, los resultados del monitoreo general no sobrepasan el límite establecido (MAE 2015,p. 14).

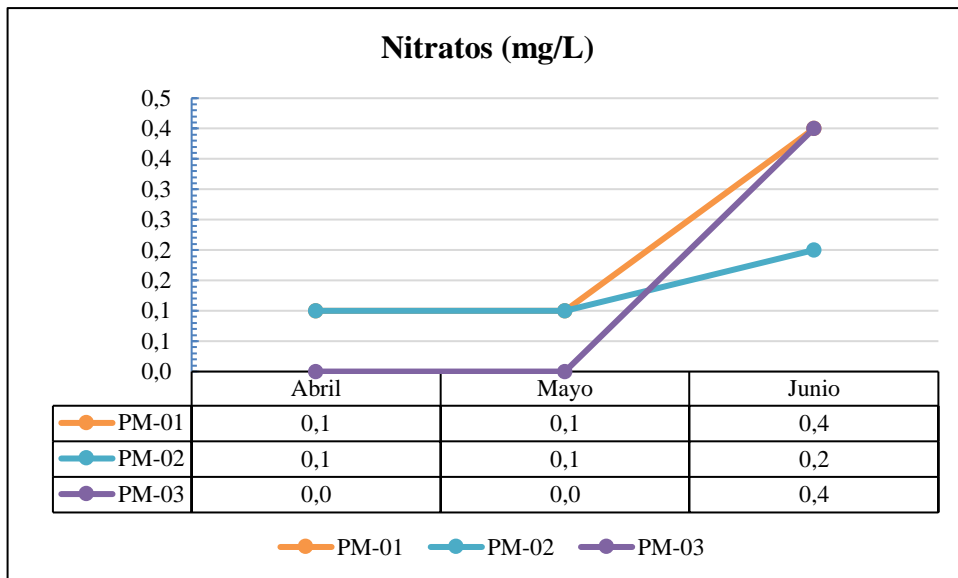


Gráfico 7-4: Variación de la concentración de nitratos del río Miriumi

Realizado por: (Maza Eduardo 2022)

- Fosfatos

En el **gráfico 8-4** se puede observar los resultados obtenidos en los meses de abril, mayo y junio del presente año del parámetro fosfatos, las estaciones PM-01 y PM-02 son las que presentaron los valores más bajos del monitoreo, ya que se registró una concentración de 0,3 mg/L pertenecientes al monitoreo del mes de abril, y en el mes de mayo en la estación PM-01 con una concentración de 0,3 mg/L. Por otra parte, en el mes de mayo en la estación PM-03 se obtuvo una concentración de 0,12 mg/L y en el mes de junio en la estación PM-02 se obtuvo un valor de 0,10 mg/L, siendo estos los valores más altos del estudio.

El incremento de la concentración de los fosfatos se debe al uso de fertilizantes en cultivos agrícolas, actividades ganaderas que se dan en el tramo de estudio y el uso de detergentes domésticos que por escorrentía llegan al río Miriumi (Mendoza y Rodríguez 2019,p. 40).

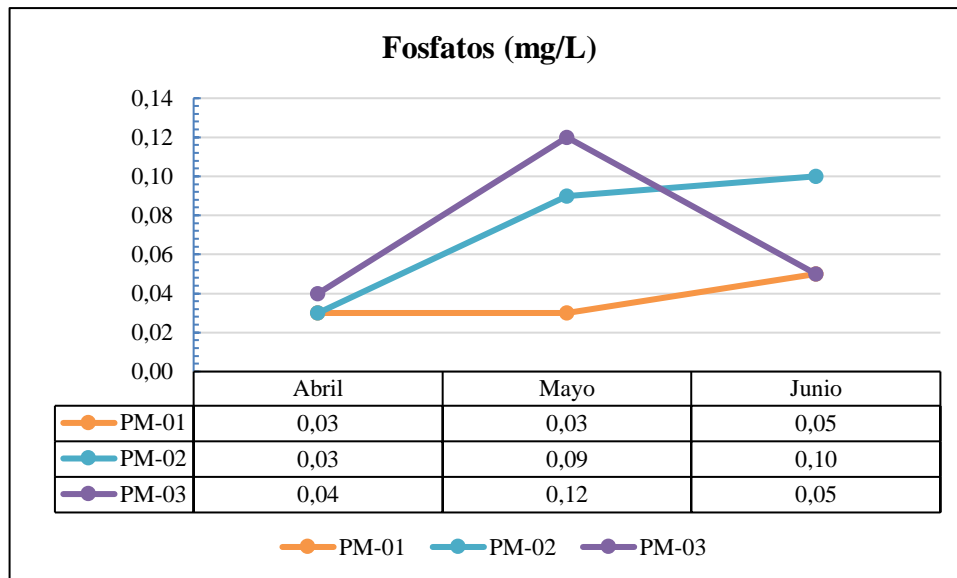


Gráfico 8-4: Variación de la concentración de fosfatos del río Miriumi

Realizado por: (Maza Eduardo 2022)

- Coliformes fecales

El **gráfico 9-4** muestra la variación que se presentó en los coliformes fecales del tramo de estudio, los valores presentan una concentración que va de 260 NMP/100 ml a 1060 NMP/100 ml, en las estaciones de monitoreo PM-01 y PM-03 correspondientemente, debido a las actividades ganaderas que se dan en estos tramos, así como a la inexistencia de redes de alcantarillado.

Se estima que cuando existe acumulación de materia orgánica en las aguas del río Miriumi también va a existir la presencia de coliformes fecales (Cordero, Franco y Hernández 2005,p. 91). Los datos que se obtuvieron en la medición de este parámetro al ser comparados con la Tabla 3: Criterios de calidad de aguas para riego agrícola nos indican que en la estación PM-03 no se cumple con la condición indicada ya que los valores sobrepasan el límite permisible que presenta un valor de 1000 NMP/ 100 ml. ,(MAE 2015,p. 14).

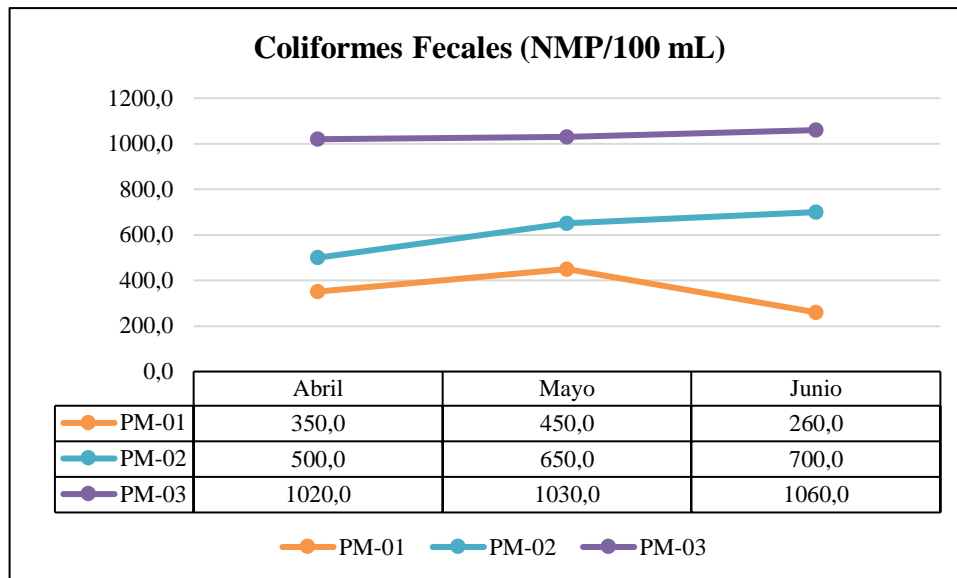


Gráfico 9-4: Variación de Coliformes Fecales del río Miriumi

Realizado por: (Maza Eduardo 2022)

4.3 Resultados del ICA-NSF en el río Miriumi

A continuación, se evidencian los resultados que presentaron las 9 muestras de agua tomadas en cada estación de monitoreo y en cada mes de estudio del río Miriumi, tomando en consideración a los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del ICA-NSF.

Tabla 1-4: Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos según el ICA-NSF

Parámetros	Unidad	Abril			Mayo			Junio		
		Estación PM-01	Estación PM-02	Estación PM-03	Estación PM-01	Estación PM-02	Estación PM-03	Estación PM-01	Estación PM-02	Estación PM-03
Temperatura	(°C)	20	23,5	24	23,8	24,9	25,1	22	21	23
Potencial de hidrógeno		6,74	7,36	7,69	7,93	7,69	8,05	8,06	8,16	8,10
Sólidos disueltos totales	(mg/L)	89,8	89,2	143,2	86,6	87,50	84,0	77,9	80,8	77,8
Oxígeno Disuelto	(mg/L)	7,0	7,1	7,4	6,8	7,6	6,7	8,0	7,0	6,8
DBO ₅	(mg/L)	2,1	9,9	5,3	2,2	10,1	5,6	2,4	10,2	5,4
Turbidez	(NTU)	25,1	22,0	30,3	67,1	52,7	49,4	26,6	21,1	25
Nitratos	(mg/L)	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,4	0,2	0,4
Fosfatos	(mg/L)	0,03	0,03	0,04	0,03	0,09	0,12	0,05	0,10	0,05
Coliformes fecales	(NMP/100 mL)	350,0	500,0	1020,0	450,0	650,0	1030,0	260,0	700,0	1060,0
Valor ICA-NSF		69,26	66,66	67,37	68,15	55,97	63,51	71,66	61,01	65,15
Calificación		Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Buena	Regular	Regular
Promedio		67,76	Regular		62,54	Regular		65,94	Regular	

Realizado por: (Maza Eduardo 2022)

La **tabla 1-4** presenta los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos que se obtuvieron en los monitoreos de los meses abril, mayo y junio de 2022, como se puede ver en las estaciones PM-01, PM-02 y PM-03 correspondientes al mes de mayo, se registraron valores de: 69,26; 66,66 y 67,37 mismos que al ser evaluados en base al índice ICA-NSF presentaron una calificación de **REGULAR**, en el monitoreo del mes de abril a la estación PM-01 se logró identificar que los parámetros que producen la disminución de la calidad del agua del río Miriumi son la turbiedad, coliformes fecales y la temperatura, mientras que en la estación PM-02 los parámetros que influyen en el índice de calidad del agua son coliformes fecales y la demanda bioquímica de oxígeno, pero en la estación PM-03 se identificó a la turbidez, coliformes fecales y DBO₅ como los parámetros que se encuentran alterando la calidad del agua del río Miriumi.

Los valores que presentaron las estaciones de monitoreo PM-01, PM-02 y PM-03 en el mes de mayo fueron de 68,15; 55,97 y 63,51, mismos que de acuerdo al índice ICA-NSF categorizan a la calidad del agua como **REGULAR**, de acuerdo a los análisis realizados en las muestras de la estación PM-01 se logró identificar que los parámetros turbidez y coliformes fecales son los que alteraron la calidad del agua del río Miriumi, por otro lado, para la estación PM-02 los parámetros que influyeron fueron los coliformes fecales, la saturación de oxígeno, DBO₅ y la turbidez; finalmente en la estación PM-03 se registraron a los coliformes fecales, DBO₅ y turbidez como los parámetros que más alteraron la calidad del agua.

En el último monitoreo que se realizó en el mes de junio, en la estación PM-01, PM-02 y PM-03 los valores del índice de calidad fueron: 71,66; 61,01 y 65,15. En la estación PM-01 el valor obtenido nos indica una calidad del agua **BUENA**, a diferencia de las otras estaciones que demostraron una calidad del agua de tipo **REGULAR** siendo los coliformes fecales y la DBO₅ los parámetros que más influyeron en la calidad del agua del río Miriumi.

En las zonas aledañas a las estaciones de monitoreo establecidas en el río Miriumi se realizan actividades antropogénicas, las cuales generan aguas contaminadas que son vertidas en el río sin algún tratamiento previo, además las lluvias consecuentes que se dan en la zona producen el aumento de los caudales y junto a ello se da el arrastre de sedimentos y se remueven los contaminantes del suelo, todas estas actividades ya sean naturales o antropogénicas presentes en el tramo de estudio producen la variación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el río Miriumi, siendo el parámetro de los coliformes fecales el que más produce el deterioro de la calidad del agua de la subcuenca del río Miriumi (SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE 2000,p. 229).

Tabla 2-4: Resultados del WQI en las estaciones PM-01, PM-02 y PM-03, durante el período de estudio

WQI en las estaciones PM-01, PM-02 y PM-03					
Estaciones de monitoreo	Abril	Mayo	Junio	Promedio	Clasificación
PM-01	69,26	68,15	71,66	69,69	Media
PM-02	66,66	55,97	61,01	61,21	Media
PM-03	67,37	63,51	65,15	65,34	Media

Realizado por: (Maza Eduardo 2022)

Fuente: (Maza Eduardo 2022)

La **tabla 2-4**, muestran los resultados del índice WQI de la NSF en las tres estaciones de monitoreo, donde se logra evidenciar los valores registrados en un rango de una calidad **REGULAR** del agua del río Miriumi, en los valores de promedio se puede observar que existe una variación poco significativa, donde el valor más bajo se encuentra en la estación PM-02, seguido de la estación PM-03 y por último la estación PM-01, lo cual nos indica que la afectación de la calidad del agua no solo ocurre en el tramo seleccionado.

4.4 Resultados del índice biológico Biological Monitoring Working Party/Colombia

En la siguiente sección se muestra los resultados que se obtuvieron en el índice BMWP/Col de acuerdo a las tres estaciones de monitoreo, por ello se crearon tres tablas donde se colocó las diferentes familias identificadas en cada estación y el nivel de tolerancia que presentan las mismas.

Tabla 3-4: Resultados del índice biológico en la estación PM-01 (Punto Miriumi uno)

Estación PM-01							
Nº	Orden	Familia	Abril 2022	Mayo 2022	Junio 2022	Número total de individuos	Tolerancia
1	Hemíptera	Mesoveliidae	1	0	0	1	5
		Gerridae	6	0	0	6	8
		Veliidae	4	3	0	7	8
		Pleidae	0	1	0	1	8
		Naucoridae	0	0	4	4	7
2	Díptera	Tipulidae	1	0	0	1	3
		Culicidae	0	1	0	1	2
3	Odonata	Aeshnidae	1	0	0	1	6
4	Ephemeroptera	Oligoneuriidae	0	13	0	13	10
		Euthyplociidae	0	1	0	1	9
		Leptohyphidae	0	4	16	20	7
5	Coleóptera	Elmidae	0	1	1	2	6
6	Trichóptera	Hydropsychidae	0	2	1	3	7
7	Megalóptera	Corydalidae	0	3	2	5	6
8	Plecóptera	Perlidae	0	0	3	3	10
Valor del índice BMWP/Col			30	63	43	69	

Fuente: (Maza Eduardo 2022)

Realizado por: (Maza Eduardo 2022)

Tabla 4-4: Índice de Calidad Biological Monitoring Working Party/Colombia

Clase I Bueno >150, 101-120	Clase II Aceptable 61-100	Clase III Dudoso 36-60	Clase IV Crítico 16-35	Clase V Muy crítica <15
---	--	---	---	---

Fuente: (Roldán 2003,p. 32)

Realizado por: (Maza Eduardo 2022)

En la **tabla 3-4** se evidencian los resultados obtenidos en la estación de monitoreo PM-01 durante los meses de abril, mayo y junio del presente año, en base al índice de calidad Biological Monitoring Working Party/ Colombia, el mes de abril registró una calidad de clase IV que se denomina crítico debido a que obtuvo un valor de 30, el mes de mayo presentó una calidad de clase II denominada como aceptable por lo que su valor fue de 63 y finalmente en el mes de junio se obtuvo un resultado de 43 haciendo referencia a una calidad de clase III denominado como dudoso. El total de individuos de macroinvertebrados recolectados en el monitoreo de abril, mayo y junio de la estación PM-01 fue de 69, dentro de los cuales se encontraron 15 familias distribuidas en 8 órdenes, las familias presentaron un valor de tolerancia que va de 2 a 10, es decir que en esta estación de monitoreo se presentaron familias que indican buena y mala calidad del agua. De acuerdo al nivel de tolerancia de las familias de macroinvertebrados recolectados se puede estimar un contraste entre los individuos tolerantes ya que se logró recolectar un número más grande de individuos indicadores de buena calidad a comparación de individuos con menor grado de tolerancia que fueron muy escasos.

Tabla 5-4: Resultados del índice biológico en la estación PM-02 (Punto Miriumi dos)

Estación PM-02							
Nº	Orden	Familia	Abril 2022	Mayo 2022	Junio 2022	Número total de individuos	Tolerancia
1	Hemíptera	Mesoveliidae	1	0	0	1	5
		Gerridae	8	0	0	8	8
		Naucoridae	0	1	0	1	7
2	Díptera	Tipulidae	2	0	0	2	3
		Culicidae	0	1	0	1	2
		Chironomidae	2	3	0	5	2
3	Ephemeroptera	Oligoneuriidae	3	8	0	11	10
		Euthyplociidae	0	9	0	9	9
		Leptohyphidae	0	4	13	17	7
		Baetidae	0	0	1	1	7
4	Coleóptera	Chrysomelidae	0	1	0	1	4
5	Trichóptera	Hydropsychidae	2	2	3	7	7
Valor del índice BMWP/Col			35	48	21	64	

Fuente: (Maza Eduardo 2022)

Realizado por: (Maza Eduardo 2022)

Los resultados obtenidos de la calidad del agua del río Miriumi de acuerdo al índice BMWP/Col para la estación de monitoreo PM-02 se evidencian en la **tabla 5-4**, donde se presenta una calidad del agua de clase IV denominada como crítico para los meses de abril y junio, esto se debe a la baja cantidad de familias encontradas. Por otro lado, en el mes de mayo se obtuvo una calidad del agua de clase III que se le conoce como dudoso, con mayor número de familias de macroinvertebrados encontradas, en total se obtuvo en este punto un total de 64 individuos pertenecientes a 5 órdenes y 12 familias, donde destacan las familias pertenecientes a un nivel medio de tolerancia.

Tabla 6-4: Resultados del índice biológico en la estación PM-03 (Punto Miriumi tres)

Estación PM-03							
Nº	Orden	Familia	Abril 2022	Mayo 2022	Junio 2022	Número total de individuos	Tolerancia
1	Hemíptera	Gerridae	5	0	4	9	8
		Veliidae	6	0	2	8	8
		Pleidae	1	0	0	1	8
		Naucoridae	4	0	0	4	7
		Notonectidae	1	0	0	1	7
2	Díptera	Tipulidae	0	0	1	1	3
		Chironomidae	2	0	0	2	2
3	Odonata	Aeshnidae	1	0	0	1	6
4	Ephemeroptera	Oligoneuriidae	0	1	0	1	10
		Euthyplociidae	0	10	0	10	9
		Leptohyphidae	12	1	3	16	7
		Leptophlebiidae	0	0	3	3	9
		Baetidae	2	0	2	4	7
5	Coleóptera	Elmidae	0	2	0	2	6
		Chrysomelidae	0	2	0	2	4
6	Trichóptera	Hydropsychidae	1	1	1	3	7
7	Plecóptera	Perlidae	1	5	2	8	10
8	Lepidóptera	Pyralidae	1	0	0	1	5
9	Haplotaaxida	Oligochaeta	1	0	2	3	1
10	Tricladida	Dugesidae	0	0	1	1	5
Valor del índice BMWP/Col			83	53	65	81	

Fuente: (Maza Eduardo 2022)

Realizado por: (Maza Eduardo 2022)

En base a la **tabla 6-4** se puede observar que la estación de monitoreo PM-03 presenta una calidad del agua que varía notoriamente, debido a que se obtuvo una calidad del agua aceptable perteneciente a la clase II en los meses de abril y junio, pero en el mes de mayo se registró un valor que está dentro de la clase III que se denomina como dudoso.

Esta variación se debe a que en esta estación de monitoreo se recolectó un total de 81 individuos pertenecientes a 10 órdenes y 20 familias, es decir se logró recolectar una gran variedad de familias a comparación de las estaciones anteriores donde los macroinvertebrados indicadores de buena calidad fueron los que más predominaron.

Tabla 7-4: Resumen de la clasificación de la calidad del agua según el índice biológico

Fecha	Estación	Valor BMWP/Col	Categoría	Color
01/04/2022	PM-01	30	Crítico	Naranja
	PM-02	35	Crítico	Naranja
	PM-03	83	Aceptable	Verde
01/05/2022	PM-01	63	Aceptable	Verde
	PM-02	48	Dudoso	Amarillo
	PM-03	53	Dudoso	Amarillo
03/06/2022	PM-01	43	Dudoso	Amarillo
	PM-02	21	Crítico	Naranja
	PM-03	65	Aceptable	Verde

Fuente: (Maza Eduardo 2022)

Realizado por: (Maza Eduardo 2022)

De acuerdo al índice Biological Monitoring Working Party para Colombia se obtuvo valores que indicaron que la calidad del agua del río Miriumi en cada punto de monitoreo presentó una gran variabilidad. Por ello, la estación de monitoreo PM-01 en el mes de abril presentó una calidad de agua de tipo crítico la cual pertenece a la clase IV, ya que el valor registrado en ese mes fue de 30, en el mes de mayo se obtuvo un valor de 63 que corresponde a una calidad aceptable de clase II, y en el mes de junio se obtuvo un valor de 43 que indica una calidad dudosa de clase III.

En la estación de monitoreo PM-02 no se presentó mucha alteración, ya que se obtuvo valores en los meses de agosto y junio de 35 y 21 respectivamente, que demostraron una calidad crítica del agua de clase IV, y en el mes de mayo se obtuvo un valor de 48 que corresponde a una calidad del agua dudosa de clase III.

Finalmente, en la última estación de monitoreo PM-03 se registraron valores de 83 y 65 en los meses de abril y junio, lo que establece que la calidad del agua sea aceptable de clase II, por otra parte, el mes de mayo registró un valor de 53 que corresponde a una clase III definida como calidad dudosa.

Tabla 8-4: Promedios del índice biológico BMWP/Col

Estación de monitoreo	BMWP/Col	Categoría
Estación PM-01	45	Dudoso
Estación PM-02	35	Crítico
Estación PM-03	67	Aceptable

Fuente: (Maza Eduardo 2022)

Realizado por: (Maza Eduardo 2022)

En la **tabla 8-4** se realizó la obtención de un valor promedio de acuerdo a los tres meses de estudio por cada estación de monitoreo para el índice biológico, donde la estación PM-02 obtuvo la valoración más baja en referencia a la calidad del agua por medio del índice biológico, por otro lado, la estación PM-03 registró el valor más alto de todo el estudio realizado en el tramo.

4.5 Comparación de la calidad del agua del río Miriumi con el Acuerdo Ministerial 097

Para realizar esta comparación se calculó la media de cada parámetro del ICA-NSF para obtener un valor representativo que nos permita comparar si cumple con los criterios de calidad admisibles presentados en el TULSMA en la Tabla 2, Tabla 3 y Tabla 9.

Tabla 9-4: Comparación entre los valores de los parámetros del ICA-NSF y los criterios de calidad del TULSMA en la Tabla 2, Tabla 3 y Tabla 9

Parámetros	Unidad	Valor promedio	Criterio	Límite máximo permisible	Referencias
Temperatura	°C	23,03	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.	Condición natural +/-3	TULSMA, Anexo 1, Tabla 9
pH	Unidades de pH	7,75	Preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y estuarios.	6,5 - 9	TULSMA, Anexo 1, Tabla 2
Oxígeno Disuelto	% de saturación	7,16	Preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y estuarios.	>80 No menor a 6 mg/L	TULSMA, Anexo 1, Tabla 2
DBO ₅	mg/L	5,91	Preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y estuarios.	<20	TULSMA, Anexo 1, Tabla 2
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	90,76	Preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y estuarios.	Máx incremento de 10% de la condición natural	TULSMA, Anexo 1, Tabla 2
Turbidez	NTU	35,48	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.	Condición natural entre 0 y 50	TULSMA, Anexo 1, Tabla 9

Nitratos	mg/L	0,16	Preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y estuarios.	<13	TULSMA, Anexo 1, Tabla 2
Fosfatos	mg/L	0,06	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.	<10	TULSMA, Anexo 1, Tabla 9
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	668,89	Criterios de calidad de aguas para riego agrícola	<1000	TULSMA, Anexo 1, Tabla 3

Realizado por: (Maza Eduardo 2022)

Fuente: (MAE 2015,ppp. 12,14 y 24)

En la **Tabla 9-4** se realizó una comparación entre los valores promedios de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del río Miriumi con los límites permisibles del Acuerdo Ministerial 096-A en base a la tabla 2,3 y 9. Se realizó un promedio de cada parámetro con la finalidad de obtener un valor general de la calidad del río Miriumi, pero al momento de evidenciar si se encuentran dentro de los límites permisibles se encontró que los 8 parámetros si se encuentran dentro de los límites permisibles, a diferencia de la temperatura que no cumple con la condición ya que la temperatura en condiciones naturales es de 27,27 °C, esto se puede dar por motivo de los constantes cambios de clima que presenta la ciudad de Sucúa, ya que es muy variado.

4.6 Comparación entre índice BMWP/Col e índice ICA-NSF

De acuerdo a los resultados promedios que se obtuvieron en cada estación de monitoreo se estableció una comparación entre los valores de los dos índices con la finalidad de identificar la semejanza que tienen los índices en la evaluación de la calidad del agua del río Miriumi.

Tabla 10-4: Comparación de valores de calidad entre índice BMWP/Col e ICA-NSF

Estaciones de monitoreo	BMWP/Col	ICA-NSF
Estación PM-01	45	69,69
Estación PM-02	35	61,21
Estación PM-03	67	65,34

Fuente: (Maza Eduardo 2022)

Realizado por: (Maza Eduardo 2022)

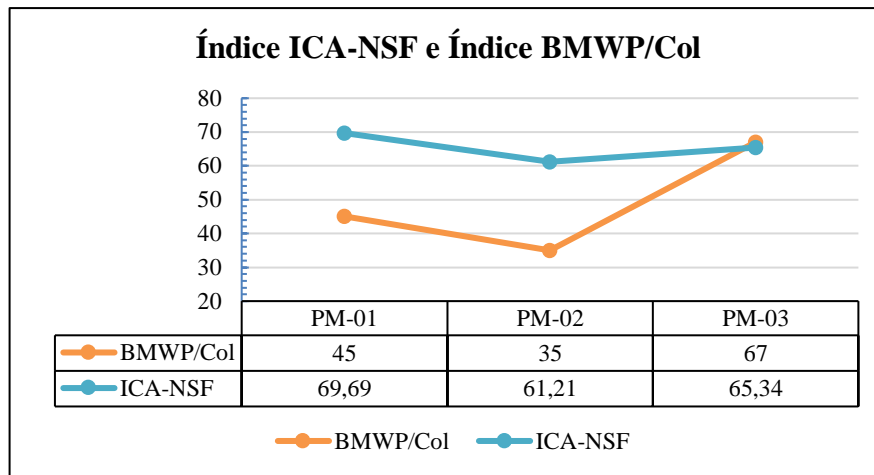


Gráfico 10-4: Relación entre el índice biológico BMWP/Col e índice ICA-NSF

Realizado por: (Maza Eduardo 2022)

Los resultados obtenidos del índice BMWP/Col e índice ICA-NSF durante los meses de abril, mayo y junio del presente año se muestran en la **tabla 10-4**, los índices mencionados fueron implementados para evaluar el estado en que se encontraba la calidad del agua del río Miriumi, los resultados del índice ICA se obtuvieron tomando en cuenta los 9 parámetros descritos por la NSF, dando como un resultado una calidad **REGULAR**, lo que da a entender que en el río Miriumi se desarrollan actividades que son perjudiciales para su calidad, donde destacan las descargas de aguas residuales provenientes de las diferentes actividades antrópicas que los moradores de la zona realizan.

Los resultados de los parámetros como la turbidez, los coliformes fecales y los sólidos totales se encontraban fuera del criterio de calidad permisible de la tabla 2 del Acuerdo Ministerial 097A, el aumento de la concentración de estos parámetros pueden estar influenciados por motivo de las lluvias registradas en los meses de estudio, contribuyendo a que el caudal del río Miriumi crezca y arrastre gran cantidad de sedimentos, materia orgánica e inorgánica proveniente de las fincas aledañas a la zona de estudio.

El índice que nos indica el valor de la contaminación en el momento que se toma la muestra, brindándonos así, una calificación general del estado en el que se encuentra el agua, es decir los valores pueden indicar el deterioro o la mejora del cuerpo hídrico, es el índice ICA-NSF (Aguirre, Vanegas y García 2016,p. 2), mientras que el índice BMWP/Col describe las situaciones ambientales que se generan en el río (González, Caicedo y Aguirre 2013,p. 3). El índice biológico trabaja en relación a la cantidad de familias recolectadas y el nivel de tolerancia que presentan, es por ello que en el monitoreo del río Miriumi se han encontrado familias tolerantes y no tolerantes a la contaminación que presenta el río, como por ejemplo la familia *Perlidae* que presenta un

valor de tolerancia de 10 y la familia *Leptohyphidae* que es una de las familias con mayores individuos recolectados y presentan un nivel de tolerancia de 7.

El resultado que se obtuvo del índice BMWP/Col fue variado, ya que la primera estación de monitoreo PM-01 se presentó una calificación de **DUDOSO**, en la estación PM-02 se presentó una calificación de **CRÍTICO** y en la última estación de monitoreo se presentó una calificación de **ACEPTABLE**, esto se debe a los diferentes niveles de descarga de contaminantes, como se explicó anteriormente.

CAPÍTULO V

5. MARCO PROPOSITIVO

5.1 Propuestas de actividades para minimizar impactos en el río Miriumi

Las propuestas de actividades para prevenir y mitigar los impactos ambientales que se dan en el río Miriumi, estarán enfocadas a la conservación y protección de tan importante recurso con la ayuda de estrategias que garanticen su calidad y conservación de la zona.

La metodología de Ad Hoc comúnmente conocida como panel de expertos presenta directrices que ayudan en la evaluación de impactos ambientales con ayuda de consultas a expertos en el tema de calidad del agua (Temas de Ciencia y Tecnología 2013). En base a lo mencionado, en el siguiente estudio y en comparación de estudios similares, se logró identificar impactos que afectan drásticamente a la calidad del agua del río Miriumi, ya que se presentaron parámetros que están alterados y no se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A, estos impactos producidos por actividades como la ganadería y agricultura, entre otras, están detallados en la **tabla 1-5** junto a sus respectivas actividades mitigadoras. Una vez identificado los impactos se optó por tomar uno de los programas que tienen como finalidad incitar acciones para la conservación de los ecosistemas, especies, recurso agua y suelo, además establecen un compromiso y apoyo de la comunidad junto a las autoridades de los gobiernos locales, para así crear convenios que beneficien a la población sin alterar el estado de la calidad del recurso hídrico.

El siguiente plan de propuestas para lograr la conservación y manejo de la subcuenca, está dirigido a los sectores aledaños como lo es el barrio “La Cruz” y la comunidad “La Merced”, pero con mayor énfasis a los gobiernos locales de la parroquia de Sucúa del cantón Sucúa, mismos que tienen la responsabilidad de su administración y desarrollo.

Las siguientes propuestas que se establecen a continuación están en base al **programa de prevención y mitigación de impactos**, establecido por el MAE, donde se indicarán propuestas de actividades de prevención y mitigación de impactos, involucrando procedimientos para la realización de actividades que financien un buen monitoreo sobre los usos y aprovechamientos de los diversos recursos del área (MAE 2015,p. 6).

Tabla 1-5: Propuestas de actividades para la prevención y mitigación de impactos ambientales

PROPUESTAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES					
Objetivo: Prevenir y minimizar los impactos existentes en la subcuenca del Río Miriumi					
Lugar de aplicación: Subcuenca del Río Miriumi					
Responsable(s): Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Sucúa de la Provincia de Morona Santiago					
IMPACTOS IDENTIFICADOS	CAUSAS	ACTIVIDADES MITIGADORAS	INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	PLAZO
Contaminación del agua y alteración de los parámetros coliformes fecales, turbidez y sólidos totales	Realización de actividades como la agricultura y la ganadería	Efectuar un diagnóstico de las zonas afectadas	$\frac{N^{\circ} \text{ de diagnósticos realizados}}{N^{\circ} \text{ de diagnósticos planificados}} * 100$	Informe de zonas afectadas	Trimestral
		Reforestar zonas aledañas a la cuenca hídrica y vertientes que alimentan a la subcuenca	$\frac{Km2 \text{ de áreas reforestadas}}{Km2 \text{ de áreas totales}} * 100$	Registro de reforestación Registro fotográfico	4 años
Contaminación del agua y pérdida de biodiversidad acuática	Presencia de detergentes y aceites de vehículos al ser lavados	Monitorear el uso del agua dentro de la subcuenca del Río Miriumi, de acuerdo al libro VI, Anexo 1 del TULSMA	$\frac{N^{\circ} \text{ de monitoreos ejecutados}}{N^{\circ} \text{ de monitoreos planificados}} * 100$	Registro de monitoreo de agua	Semestral
Contaminación del suelo y pérdida de flora en la zona ribereña	Uso de plaguicidas en los cultivos	Monitorear el uso del suelo dentro de la subcuenca del río Miriumi, según el Libro VI, Anexo 2 del TULSMA	$\frac{N^{\circ} \text{ de monitoreos ejecutados}}{N^{\circ} \text{ de monitoreos planificados}} * 100$	Registro de monitoreo del suelo	Semestral
Erosión del suelo	Construcción de centros de recreación	Controlar el uso del agua y suelo en las áreas cercanas a los complejos turísticos, según el libro VI, Anexo 1 y 2 del TULSMA	$\frac{N^{\circ} \text{ de controles realizados}}{N^{\circ} \text{ de controles planificados}} * 100$	Informe del control Registro Fotográfico	Permanente
Contaminación del agua	Presencia de sedimentos y materiales suspendidos en el río	Realizar un control de impactos que se generan en la actividad turística e investigación en la subcuenca del Río Miriumi	$\frac{N^{\circ} \text{ de controles realizados}}{N^{\circ} \text{ de controles planificados}} * 100$	Registro de control Uso fotográfico	Permanente

Realizado por: (Maza Eduardo 2022)

Fuente: (Maza Eduardo 2022)

CONCLUSIONES

- Se realizó la caracterización de los diferentes individuos de macroinvertebrados bentónicos recolectados a lo largo de tres estaciones de monitoreo ubicadas en el tramo sector Barrio La Cruz-Comunidad La Merced del río Miriumi, consiguiendo identificar un total de 214 macroinvertebrados pertenecientes a 23 familias divididos en 11 órdenes, la estación **PM-01** presentó un valor de 45 lo que indica que el agua se encuentra en una categoría **“DUDOSO” (Aguas moderadamente contaminadas)**, en la estación **PM-02** el agua presentó un valor de 35, por ende el agua tiene una categoría de **“CRÍTICO” (Aguas muy contaminadas)** y por último y no menos importante el punto **PM-03** presentó un valor de 67 haciendo referencia a una categoría **“ACEPTABLE” (Aguas ligeramente contaminadas)** del agua; al hacer un promedio entre las tres estaciones de monitoreo obtenemos un valor de 49 lo que indica que la calidad general del agua en el tramo de estudio presenta una categoría **“DUDOSO”**. El clima que presenta la ciudad de Sucúa es muy variado es por ello que influyó en la recolección de macroinvertebrados ya que por este factor se pudo haber disminuido la presencia de hábitats acuáticos y con esto la disminución de macroinvertebrados. Se logró identificar que la familia *Lephothyphidae* presenta el mayor número de individuos recolectados, ya que fueron 53 individuos pertenecientes al orden *Ephemeroptera*, las familias que siguen esta cadena son *Oligoneuriidae* del orden *Ephemeroptera* con 25 individuos, la familia *Gerridae* del orden *Ephemeroptera* con 23 individuos y por último la familia *Euthyplociidae* del orden *Ephemeroptera* con 20 individuos.
- Se realizó la evaluación de la calidad del agua del río Miriumi en el tramo sector Barrio La Cruz-Comunidad La Merced, por medio del índice ICA-NSF, en donde se efectuó el análisis de 9 parámetros fisicoquímicos y microbiológicos a cada muestra de agua recolectada, los resultados demostraron que la calidad del agua que presenta el río Miriumi en el período de estudio de (Abril, Mayo y Junio) en las estaciones de monitoreo son: **PM-01=69,69; PM-02=61,21 y PM-03=65,34**, lográndose observar que los valores no varían en gran cantidad, ya que al sacar un promedio de las tres estaciones obtenemos un valor de **65,41** correspondiente a un criterio de calidad **MEDIA**, esto se ve influenciado al clima muy variado de la zona, además con ayuda del software IQAData se identificó que los parámetros coliformes fecales, turbidez y sólidos totales son los que más contribuyen a la disminución de la calidad del agua del río Miriumi, los parámetros mencionados permiten el desarrollo de especies de mala calidad y buena cantidad.

- De acuerdo al análisis comparativo entre los índices, se evidencia que las alteraciones en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua afectan drásticamente al desarrollo y supervivencia de los macroinvertebrados bentónicos, es por eso que se logró identificar individuos que indicaban buena, media y mala calidad del agua, es por ello que al comprar los promedios de los dos índices se puede establecer que si existe relación entre los índices ya que en el índice **ICA-NSF** se obtuvo una calidad **MEDIA** y en el índice **BMWP/Col** se obtuvo una calidad de tipo **DUDOSO**, los valores de la calidad del agua que se obtuvieron del índice ICA-NSF indican que pudieron haber sido contaminados durante tiempos determinados del estudio, ya que este índice indica una calificación de la calidad del agua de manera puntual, a diferencia del índice biológico que de acuerdo a las familias recolectadas de macroinvertebrados nos demuestran la calidad del recurso hídrico a lo largo del tiempo.

RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones más detalladas del recurso hídrico donde se cuente con una mayor cantidad de estaciones de monitoreo, y que esta información permita identificar el origen de las alteraciones en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos durante la realización de los monitoreos, por ende, se recomienda realizar un seguimiento con más monitoreos y en un tiempo más extenso y a su vez obtener una taxonomía más detallada que facilite entender la distribución de las diferentes comunidades de macroinvertebrados bentónicos existentes.
- Concientizar a las personas que viven a lo largo del río Miriumi mismas que se dedican a la ganadería, agricultura y que acuden al río para realizar actividades de recreación, sobre los riesgos y consecuencias que se generan a la calidad del agua del río, tras el uso de químicos y el depósito de basuras en el río.
- Debido a que en el río Miriumi no se cuenta con estudios previos sobre la calidad del agua, se recomienda tomar en cuenta la información de este estudio para replicarla en algún tramo posterior a la presente investigación, usándolo como línea base. Las autoridades responsables del manejo y conservación de recursos hídricos deben cerciorarse que los resultados de esta investigación promuevan el interés de proteger el río Miriumi, por parte de los moradores del cantón Sucúa en especial los habitantes del Barrio La Cruz y Comunidad La Merced.
- Se recomienda implementar las propuestas de actividades para la prevención y mitigación de impactos ambientales propuesto en esta investigación para mejorar la calidad de vida de los habitantes mediante la conservación del recurso hídrico.

BIBLIOGRAFÍA

ACUERDO MINISTERIAL 97, R.O.E.E. 387 de 04-nov.-2015, 2015. *Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua, Libro VI Anexo I*. [en línea]. 2015, pp.00-00. [Consulta: 26 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf>.

AGUILAR, V. *Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad. Prioridades en México* [en línea]. Morelos-México: The Nature Conservancy, 2006. [Consulta: 26 de mayo 2022]. Disponible en: <https://docplayer.es/4898768-Especies-invasoras-de-alto-impacto-a-la-biodiversidad-prioridades-en-mexico.html>.

AGUIRRE ANDRADE, Jorge Fernando. Validación de los indicadores biológicos (macroinvertebrados) para el monitoreo de la cuenca del Río Yanuncay [En línea] (Trabajo de titulación de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Ingeniería Ambiental. Cuenca, Ecuador. 2011. pp. 1-232. [Consulta: 2022-15-05]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1197/14/UPS-CT002208.pdf>.

AGUIRRE, M., VANEGAS, E. & GARCÍA, N. “Aplicación del Índice de Calidad del Agua (ICA). Caso de estudio: Lago de Izabal, Guatemala”. *Revista ciencias técnicas agropecuarias* [en línea], 2016, (Cuba) 25 (2), pp. 39-43. [Consulta: 4 agosto 2022]. ISSN 1010-2760. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v25n2/rcta06216.pdf>.

ALBA TERCEDOR, J. “Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos”. *IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA)* [en línea], 2014, (España) II (1). 1996, pp. 203-213. [Consulta: 14 marzo 2022]. ISSN 84-7840-262-4. Disponible en: <https://cidta.usal.es/calidad/documentos/blanco2/indice%20BMWP.pdf>.

ÁLVAREZ CARRIÓN, Sergio Marcelo, & PÉREZ RIVERA, Lucilizabeth. Evaluación de la calidad de agua mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del Yeguaré, Honduras [En línea] (Trabajo de titulación de pregrado). Universidad Zamorano, Desarrollo Socioeconómico y Ambiente. Zamorano, Honduras. 2007. pp. 1-69. [Consulta: 2022-04-30]. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/524/1/IAD-2007-T001.pdf>.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION & AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION & FEDERATION. “Standar Methods for the Examination of Water and Wastewater”. *Choice Reviews Online* [en línea], 2013, (Washington-USA) 20 (5), pp. 37-2792. [Consulta: 3 julio 2022]. ISSN 0009-4978. Disponible en: https://beta-static.fishersci.com/content/dam/fishersci/en_US/documents/programs/scientific/technical-documents/white-papers/apha-water-testing-standard-methods-introduction-white-paper.pdf.

ARCE MONCADA, María Fernanda, & LEIVA CALDERÓN, Márllin Adrián. Determinación de la calidad de agua de los ríos de la ciudad de Loja y diseño de líneas generales de acción para recuperación y manejo [En línea] (Trabajo de titulación de pregrado). Universidad Técnica Particular de Loja, Gestión Ambiental, Ciencias Biológicas y Ambientales. Loja, Ecuador. 2009. pp. 1-93. [Consulta: 2022-05-28]. Disponible en: <https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/474/3/Tesis%20Maria%20Fernanda%20Arce%20Moncada.pdf>.

ARIJA, C. “Taxonomía, sistemática y herramientas esenciales en zoología y veterinaria”. *Revista Electrónica de Veterinaria* [en línea], 2012, (España) 13 (7), pp. 1-10. [Consulta: 26 mayo 2022]. ISSN 1695-7504. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/636/63624404021.pdf>.

ARROYO, C. & 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* [en línea], 2009, (Ecuador) 1(1), pp. 11-16. [Consulta: 14 marzo 2022]. ISSN 1390-5384. Disponible en: file:///C:/Users/Administrador/Downloads/administrador,+Avances_2009_vol1_11-16.pdf.

ASAMBLEA NACIONAL DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua. *Registro Oficial Suplemento N°305* [en línea], Quito, Ecuador. 2014. [Consulta: 18 mayo 2022]. Disponible en: <http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Ley-Org%C3%A1nica-deRecursos-H%C3%ADricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf>.

BARRETO, P., ESPINOZA, G. & LEYVA, M. “Protocolo de monitoreo de agua”. *Revista Mexicana de Ingenieros Químicos* [en línea], 2010, (Perú) 22 (5), pp. 1-40. [Consulta: 8 junio 2022]. NTP ISO/IEC 17025. Disponible en: https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/protocols/Protocolo_Agua.pdf.

BUENO, K., TORRES, P. & DELGADO, L. “Monitoreo y medición del ajuste del pH del agua tratada del río Cauca mediante índices de estabilización”. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* [en línea], 2014, (Colombia) 17 (2), pp. 563-575. [Consulta: 27 mayo 2022]. ISSN 01234226. Disponible en: <file:///C:/Users/Administrador/Downloads/document.pdf>

BULLÓN ALCALÁ, Víctor Eduardo. Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad de agua en la cuenca del río Perene, Chanchamayo [En línea] (Trabajo de titulación de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Ciencias Forestales y del Ambiente. Huancayo, Perú. 2016. pp. 1-70. [Consulta: 2022-03-14]. Disponible en: <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3462/Bull%20Alcala.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CAMACHO, A., et al. “Técnicas para el análisis microbiológico de alimentos”. *Editorial de la Facultad de Química* [en línea], 2009, (México) 2 (11), pp. 1-196. [Consulta: 2 agosto 2022]. ISSN 211-604. Disponible en: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/TecnicBasicas-Colif-tot-fecales-Ecoli-NMP_6529.pdf.

CAO, *Monitoreo participativo del agua, guía para prevenir y manejar el conflicto* [en línea]. Washington-USA: Compliance Advisor Ombudsman, 2008. [Consulta: 31 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.cao-ombudsman.org/sites/default/files/2021-06/watermonsp.pdf>.

CÁRDENAS, E., LUGO, L., GONZÁLEZ, J. & TENJO, A. “Aplicación del índice biótico de familias de macroinvertebrados para la caracterización del agua del río Teusacá, afluente del río Bogotá”. *U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* [en línea], 2018, (Colombia) 21 (2), pp. 587-597. [Consulta: 9 marzo 2022]. ISSN 7838-1534. Disponible en: [file:///C:/Users/Administrador/Downloads/document%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Administrador/Downloads/document%20(1).pdf).

CÁRDENAS NOVILLO, Paul Adrián. 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 de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Carrera de Ingeniería Ambiental. Cuenca, Ecuador. 2020. pp. 1-145. [Consulta: 2022-04-11]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19608>.

CARRERA, C. & FIERRO, K. “Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua”. *EcoCiencia* [en línea], 2001, (Ecuador) 1 (1), pp. 1-57. [Consulta: 31 mayo

2022]. ISBN 9978-41-964-0. Disponible en:
<http://www.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56374.pdf>.

CARRERA GOZÁLEZ, Gabriela del Carmen. Modelación de oxígeno disuelto y materia orgánica y su influencia en la distribución y diversidad de indicadores bentónicos de la cuenca del río San Pedro en el tramo Amaguaña-Guangopolo [En línea] (Trabajo de titulación de pregrado). Escuela Politécnica del Ejército, Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente. Sangolquí, Ecuador. 2011. pp. 1-160. [Consulta: 2022-05-28]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/3702/T-ESPE-031368.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

CARRILLO ALVARADO, María Soledad, & URGILÉS CALLE, Paola Dennisse. Determinación del índice de calidad de agua ICA-NSF de los ríos MAZAR y Pindilig [En línea] (Trabajo de titulación de pregrado). Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Químicas, Escuela de Ingeniería Ambiental. Cuenca, Ecuador. 2016. pp. 1-126. [Consulta: 2022-07-16]. Disponible en: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23518/1/tesis.pdf>.

CASILLA QUISPE, Sergio. Evaluación de la calidad de agua en los diferentes puntos de descarga de la cuenca del río Suchez [En línea] (Trabajo de titulación de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano Puno, Facultad de Ingeniería Agrícola, Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola. Puno, Perú. 2014. pp. 1-129. [Consulta: 2022-05-22]. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe>.

CASTRO, M., ALMEIDA, J., FERRER, J. & DÍAZ, D. “Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global”. *Ingeniería Solidaria* [en línea], 2014, (Colombia) 10 (17), pp. 111-124. [Consulta: 09 junio 2022]. ISSN 10.16925. Disponible en: [file:///C:/Users/Administrador/Downloads/manfred,+Articulo+12%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Administrador/Downloads/manfred,+Articulo+12%20(1).pdf)

CEPAL. *Diagnóstico de las estadísticas del agua en Ecuador* [blog]. Ecuador: 2012. [Consulta: 09 julio 2022]. Disponible en: <https://silo.tips/download/diagnostico-de-las-estadisticas-del-agua-en-ecuador-informe-final>.

CHACÓN VÉLEZ, Katherine Elizabeth. Evaluación de la calidad del agua del río Copueno, Tramo Paccha-Jardín del Upano, mediante macroinvertebrados bentónicos [En línea] (Trabajo de titulación de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias,

Escuela de Ciencias Químicas. Macas, Ecuador. 2017. pp. 1-115. [Consulta: 2022-01-12].
Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8538/1/236T0319.pdf>.

COA, REGISTRO OFICIAL SUPLEMENTO 983. *Código Orgánico del Ambiente*. 2017.

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. *Constitución de la República del Ecuador 2008. Incluye Reformas* [en línea], Quito, Ecuador. 2008. [Consulta: 18 mayo 2022].
Disponible en: https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf.

CORDERO ALBERTO, Mario Rafael., et al. Diagnóstico de la calidad de agua en época seca en el canal principal del río Jiboa y propuesta de mitigación de fuentes contaminantes, en una zona crítica [En línea] (Trabajo de titulación de pregrado). Universidad del Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela de Ingeniería Química. San Salvador. 2005. pp. 1-191. [Consulta: 2022-07-16]. Disponible en: <https://portafolio.snet.gob.sv/digitalizacion/pdf/spa/doc00247/doc00247-contenido.pdf>.

DUQUE, P., HERAS, C., LOJANO, D. & VILORIA, T. “Modelamiento del tratamiento biológico de aguas residuales; estudio en planta piloto de contactores biológicos rotatorios”. *Revista Ciencia UNEMI* [en línea], 2018, (Ecuador) 11 (28), pp. 88-96. [Consulta: 14 mayo 2022]. ISSN 2528-7737. Disponible en: <https://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/738/667>.

ECOFUIDOS INGENIEROS S.A. *Estudio de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y plan mitigación por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurimac y Cusco* [en línea]. Lima, Perú: Organización Panamericana de la Salud, 2012. Consulta: 16 julio 2022]. Disponible en: <https://www1.paho.org/per/images/stories/PyP/PER37/15.pdf>.

FORO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS. *La gestión comunitaria del agua para consumo humano y el saneamiento en el Ecuador: Diagnóstico y Propuestas* [en línea]. Quito, Ecuador: Graphus, 2014. [Consulta: 9 julio 2022]. ISBN 9789942996053. Disponible en: <https://www.camaren.org/documents/lagestioncomunitaria.pdf>.

GAD SUCÚA. *Plan de desarrollo turístico del cantón Sucúa 2021-2025* [en línea]. Sucúa, Ecuador: Asociación de Municipalidades Ecuatorianas, 2021. [Consulta: 14 mayo 2022]. Disponible en: <https://amevirtual.gob.ec/plan-de-desarrollo-turistico-del-canton-sucua-2021-2025/>.

GAMBOA, M., REYES, R. & ARRIVILLAGA, J. “Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental”. *SciELO* [en línea], 2008, (Venezuela) 48(2), pp. 109-120. [Consulta: 31 mayo 2022]. ISSN 1690-4648. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482008000200001.

GARCÍA, F. & MIRANDA, V. *Eutrofización, una amenaza para el recurso hídrico* [en línea]. México: Universidad Nacional Autónoma de México y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C, 2018. [Consulta: 22 mayo 2022]. Disponible en: http://ru.iiec.unam.mx/4269/1/2-Vol2_Parte1_Eje3_Cap5-177-Garc%C3%ADa-Miranda.pdf.

GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN SUCÚA. *Territorio y Población de Sucúa* [blog]. [Consulta: 4 junio 2022]. Disponible en: <https://sucua.gob.ec/sucua/territorio-y-poblacion/>.

GONZÁLEZ, C., et al. *Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental* [en línea]. México: El colegio de la frontera Sur, 2014. [Consulta: 15 marzo 2022]. Disponible en: <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/11/Bioindicadores-Guardianes-de-nuestro-futuro-ambiental.pdf>.

GONZÁLEZ, H., et al. “Guía rápida para la identificación de macroinvertebrados de los ríos altoandinos del cantón Cuenca”. *Journal of Chemical Information and Modeling* [en línea], 2019, (Ecuador) 1(1), pp. 1-160. [Consulta: 23 junio 2022]. ISSN 1098-6596. Disponible en: <https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/guia-monitoreo-participativo-calidad-agua-digital.pdf>.

GONZÁLEZ, V., et al. “Aplicación de los índices de calidad de agua NSF, DINIUS Y BMWP en la quebrada La Ayurá, Antioquia, Colombia”. *Gestión y Ambiente* [en línea], 2013, (Colombia) 16(1), pp. 1-13. [Consulta: 28 mayo 2022]. ISSN 0124-177X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1694/169427489003.pdf>.

GUALDRÓN, L. “Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros físicoquímicos y biológicos”. *Dinámica Ambiental* [en línea], 2016, (Colombia) 1(1), pp. 83-102. [Consulta: 27 mayo 2022]. ISSN 2590-6704. Disponible en: [file:///C:/Users/Administrador/Downloads/portalderevistas,+art.6%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Administrador/Downloads/portalderevistas,+art.6%20(1).pdf).

GUTIÉRREZ, P., et al. *Macroinvertebrados acuáticos de Puerto Rico como bioindicadores de calidad ambiental* [en línea]. Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico, Río Piedras, 2016. [Consulta: 23 junio 2022]. Disponible en: [file:///C:/Users/Administrador/Downloads/Gu%C3%ADa%20Fotogr%C3%A1f.%20Macroinverte.%20Puerto%20Rico%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Administrador/Downloads/Gu%C3%ADa%20Fotogr%C3%A1f.%20Macroinverte.%20Puerto%20Rico%20(1).pdf).

HACH COMPANY. *Manual de análisis de agua* [en línea]. Loveland-USA: HACH, 2000. [Consulta: 3 julio 2022]. Disponible en: <https://www.hach.com/asset-get.download.jsa?id=7639984469>.

HERNÁNDEZ, O., et al. “Evaluación de la calidad del agua y de la ribera en dos cuencas tributarias del río Tuxcacuesco, Jalisco, México”. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* [en línea], 2020, (México) 36 (3), pp. 689-701. [Consulta: 15 abril 2022]. ISSN 689-701. Disponible en: <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.53595>.

LAVIE, E., et al. “Contaminación por fosfatos en el oasis bajo riego del río Mendoza”. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias* [en línea], 2010, (Argentina) 42(1), pp. 169-184. [Consulta: 28 mayo 2022]. ISSN 0370-4661. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=382837646012>.

LEÓN CARRASCO, Myriam Gabriela. Diagnóstico de la calidad del agua de la microcuenca del río Congüime y diseño de una propuesta de mitigación para la zona crítica establecida mediante el índice de calidad de agua (ICA BROWN) en la provincia de Zamora Chinchipe cantón Paquisha [En línea] (Trabajo de titulación de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental. Quito, Ecuador. 2014. pp. 1-212. [Consulta: 2022-07-19]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2256/1/T-UCE-0012-296.pdf>.

LIMÓN, P. & WEBB, R. “A Magnetic Resonance Experiment for the Undergraduate Laboratory”. *American Journal of Physics* [en línea], 1964, (El Salvador) 32(5), pp. 361-364. [Consulta: 15 marzo 2022]. ISSN 0002-9505. Disponible en: <https://aapt.scitation.org/doi/10.1119/1.1970348>.

LONDOÑO, A., GIRALDO, G. & GUTIÉRREZ, Á. *Métodos Analíticos para la evaluación de la calidad físicoquímica del agua* [en línea]. Manizales-Colombia: Editorial Blanecolor Ltda,

2010. [Consulta: 19 julio 2022]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/54604/9789588280394.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.

LOZANO DUCHITANGA, Mónica Jasmina. 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 de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. Macas, Ecuador. 2019. pp. 1-141. [Consulta: 2022-01-12]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10594?mode=full%0Ahttp://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10594/1/236T0425.pdf>.

MAE. *Acuerdo No 097-A Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. Registro oficial TULSMA* [en línea], Quito, Ecuador: 2015. [Consulta: 16 julio 2022]. Disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155128.pdf>.

MARTÍNEZ ROJAS, Oswaldo Efraín. Determinación de la calidad fisicoquímica del agua del Canal de Chiquimulilla en la Reserva Natural de Usos Múltiples, Monterrico [En línea] (Trabajo de titulación de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Guatemala. 2006. pp. 1-146. [Consulta: 2022-05-28]. Disponible en: <https://docplayer.es/30820054-Universidad-de-san-carlos-de-guatemala-facultad-de-ciencias-quimicas-y-farmacia.html>.

MAUAD, Melina. Comparación y aplicabilidad de índices bióticos para evaluar calidad de aguas en ambientes lóticos del Parque Nacional Nahuel Huapi [En línea] (Trabajo de titulación). (Doctorado) Universidad Nacional de la Plata, Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Argentina. 2013. pp. 1-164. [Consulta: 2022-05-26]. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/34837>.

MEDINA MEDINA, Mercy Elizabeth. & ANDRADE RIASCOS, Marlon Augusto. Determinación de la calidad del agua del río Malacatos mediante fauna bentónica como bioindicadora y alternativas de mitigación de la contaminación [Em línea] (Trabajo de titulación de pregrado). Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Loja, Ecuador. 2009. pp. 1-111. [Consulta: 2022-05-18]. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/5046>.

MENDOZA CAICEDO, Sergio David. & RODRIGUEZ LINDAO, Jehinson Joao. Evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del embalse Chongón provincia del Guayas durante los dos últimos trimestres del 2018 [En línea] (Trabajo de titulación de pregrado). Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Químicas, Carrera de Química y Farmacia. Guayaquil, Ecuador. 2019. pp. 1-94. [Consulta: 2022-05-28]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/39965>.

MORA, J. & CALVO, G. “Estado actual de contaminación con coliformes fecales de los cuerpos de agua de la Península de Osa”. *Tecnología en Marcha* [en línea], 2010, (Costa Rica) 23(5), pp. 1-7. [Consulta: 28 mayo 2022]. Disponible en: https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/56.

MORENO, D., et al. “Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia”. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* [en línea], 2017, (Brasil) 22(0), pp. 25-33. [Consulta: 16 julio 2022]. ISSN 2318-0331. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/rbrh/a/WPMgJkmMKYgrmgLqYYTMv8z/?lang=en>.

MOYA ARNEZ, Nabor. Índice multimétrico de integridad biótica para la cuenca del río Chipiriri, Cochabamba-Bolivia [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 2006. pp. 1-56. [Consulta: 2022-05-31]. Disponible en: https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers15-09/010039357.pdf.

NTE INEN. *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169: 2013 Agua, Calidad de agua, Muestreo Manejo y Conservación de Muestras.* Instituto Ecuatoriano De Normalización [en línea] Quito, Ecuador: 2013. [Consulta: 11 abril 2022]. Disponible en: <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2169-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-MANEJO-Y-CONSERVACIÓN-DE-MUESTRAS.pdf>.

NTE INEN. *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176: 2013 Agua. Calidad del agua, Muestreo. Técnicas de muestreo.* Instituto Ecuatoriano De Normalización [en línea]. Quito, Ecuador: 2013. [Consulta: 11 abril 2022]. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/agua/publicaciones/Protocolos_muestreo_biologico_con_portada_tcm30-214764.pdf.

OJADA REINA, Rosalba. Evaluación preliminar del impacto sobre las aguas subterráneas y superficiales del área de influencia directa del vertedero de residuos sólidos del municipio de Arauca y propuestas de recuperación paisajística del mismo [En línea] (Trabajo de titulación de pregrado). Universidad Nacional de Colombia Sede Arauca. Arauca, Colombia. 2005. pp. 1-147. [Consulta: 2022-05-28]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/20112>.

ONU, Departamento de Asuntos Sociales de Naciones Unidas [ONU-DAES]. Decenio Internacional para la Acción “El agua, fuente de vida” 2005-2015. [blog]. ONU, 2015. [Consulta: 9 julio 2022]. Disponible en: <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>.

OSCOZ, J. *Clave dicotómica para la identificación de macroinvertebrados de la Cuenca del Ebro* [En línea]. Zaragoza-España: Confederación Hidrográfica del Ebro, 2009. [Consulta: 23 junio 2022]. Disponible en: <http://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/materialesdidacticos/otros/clave-macroinvertebrados.pdf>.

PEÑA, E. *Trabajo de investigación: Oxígeno Disuelto (OD)* [blog]. Guayaquil-Ecuador: ESPOL, 2007. [Consulta: 28 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/6162>.

PÉREZ, A., et al. *Guía de Macroinvertebrados Bentónicos de la provincia de Orellana ESF Baja Calidad* [en línea]. Ed. 2. El Coca, Orellana, Ecuador. [Consulta: 23 junio 2022]. ISBN 978-9942-28-145-6. Disponible en: <https://esf-cat.org/wp-content/uploads/2017/02/Guia-de-Macroinvertebrados-Bentonicos-de-la-provincia-de-Orellana-ESF-Baja-Calidad.pdf>.

POZO, J., & ELOSEGI, A. *El marco físico: la cuenca* [en línea]. Primera Ed. Bilbao-España: Rubes Editorial, 2009. [Consulta: 15 mayo 2022]. Disponible en: https://w3.grupobbva.com/TLFU/dat/DE_2009_conceptos_ecologia_fluvial.pdf.

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: 15 marzo 2022]. ISSN 0213-8409. Disponible en: <https://www.limnetica.com/documentos/limnetica/limnetica-33-1-p-47.pdf>.

RODRÍGUEZ VEGA, Gabriela Alejandra. 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 de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Sede Morona Santiago,

Facultad de Ciencias, Carrera de Ingeniería Ambiental. Macas, Ecuador. 2021. pp. 1-74. [Consulta: 2022-11-14]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/15438>.

ROLDÁN, G. *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: propuesta para el uso del método BMWP Col* [en línea]. Medellín-Colombia: Editorial Universidad de Antioquía, 2003. [Consulta: 14 mayo 2022]. Disponible en: <https://searchworks.stanford.edu/view/5799477>.

SAMANIEGO CHACHA, Evelin Maleny. Determinación de la calidad del agua y elaboración de una propuesta de mitigación del río Quebrada, ubicado en la parroquia de San Isidro, cantón Morona, Provincia de Morona Santiago [En línea] (Trabajo de titulación de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. Macas, Ecuador. 2019. pp. 1-97. [Consulta: 2022-07-19]. Disponible en: <https://library.co/document/zx5n1jmq-determinacion-elaboracion-propuesta-mitigacion-quebrada-parroquia-provincia-santiago.html>.

SÁNCHEZ MOLANO, Mary., & GARCÍA, Diana Paola. Determinación del índice BMWP/Col, mediante la utilización de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua, en el cauce del río Guachicos, que suerte el acueducto del municipio de Pitalito [En línea] (Trabajo de titulación de pregrado). Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Escuela de Ciencias Agrícolas; Pecuarias y del Medio Ambiente. Pitalito. 2018. pp. 1-66. [Consulta: 2022-03-15]. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/21168/36281677.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

SÁNCHEZ, O., et al. *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México* [en línea]. México: Instituto Nacional de Ecología, 2007. [Consulta: 28 mayo 2022]. Disponible en: <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/11/Perpectivas-sobre-conservaci%C3%B3n-de-ecosistemas-acu%C3%A1ticos-en-M%C3%A9xico.pdf>.

SECRETARÍA DE ECONOMÍA DGN. *Análisis de agua- Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno en aguas naturales, residuales (DBO5) y residuales tratadas- Método de prueba* [en línea]. México: Agua.org.mx, 2001. [Consulta: 28 mayo 2022]. Disponible en: <https://agua.org.mx/biblioteca/nmx-aa-028-scfi-2001-analisis-de-agua-determinacion-de-la-demanda-bioquimica-de-oxigeno-en-aguas-naturales-residuales-dbo5-y-residuales-tratadas-metodo-de-prueba/>.

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE. *Libro Blanco del Agua en España* [blog]. Madrid-España: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2000. [Consulta: 2 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/libro-blanco-del-agua/>.

SEMARNAT. *Informe de la situación del Medio Ambiente en México* [en línea]. Tlalpan-México: Compendio de Estadísticas Ambientales, 2008. [Consulta: 15 mayo 2022]. Disponible en: https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_2008_ing/pdf/indice_portada.pdf.

SENAGUA. *Estrategia Nacional de Calidad del Agua* [en línea]. Quito-Ecuador: Ministerio del Ambiente, Ecuador, 2016. [Consulta: 11 abril 2022]. Disponible en: <https://n9.cl/1klc>.

SENPLADES. *Plan Nacional Para el Buen Vivir 2017-2021* [en línea]. Quito-Ecuador: Juan León Mera N 1936 y Patria Edif. Senplades, 2017. [Consulta: 8 julio 2022]. Disponible en: <https://www.gobiernoelectronico.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/09/Plan-Nacional-para-el-Buen-Vivir-2017-2021.pdf>.

SIERRA, C. *Calidad del Agua, Evaluación y Diagnóstico* [en línea]. Bogotá-Colombia: Digiprint Editores E.U., 2011. [Consulta: 28 mayo 2022]. Disponible en: <https://repository.udem.edu.co/handle/11407/2568>.

TEMAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA. “Metodologías para la identificación y valoración de impactos ambientales”. *ResearchGate* [en línea], 2013, (México) 17(50), pp. 37-42. [Consulta: 12 agosto 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/264407862_Metodologias_para_la_identificacion_y_valoracion_de_impactos_ambientales.

TERCEDOR, J., et al. *Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la directiva marco del agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro* [en línea]. España: Jesús de la Fuente Álvaro y Ministerio del Ambiente, 2005. [Consulta: 9 junio 2022]. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/agua/publicaciones/Protocolos_muestreo_biologico_con_portada_tcm30-214764.pdf.

TORRES, P., et al. “Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una Revisión Crítica”. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín* [en línea], 2009, (Colombia) 8(15), pp. 79-94. [Consulta: 15 marzo

2022]. ISSN 1692-3324. Disponible en:
<https://revistas.udem.edu.co/index.php/ingenierias/article/view/59>.

UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA. *Guía de monitoreo participativo de la calidad de agua* [en línea]. Quito-Ecuador: UICN, 2018. [Consulta: 31 mayo 2022]. Disponible en: <file:///C:/Users/Administrador/Downloads/gu-237-a-de-monitoreo-participativo-de-la-iucn.pdf>.

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS. *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú* [en línea]. Lima-Perú: Zona Comunicaciones S.A.C., 2014. [Consulta: 31 mayo 2022]. Disponible en: <https://repositoriodigital.minam.gob.pe/handle/123456789/887>.

VALCARCEL, L., et al. “El índice de calidad de agua como herramienta para la gestión de los recursos hídricos”. *Revista Electrónica de la Agencia de Medio Ambiente* [en línea], 2010, (Cuba) 10(18), pp. 1-5. [Consulta: 28 mayo 2022]. ISSN 1683-8904. Disponible en: <https://cmad.ama.cu/index.php/cmاد/article/view/141>.

VARGAS, O. “Restauración Ecológica: Biodiversidad y Conservación”. *Acta Biológica Colombiana* [en línea], 2011, (Colombia) 16(2), pp. 221-246. [Consulta: 26 mayo 2022]. ISSN 0120-548X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3190/319028008017.pdf>.

YOGENDRA, K., & PUTTAIAH, E. “Determination of Water Quality Index and Suitability of Urban Waterbody in Shimoga Town, Karnataka”. *ResearchGate* [en línea], 2008, (India) 12(1), pp. 342-346. [Consulta: 28 mayo 2022]. ISSN 577-451. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/266879506_Determination_of_Water_Quality_Index_and_Suitability_of_an_Urban_Waterbody_in_Shimoga_Town_Karnataka.

ANEXOS

ANEXO A: RECORRIDO E IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO



Estación PM-01



Estación PM-02



Estación PM-03



Identificación de las estaciones de monitoreo con el GPS

ANEXO B: ETIQUETA DE MUESTREO

Condiciones Climáticas:			
Río:			
Estación:	PM-01	PM-02	PM-03
Fecha:		Hora:	
Responsable:			
Observaciones:			

Realizado por: (Maza Eduardo 2022)

ANEXO C: EQUIPOS UTILIZADOS PARA ANÁLISIS IN SITU



Medidor multiparamétrico

pH-metro

ANEXO D: MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS INSITU



ANEXO E: RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE AGUA PARA ANÁLISIS DE LABORATORIO



ANEXO F: PROCEDIMIENTO PARA ANÁLISIS DE MUESTRAS EN EL LABORATORIO



Siembra e identificación de coliformes fecales método tubos INDOL



Determinación de nitratos y fosfatos



Materiales para el DBO₅



Determinación del DBO₅

ANEXO G: MATERIALES Y EQUIPOS PARA LA RECOLECCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS



Red D-Net, Cooler, Bandeja plástica, pinzas entomológicas



Red Surber



Estereomicroscopio

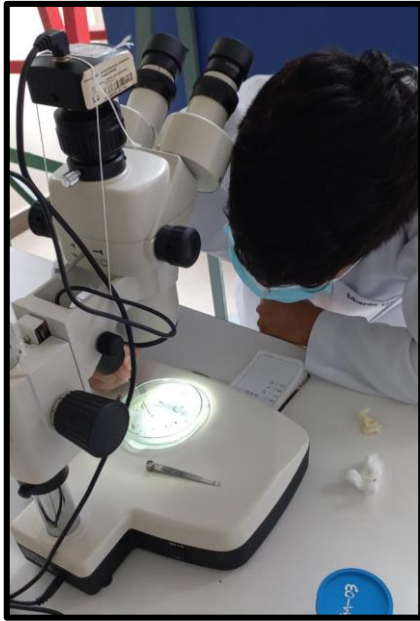


Red de pantalla

ANEXO H: RECOLECCIÓN DE MACROINVERTEBRADOS



ANEXO I: OBSERVACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LAS FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS



ANEXO J: TABLA 2, ÍNDICE DEL NMP CON 95% DE LÍMITE DE CONFIANZA PARA VARIAS COMBINACIONES DE RESULTADOS POSITIVOS Y NEGATIVOS.

TABLA 2. Índice del NMP con 95% de límite de confianza para varias combinaciones de resultados positivos y negativos cuando se usan 10 tubos con 10 mL de muestra de agua o hielo.

No. de Tubos Positivos	NMP/100 mL	95% de Límite de Confianza (aproximado)	
		Inferior	Superior
0	<1,1	0,0	3,0
1	1,1	0,03	5,9
2	2,2	0,26	8,1
3	3,6	0,69	10,6
4	5,1	1,3	13,4
5	6,9	2,1	16,8
6	9,2	3,1	21,1
7	12,0	4,3	27,1
8	16,1	5,9	36,8
9	23,0	8,1	59,5
10	>23,0	13,5	Infinito

Fuente: (Camacho et al. 2009,p. 16)

ANEXO K: TABLA 2, DEL ACUERDO MINISTERIAL 097 A, ANEXOS DE NORMATIVA

14 Miércoles 4 de noviembre de 2015 -- Edición Especial N° 387 - Registro Oficial

TABLA 2: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y DE ESTUARIOS

PARÁMETROS	Expresados como	Unidad	Criterio de calidad	
			Agua dulce	Agua marina y de estuario
Aluminio ⁽¹⁾	Al	mg/l	0,1	1,5
Amoniaco Total ⁽²⁾	NH ₃	mg/l	-	0,4
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1	1,5
Bifenilos Policlorados	Concentración de PCBs totales	µg/l	1,0	1,0
Boro	B	mg/l	0,75	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,001	0,005
Cianuros	CN	mg/l	0,01	0,01
Cinc	Zn	mg/l	0,03	0,015
Cloro residual total	Cl ₂	mg/l	0,01	0,01
Clorofenoles ⁽³⁾		mg/l	0,05	0,05
Cobalto	Co	mg/l	0,2	0,2
Cobre	Cu	mg/l	0,005	0,005
Cromo total	Cr	mg/l	0,032	0,05
Estaño	Sn	mg/l		2,00
Fenoles monohídricos	Expresado como fenoles	mg/l	0,001	0,001
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,5	0,5
Hierro	Fe	mg/l	0,3	0,3
Manganeso	Mn	mg/l	0,1	0,1
Materia flotante de origen antrópico	visible		Ausencia	Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,1
Oxígeno Disuelto	OD	% de saturación	> 80	> 60
Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05
Plaguicidas organoclorados totales	Organoclorados totales	µg/l	10,0	10,0
Plaguicidas organofosforados totales	Organofosforados totales	µg/l	10,0	10,0
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,005
Plomo	Pb	mg/l	0,001	0,001
Potencial de Hidrógeno	pH	unidades de pH	6,5 – 9	6,5 – 9,5
Selenio	Se	mg/l	0,001	0,001
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,2	-
Nitratos	NO ₃	mg/l	13	200
DQO	DQO	mg/l	40	-
DBO5	DBO ₅	mg/l	20	-
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	max incremento de 10% de la condición natural	-

⁽¹⁾ Aluminio: Si el pH es menor a 6,5 el criterio de calidad será 0,005 mg/l
⁽²⁾ Aplicar la Tabla 2a como criterio de calidad para agua dulce
⁽³⁾ Si sobrepasa el criterio de calidad se debe analizar el diclorofenol cuyo criterio de calidad es 0,2 ug/l

Documento con posibles errores digitalizado de la publicación original. Favor verificar con imagen.
 No imprima este documento a menos que sea absolutamente necesario.

ANEXO L: TABLA 3, DEL ACUERDO MINISTERIAL 097 A, ANEXOS DE NORMATIVA

TABLA 3: CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA RIEGO AGRICOLA			
PARAMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y grasas	PelículaVisible		Ausencia
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico	As	mg/l	0,1
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Cinc	Zn	mg/l	2,0
Cobalto	Co	mg/l	0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,2
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	1000
Cromo	Cr ⁺⁶	mg/l	0,1
Flúor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Huevos de parásitos			Ausencia
Litio	Li	mg/l	2,5
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,001
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,5
Oxígeno Disuelto	OD	mg/l	3
pH	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	5,0
Selenio	Se	mg/l	0,02
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/l	250
Vanadio	V	mg/l	0,1

ANEXO M: TABLA 9, DEL ACUERDO MINISTERIAL 097 A, ANEXOS DE NORMATIVA.









**ANEXO 1 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE:
NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA**




TABLA 9. LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sust. solubles en hexano	mg/l	30,0
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro Total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	2000
Color real ¹	Color real	unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10,0
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50,0
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos totales	ST	mg/l	1 600
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	1000
Sulfuros	S ⁻²	mg/l	0,5
Temperatura	°C		Condición natural ± 3
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0

¹ La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida

ANEXO N: FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS MÁS ABUNDANTES EN EL TRAMO DE ESTUDIO.


Familia	Orden	Imagen
Leptohyphidae	Ephemeroptera	 A photograph of a Leptohyphidae nymph, showing its dark body, long antennae, and three pairs of legs.
Oligoneuriidae	Ephemeroptera	 A photograph of an Oligoneuriidae nymph, characterized by its segmented body and long antennae.
Euthyplociidae	Ephemeroptera	 A photograph of an Euthyplociidae nymph, showing its dark, segmented body and long antennae.
Gerridae	Hemiptera	 A photograph of a Gerridae nymph, showing its dark, flat body and long antennae.
Veliidae	Hemiptera	 A photograph of a Veliidae nymph, showing its dark, flat body and long antennae.
Chironomidae	Díptera	 A photograph of a Chironomidae larva, showing its long, segmented body and long antennae.
Corydalidae	Megalóptera	 A photograph showing three Corydalidae nymphs of different sizes, highlighting their dark, segmented bodies and long antennae.
Hidropsychidae	Trichóptera	 A photograph of a Hidropsychidae nymph, showing its dark, segmented body and long antennae.

<p>Perlidae</p>	<p>Plecóptera</p>	
<p>Oligochaeta</p>	<p>Haplotaxida</p>	
<p>Tipulidae</p>	<p>Díptera</p>	

Realizado por: (Maza Eduardo 2022)

Fuente: (Maza Eduardo 2022)

ANEXO Ñ: RESULTADOS DEL ICA-NSF EN EL SOFWTWARE IQA-DATA

IQADATA.:. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA			
UNISC - Universidade de Santa Cruz do Sul			
Dirección: Av. Independência, 2293			
Barrio: Universitário			
Ciudad: Santa Cruz do Sul	Código postal: 96815-900		
Sitio: www.unisc.br	Teléfono: (51) 3717-7300		
Departamento: Eng. Produção	E-mail: adilson@unisc.br		
Contacto: Adilson			
Muestras de agua			
Local:	PUNTO MIRIUMI 1 ABRIL 2022	Fecha:	03/04/2022
Corpo Hídrico:	Rio Jacuí	Hora:	8:00:00
Bacia Hidrográfica:	Atlântico Sul	ICA:	NSF
Ciudad:	VENÂNCIO AIRES	Resultados:	69,26
Altitud (m):	814	Clasificación	Regular
Local:	PUNTO MIRIUMI 1 MAYO 2022	Fecha:	03/05/2022
Corpo Hídrico:	Rio Jacuí	Hora:	8:00:00
Bacia Hidrográfica:	Atlântico Sul	ICA:	NSF
Ciudad:	VENÂNCIO AIRES	Resultados:	68,15
Altitud (m):	814	Clasificación	Regular
Local:	PUNTO MIRIUMI 1 JUNIO 2022	Fecha:	13/06/2022
Corpo Hídrico:	Rio Jacuí	Hora:	8:00:00
Bacia Hidrográfica:	Atlântico Sul	ICA:	NSF
Ciudad:	VENÂNCIO AIRES	Resultados:	71,66
Altitud (m):	814	Clasificación	Buena
Local:	PUNTO MIRIUMI 2 ABRIL 2022	Fecha:	03/06/2022
Corpo Hídrico:	Rio Jacuí	Hora:	8:00:00
Bacia Hidrográfica:	Atlântico Sul	ICA:	NSF
Ciudad:	VENÂNCIO AIRES	Resultados:	66,66
Altitud (m):	797	Clasificación	Regular
Local:	PUNTO MIRIUMI 2 MAYO 2022	Fecha:	03/05/2022
Corpo Hídrico:	Rio Jacuí	Hora:	8:00:00
Bacia Hidrográfica:	Atlântico Sul	ICA:	NSF
Ciudad:	VENÂNCIO AIRES	Resultados:	55,97
Altitud (m):	797	Clasificación	Regular
Local:	PUNTO MIRIUMI 2 JUNIO 2022	Fecha:	13/06/2022
Corpo Hídrico:	Rio Jacuí	Hora:	8:00:00
Bacia Hidrográfica:	Atlântico Sul	ICA:	NSF
Ciudad:	VENÂNCIO AIRES	Resultados:	61,01
Altitud (m):	797	Clasificación	Regular
Local:	PUNTO MIRIUMI 3 ABRIL 2022	Fecha:	03/04/2022
Corpo Hídrico:	Rio Jacuí	Hora:	8:00:00
Bacia Hidrográfica:	Atlântico Sul	ICA:	NSF
Ciudad:	VENÂNCIO AIRES	Resultados:	67,37
Altitud (m):	786	Clasificación	Regular
Local:	PUNTO MIRIUMI 3 MAYO 2022	Fecha:	03/05/2022
Corpo Hídrico:	Rio Jacuí	Hora:	8:00:00
Bacia Hidrográfica:	Atlântico Sul	ICA:	NSF
Ciudad:	VENÂNCIO AIRES	Resultados:	63,51
Altitud (m):	786	Clasificación	Regular

Muestras de agua

Local:	PUNTO MIRIUMI 3 JUNIO 2022	Fecha:	13/06/2022
Corpo Hídrico:	Rio Jacuí	Hora:	8:00:00
Bacia Hidrográfica:	Atlântico Sul	ICA:	NSF
Ciudad:	VENÂNCIO AIRES	Resultados:	65,15
Altitud (m):	786	Clasificación	Regular





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: 24 / 01 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Edwin Eduardo Maza Rodríguez
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Ambiental
Título a optar: Ingeniero Ambiental
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo MSc.

0111-DBRA-UPT-2023