



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

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO YUQUIPA,
TRAMO - COMUNIDAD SAGRADO CORAZÓN, MEDIANTE LA
IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AMBIENTAL

AUTORA:

JOHANNA VALERIA JAPA CANDO

Macas – Ecuador

2021



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO YUQUIPA,
TRAMO - COMUNIDAD SAGRADO CORAZÓN, MEDIANTE LA
IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AMBIENTAL

AUTORA: JOHANNA VALERIA JAPA CANDO

DIRECTOR: Ing. MCs. MIGUEL ÁNGEL OSORIO RIVERA

Macas – Ecuador

2021

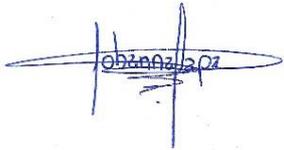
©2021, Johanna Valeria Japa Cando

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, JOHANNA VALERIA JAPA CANDO, declaro que el presente trabajo de integración curricular es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular, El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Macas, 17 de septiembre de 2021



Johanna Valeria Japa Cando

1400616346

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto Técnico, **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO YUQUIPA, TRAMO - COMUNIDAD SAGRADO CORAZÓN, MEDIANTE LA IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS**, realizado por la señorita: **JOHANNA VALERIA JAPA CANDO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Jessica Paola Arcos Logroño MCs. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: JESSICA PAOLA ARCOS LOGRONO	2021 – 09 – 17
Ing. Miguel Ángel Osorio Rivera MCs. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 Firmado electrónicamente por: MIGUEL ANGEL OSORIO RIVERA	2021 – 09 – 17
Ing. Christian Orlando Camacho López MSc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: CHRISTIAN ORLANDO CAMACHO LOPEZ	2021 – 09 – 17

DEDICATORIA

Con todo el amor dedico este trabajo a mis hijos, Cristian y Valentina por ser mi fuente de inspiración y mis compañeros de lucha durante este proceso. A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional. A mi padre, por haber confiado en mí y haberme apoyado cuando decidí iniciar este camino. Y a mi hermana por ayudarme cuando lo necesitaba. Los amo.

Johanna

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por su infinito amor y misericordia. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Sede Morona Santiago, por la formación profesional que recibí dentro de sus aulas. A mi director M.Cs. Miguel Osorio, por transmitirme sus conocimientos durante algunos semestres de estudio y por guiarme durante la realización de este trabajo. Al miembro de mi trabajo, MSc. Christian Camacho, por su valioso aporte y revisión en la elaboración de este escrito.

A mi novio Freddy, por su apoyo incondicional durante todo el proceso de mi carrera. A mis compañeros Zorayda y Diego, quienes colaboraron con su tiempo y conocimientos en la realización de varias actividades fundamentales para el proceso investigativo. Gracias a todos los que con su granito de arena aportaron para que hoy cumpla uno de mis grandes sueños.

Johanna

TABLA DE CONTENIDOS

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

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	3
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Objetivos.....	4
1.2.1. <i>Objetivo General</i>	4
1.2.2. <i>Objetivos Específicos</i>	4

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS	5
2.1. Antecedentes.....	5
2.2. Bases teóricas.....	6
2.2.1. <i>Ciclo hidrológico</i>	6
2.2.3. <i>Cuenca hidrológica</i>	7
2.2.3.1. <i>Características de una cuenca hidrológica</i>	7
2.2.4. <i>Ríos</i>	7
2.2.4.1. <i>Partes de un río</i>	8
2.2.5.2. <i>Cursos de los ríos</i>	8
2.2.5.3. <i>Fauna y flora de los ríos</i>	8
2.2.5. <i>Contaminación del agua</i>	8
2.2.5.1. <i>Principales tipos de contaminación del agua</i>	9
2.2.6. Macroinvertebrados	10
2.2.6.1. <i>Clasificación de macroinvertebrados según su adaptación en el cauce</i>	10
2.2.6.3. <i>Grupos de macroinvertebrados en ecosistemas fluviales</i>	12

2.2.6.4.	<i>Principales características como bioindicadores</i>	13
2.2.7.	<i>Hábitats acuáticos</i>	14
2.2.8.	<i>Calidad del agua</i>	14
2.2.9.	<i>Índice de calidad del agua (ICA)</i>	15
2.2.9.1.	<i>Índice de calidad (NSF)</i>	15
2.2.10.	<i>Muestreo</i>	16
2.2.10.1.	<i>Tipos de muestreo</i>	16
2.2.11.	<i>Índice de hábitat fluvial (IHF)</i>	16
2.2.12.	<i>Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP)</i>	17
2.3.	Marco legal	17
2.3.1.	<i>Constitución de la República del Ecuador</i>	17
2.3.1.1.	<i>Derechos del buen vivir</i>	17
2.3.1.2.	<i>Régimen de desarrollo</i>	18
2.3.2.3.	<i>Título VII: Régimen del buen vivir</i>	18
2.3.2.	<i>Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua</i>	18
2.3.3.	<i>Acuerdo No. 097-A (Refórmese el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente)</i>	19
2.4.	Bases Conceptuales	20
2.4.1.	<i>Ecosistemas acuáticos</i>	20
2.4.2.	<i>Bioindicadores</i>	20
2.4.3.	<i>Caudal</i>	20
2.4.4.	<i>Aforo</i>	20
2.4.5.	<i>Método del Flotador</i>	21
2.4.6.	<i>Afluente</i>	21
2.4.7.	<i>Agua residual</i>	21
2.4.7.1.	<i>Agua residual doméstica</i>	21
2.4.9.	<i>Agua superficial</i>	21
2.4.10.	<i>Canales</i>	21
2.4.11.	<i>Carga contaminante</i>	21
2.2.12.	<i>Carga máxima permisible</i>	22
2.2.14.	<i>Calidad del agua</i>	22
2.2.15.	<i>Cuerpo receptor</i>	22
2.2.16.	<i>Cuerpo de agua severamente contaminado</i>	22
2.2.17.	<i>Descarga de aguas residuales</i>	22
2.2.18.	<i>Descarga Puntual</i>	22
2.2.19.	<i>Descarga no puntual</i>	22
2.2.20.	<i>Efluente</i>	23

2.2.21.	<i>Impacto ambiental</i>	23
2.2.22.	<i>Monitoreo de la calidad en cuerpos de agua</i>	23
2.2.23.	<i>Norma (estándar) de calidad del agua</i>	23
2.2.24.	<i>Parámetro, componente o característica.</i>	23
2.2.25.	<i>Punto de muestreo.</i>	23
2.2.26.	<i>Coliformes fecales</i>	24

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	25
3.1.	Métodos	25
3.2.	Diseño de investigación	26
3.2.1.	<i>Localización del proyecto</i>	26
3.3.	Lógica de investigación técnica	26
3.3.1.	<i>Selección de estaciones de monitoreo en el río Yuquipa</i>	26
3.3.1.1.	<i>Estación PY-1</i>	27
3.3.1.2.	<i>Estación PY-2</i>	27
3.3.1.3.	<i>Estación PY-3</i>	27
3.3.2.	<i>Análisis fisicoquímico y microbiológico</i>	28
3.3.2.1.	<i>Toma de las muestras</i>	28
3.3.2.2.	<i>Análisis de parámetros físico, químico y microbiológico</i>	29
3.3.2.3.	<i>Cálculo del WQI de la NSF</i>	29
3.3.3.	<i>Evaluación del índice de hábitat fluvial – IHF</i>	30
3.3.4.	<i>Monitoreo de los macroinvertebrados bentónicos</i>	32
3.3.4.1.	<i>Caracterización de macroinvertebrados.</i>	33
3.3.4.2.	<i>Aplicación de metodología de Roldán para el cálculo de índice BMWP/Col.</i>	33
3.3.5.	<i>Cálculo de caudales en puntos de muestreo</i>	34

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	36
4.1.	Análisis de los parámetros del WQI de la NSF	36
4.1.1.	<i>Medición de oxígeno disuelto</i>	36
4.1.2.	<i>Medición de coliformes fecales</i>	37
4.1.3.	<i>Medición de pH</i>	38
4.1.4.	<i>Resultados del WQI según la aplicación de la metodología de NSF</i>	39
4.2.	Cálculo de índice del hábitat fluvial (IHF)	41

4.2.1.	<i>Análisis del cálculo de índice hábitat fluvial</i>	47
4.3.	Índice BMWP/Col	48
4.4.	Cálculo del caudal	54
4.5.	Comparación entre el índice BMWP/Col y el índice WQI	55
	CONCLUSIONES	57
	RECOMENDACIONES	58
	GLOSARIO	
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Principales macroinvertebrados de los sistemas fluviales.	12
Tabla 1-3:	Descripción del proceso de monitoreo.	28
Tabla 2-3:	Método aplicativo en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos	29
Tabla 4-3:	Clasificación del índice NSF.....	30
Tabla 5-3:	Hoja de campo: Evaluación del hábitat fluvial para ríos mediterráneos. Índice IHF.	31
Tabla 6-3:	Valorización de la calidad del índice de hábitat fluvial	32
Tabla 7-3:	Puntaje individual por familias para la índice BMWP/Col	33
Tabla 8-3:	Clases de calidad de agua según el índice BMWP/Col.	34
Tabla 1-4:	Valoración y clasificación de WQI de la NSF	39
Tabla 2-4:	Evaluación del Hábitat Fluvial de la estación PY-1 en los 3 meses de muestreo	41
Tabla 3-4:	Evaluación del Hábitat Fluvial de la estación PY-2 en los 3 meses de muestreo	43
Tabla 4-4:	Evaluación del Hábitat Fluvial de la estación PY-3 en los 3 meses de muestreo	45
Tabla 5-4:	Familias de macroinvertebrados en el río Yuquipa	52
Tabla 6-4:	Comparación de los índices biológico BMWP/Col y WQI	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Ciclo hidrológico del agua.....	6
Figura 2-2:	Partes de una cuenca Hidrológica.....	7
Figura 3-2:	Macroinvertebrados Necton en un ecosistema acuático.....	10
Figura 4-2:	Macroinvertebrados representativos de hábitats Bentos	11
Figura 5-2:	Tipos de sustratos, duros en zonas (1) lítica y (2) lentic, (3) vegetación emergida, (4) macroalgas y (5) arena grava o fango	11
Figura 6-2:	Macroinvertebrados Neuston en un ecosistema acuático	12
Figura 1-3:	Mapa de ubicación del tramo de estudio, Río Yuquipa	26

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-4:	Medición de oxígeno disuelto en muestras de agua del río Yuquipa.....	36
Gráfico 2-4:	Mediciones de coliformes fecales en muestras de agua del río Yuquipa.....	37
Gráfico 3-4:	Medición del pH en muestras de agua del río Yuquipa.....	38
Gráfico 4-4:	Valoración y clasificación de WQI de la NSF	39
Gráfico 5-4:	Evaluación del Hábitat Fluvial, índice IHF del río Yuquipa	47
Gráfico 6-4:	Índice BMWP/Col de Nov. PY-1.....	48
Gráfico 7-4:	Índice BMWP/Col de Nov. PY-2.....	48
Gráfico 8-4:	Índice BMWP/Col de Nov. PY-3.....	48
Gráfico 9-4:	Índice BMWP/Col de Dic. PY-1.....	49
Gráfico 10-4:	Índice BMWP/Col de Dic. PY-2.....	49
Gráfico 11-4:	Índice BMWP/Col de Dic. PY-3.....	50
Gráfico 12-4:	Índice BMWP/Col de Enero. PY-2.....	50
Gráfico 13-4:	Índice BMWP/Col de Enero. PY-2.....	51
Gráfico 14-4:	Índice BMWP/Col de Enero. PY-3.....	51
Gráfico 15-4:	Calidad de agua en las diferentes estaciones de monitoreo.	52
Gráfico 16-4:	Medición mensual del caudal del Río Yuquipa.....	54
Gráfico 17-4:	Promedio por estación del caudal del Río Yuquipa.....	54

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES Y EN AGUAS MARINAS Y DE ESTUARIOS
- ANEXO B:** NORMA TÉCNICA ECUATORIANA, INEN
- ANEXO C:** GEORREFERENCIACIÓN
- ANEXO D:** MEDICIÓN DEL CAUDAL
- ANEXO E:** TOMA DE MUESTRAS IN SITU
- ANEXO F:** APLICACIÓN Y CÁLCULO DE ÍNDICES WQI MEDIANTE EL SOFTWARE IQADATA
- ANEXO G:** TOMA DE MUESTRAS DE MACROINVERTEBRADOS
- ANEXO H:** ANÁLISIS DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS
- ANEXOS I:** MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS
- ANEXOS J:** DATOS GENERADOS DEL ÍNDICE BMWP/COL

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua del río Yuquipa, tramo - comunidad Sagrado Corazón, mediante la identificación de macroinvertebrados bentónicos. Se empleó un enfoque de investigación cuali-cuantitativo. Se usó el método de bioindicadores, con la identificación de macroinvertebrados bentónicos y el índice de calidad *National Sanitation Foundation* (NSF) utilizando el Software IOAData; se determinó el hábitat de este tramo y el cauce del río mediante el Índice de Hábitat Fluvial (IHF). Para la evaluación de la calidad del agua se usó monitoreo biológico de los macroinvertebrados bentónicos empleando el Índice *Biological Monitoring Party* (BMWP/Col) y el índice de calidad de agua. Se obtuvo variables mediante puntos de muestreo en diferentes estaciones a lo largo del tramo del río Yuquipa, valorando el deterioro acuático e impacto ambiental. Como resultados, la calidad de agua en las estaciones PY-1 y PY-2 es Regular en los tres meses de estudio; en la estación PY-3 en noviembre de 2020 y enero de 2021, la calidad es Buena, mientras que en diciembre es Regular debido a la escorrentía y arrastre de contaminantes efectos de lluvias estacionales. De la evaluación del hábitat fluvial, se determinó un nivel de calidad Buena, presentando el nivel más bajo de 46 en la estación PY-1. El monitoreo BMWP/Col determinó una calidad Aceptable (Clase II) en las estaciones PY-1 y PY-2 y una calidad Buena (Clase I) en PY-3. Se identificó, la presencia de 18 familias de macroinvertebrados en relación estrecha con el índice de calidad para su supervivencia y adaptabilidad. Por último, se recomienda realizar un sistema de alcantarillado sostenible y con mayor carga de circuito, para un tratamiento de estas aguas residuales y devolver el agua a su cauce. También, se sugiere un plan de conservación del río Yuquipa y un repositorio digital.

PALABRAS CLAVES: <ÍNDICE>, <CALIDAD>, <RÍO YUQUIPA>, <MACROINVERTEBRADOS>, <BMWP/COL>, <AGUA>, <ESTACIONES>, <MUESTREO>.

INES
ZAPATA
ZUMAR
RAGA

Firmado digitalmente
por INES ZAPATA
ZUMARRAGA
DN: cn=INES ZAPATA
ZUMARRAGA, gn=INES
c=EC, l=RIOBAMBA
ou=Certificado de Clase
2 de Persona Física EC,
e=ineszapata@hotmail.
com
Motivo: Apruebo este
documento
Ubicación:
Fecha: 2021-07-26
11:50:05-00



1448-DBRA-UPT-2021

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the water quality from Yuquipa River, stretch - Sagrado Corazón community by identifying benthic macroinvertebrates. A qualitative-quantitative research approach was applied. The bioindicator method was used, with the identification of benthic macroinvertebrates and the National Sanitation Foundation (NSF) quality index using the IOAData Software the habitat of this section and the riverbed were determined using the River Habitat Index (IHF). For the evaluation of water quality, biological monitoring of benthic macroinvertebrates was used applied the Biological Monitoring Party Index (BMWP/Col) and the water quality index. Variables were obtained through sampling points at different stations along the Yuquipa River stretch assessing the aquatic deterioration and environmental impact. As a result, the water quality in stations PY-1 and PY-2 is Regular in the three months of study; In the PY-3 station in November 2020 and January 2021, the quality is Good, while in December it is Regular due to runoff and carry-over of pollutants effects of seasonal rains. From the evaluation of the fluvial habitat, a Good quality level was determined, presenting the lowest level of 46 in the PY-1 station. The BMWP/Col monitoring determined an Acceptable quality (Class II) in stations PY-1 and PY-2, and a Good quality (Class I) in PY-3. The presence of 18 macroinvertebrate families was identified in close relationship with the quality index to their survival and adaptability. Finally, it is recommended to create a sustainable sewerage system with a higher circuit load to treat this wastewater and return the water to its cause. Also, a conservation plan for the Yuquipa River and a digital repository are suggested.

KEY WORDS: <INDEX>, <QUALITY>, <RÍO YUQUIPA>, <MACROINVERTEBRADOS>, <BMWP/COL>, <WATER>, <STATIONS>, <SAMPLE>.



Firmado electrónicamente por:
**LUIS ARMANDO
QUISHPE HIPO**

INTRODUCCIÓN

El aumento de población a nivel mundial ha generado la necesidad de aprovechar más los recursos naturales como ríos, lagos, aguas subterráneas, humedales entre otras aguas dulces. La irresponsabilidad en la utilización de estas fuentes hídricas produce daños ecológicos, como menciona Kolenati (1848, p.76). Además, se ha determinado que los residuos domésticos e industriales han ocasionado impactos negativos en ciertas especies animales y vegetales, y en el grado de calidad del agua, en las primeras investigaciones del siglo XX (Criollo, 2018, p.19; citado en Arroyo, 2009, pp.11-12).

Giacometti (2006, p.18), establece que los macroinvertebrados acuáticos son ideales como herramienta en la caracterización biológica integral en la calidad del agua en un cauce, son los más utilizados en la actualidad como indicadores biológicos (Pérez et al, 2020, p.35; citado en Ermeus et al, 2012, p. 42). Los macroinvertebrados se adaptan al hábitat de acuerdo con sus características de requerimientos especiales y las exigencias ambientales, permitiendo a estos organismos que habiten de acuerdo con el límite de tolerancia en las diferentes alteraciones acuáticas (Sánchez et al, 2020, pp. 3-4).

En América Latina, investigaciones relacionadas a estudios puntuales sobre macroinvertebrados bentónicos son escasas, entre los países que han realizado estos estudios se encuentran Ecuador, Colombia, Venezuela, entre otros (Segnini, 2003; citado en Criollo, 2018, p.19). Según Prado, en el Ecuador los ríos sustentan el desarrollo de numerosas actividades agroindustriales y ganaderas sin tener en cuenta el impacto ambiental sobre la estabilidad de los ecosistemas acuáticos, causando problemas ambientales como disminución del caudal, contaminación de los ríos por descargas de aguas negras y/o grises o extinción de especies biológicas asociadas al agua dulce (Miranda, 2018, p. 15). En el país en el estudio de macroinvertebrados como indicadores de calidad hídrica, se han realizado proyectos técnicos investigativos en áreas de descargas residuales al río Quevedo, en ríos tropicales de bosque de neblina montano, de las aguas de la laguna de Ozogoché, entre otras (Encalada 2009; citado en Montes y Bohórquez, 2012, p.53).

El río Yuquipa es uno de los cauces hídricos que está ubicado en la parroquia Sevilla Don Bosco, cantón Morona, provincia de Morona Santiago, siendo la parroquia más extensa del cantón con una superficie de 2 305,44 km² (Plan de Ordenamiento Territorial de Sevilla Don Bosco, 2014, p. 17); abastece a las diferentes actividades como: consumo humano, ganadería, agricultura, minería, pesca, piscicultura, vía de transporte entre comunidades, puesto que, atraviesa los pueblos de Sagrado Corazón y San Luis de Inimkis (Plan de Ordenamiento Territorial de Sevilla Don Bosco, 2014, p.17).

Este río es usado para desembocar aguas residuales provenientes de las comunidades aledañas, de la limpieza de los animales estabulados en su orilla y como botadero de residuos orgánicos generados por esta misma actividad. Estas actividades han desencadenado el deterioro progresivo

y significativo de la calidad del agua, causando afecciones a la salud de la población y, alteraciones ambientales y ecológicas de la flora y fauna del medio acuático como de su entorno.

Por esta problemática en el tramo fluvial del río Yuquipa, se evaluó la calidad del agua mediante el método de bioindicadores, como la identificación de macroinvertebrados bentónicos, el índice de calidad (NSF) utilizando el Software IQADData (Manco et al., 2018, p.276) y la determinación del hábitat existente en el cauce mediante el índice de hábitat fluvial (IHF) (Pardo et al., 2002: p.115).

En la evaluación de la calidad del agua con la aplicación de metodologías se generaron datos por medio del monitoreo biológico de los macroinvertebrados bentónicos con el índice Biological Monitoring Working Party (Medina et al., 2017, p.5) y el índice de calidad de agua, este último índice consiste en analizar los 9 parámetros: temperatura, oxígeno disuelto, DBO₅, turbiedad, pH, sólidos disueltos totales, nitratos, fosfatos y coliformes fecales (Torres, 2018, p.3).

Según las variables obtenidas por cada punto de muestreo antes, durante y después del tramo del río Yuquipa que atraviesa por la comunidad Sagrado Corazón, se valoró la existencia del deterioro acuático y el impacto ambiental de la biodiversidad y la calidad del agua existente.

Se documentó la evaluación de la calidad del agua en el tramo del río, detallando con datos analíticos las propiedades del agua, teniendo como alcance que las diferentes actividades sociales que se desarrollan en el tramo del río deben ser mejoradas para preservar el equilibrio ambiental, la calidad del agua, la composición y la estructura de la fauna y flora del lugar; y a la vez sirviendo como base de información para futuras investigaciones o aplicaciones que se enfoquen en la conservación del ecosistema del río Yuquipa.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

El Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas, establece que la decadencia de la calidad del agua es un problema preocupante para la sociedad y el medio ambiente a nivel mundial (ONU-DAES 2015, párr.2).

Las actividades humanas que tienen lugar en la superficie terrestre generan contaminantes, de los cuales el 90% son arrastrados por los ríos hacia el mar (CEPAL, 2002, p. 63) creando un impacto negativo en el ecosistema acuático.

En el Ecuador existen numerosos ríos que se originan de elevados relieves andinos, vertidos por las dos cuencas, Amazonas y Pacífico, que actualmente han sido alteradas o modificadas en su contenido estructural de la fauna y flora fluvial a causa de fuertes impactos antropogénicos que tienen lugar en actividades agroindustriales, minería ilegal y no sostenible, sistemas de aguas residuales no tratadas, actividades petroleras sin planes ni monitoreos de sus instalaciones diarias o mensuales, entre otros (Liñero et al., 2016, p.69).

Estas alteraciones son de gran importancia pudiendo ocasionar efectos nocivos sobre la salud humana y/o en el medio ambiente. Su efecto de toxicidad dependerá de la carga de contaminantes que sean desembocados en los ríos y estos a su vez pueden ser arrastrados hacia otros sistemas acuáticos (Pauta et al., 2019, p.77; citado en Liñero et al., 2016, p.70). Por esta razón varios investigadores han desarrollado técnicas de bioindicadores para medir la calidad del agua en los ríos, enfocados a la recuperación del recurso donde se ha detectado una contaminación elevada que altera la vida acuática (Liñero et al., 2016, p.72).

Con estos datos relacionados al problema ambiental que atraviesan los ríos, en la provincia de Morona Santiago se han desarrollado investigaciones independientes por parte de instituciones públicas o privadas como es el estudio de macroinvertebrados bentónicos en el tramo de la microcuenca de río Quebrada del Cantón Morona (Criollo, 2018, p.1), así como la Evaluación de la calidad del agua mediante macroinvertebrados en el tramo Padre Carollo Paus de la microcuenca hidrográfica de Río Blanco, Morona Santiago (Miranda, 2018, p.4), entre otros tramos acuáticos.

Demostrando que, los macroinvertebrados son excelentes indicadores de la calidad del agua (Carrera y Fierro, 2001) y una de las herramientas más utilizadas e ideales para la caracterización biológica e integral de los recursos hídricos (Ronald, 1996, p.), (Giacometti y Bersosa, 2006, p.18) porque los macroinvertebrados se adaptan dentro del límite de tolerancia en las diferentes alteraciones acuáticas (Sánchez et al., 2020, pp.3-4).

Aportando a las evaluaciones de los ríos pertenecientes a la provincia de Morona Santiago se desarrolla el proyecto técnico investigativo de evaluación de la calidad del agua del río Yuquipa, tramo - Comunidad Sagrado Corazón, mediante la identificación de macroinvertebrados bentónicos.

El río Yuquipa está ubicado en la parroquia Sevilla Don Bosco, cantón Morona, provincia de Morona Santiago. En este tramo presenta descargas de aguas servidas o contaminadas provenientes de pozos sépticos, de surcos con aguas residuales de las comunidades cercanas, de limpieza de los animales estabulados en orillas del mismo río y además presenta residuos sólidos desechados por los mismos habitantes del lugar, todos estos factores hacen que se modifique la composición natural del río.

Con este análisis de interacción del río Yuquipa con las actividades sociales, es relevante conocer los aspectos de composición biológica, física y química del tramo fluvial de la Comunidad Sagrado Corazón.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Evaluar la calidad del agua del río Yuquipa, tramo - comunidad Sagrado Corazón, mediante la identificación de macroinvertebrados bentónicos.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar la calidad del agua del río Yuquipa, tramo de la comunidad Sagrado Corazón, mediante el índice de calidad (NSF) utilizando el software IQA Data.
- Evaluar el hábitat del cauce mediante el índice de hábitat fluvial (IHF).
- Determinar la calidad del agua del río Yuquipa, tramo de la comunidad Sagrado Corazón, mediante la identificación de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores.
- Comparar los resultados obtenidos de los métodos biológico BMWP/Col e índice WQI.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Antecedentes

Los cuerpos de agua constituyen un elemento primordial en el desarrollo de la sociedad, siendo una parte de los ecosistemas dinámicos y complejos del equilibrio ambiental. El agua es un recurso natural con gran biodiversidad, control climático y seguridad, todo ello frente a las amenazas naturales como inundaciones y efectos del cambio climático (Vidal y Romero, 2010, p.15). Ordóñez y su equipo de investigación mencionan que los ecosistemas acuáticos han sufrido un importante deterioro desde mediados del siglo pasado por la regulación de caudales, encauzamiento, actividad agrícola, industrial y urbanización; ocasionando la destrucción de los cuerpos de agua, la modificación del ciclo hidrológico, los volúmenes y calidad del agua (Bucher et al., 1997, p.33).

Actualmente cerca del 80% de la población a nivel mundial se encuentra afectada por la degradación de los ríos (Cedeño, 2016, p.26). Para la recuperación de este recurso los investigadores han desarrollado alternativas para el control y la vigilancia de la calidad de los ecosistemas acuáticos, con metodologías y técnicas de bioindicadores que caractericen la situación del impacto ambiental; actualmente la técnica más aplicada son los macroinvertebrados bentónicos (Vásconez et al., 2015, p.134), (Tiscama, 2020, p.17). Dado que tienen la capacidad de adecuar y caracterizar según los requerimientos, adaptándose a las condiciones ambientales que puedan habitar dentro de los límites de tolerancia y el medio de adaptación (Machado et al., 2015, p.154), (ISM, 2020, párr.1). Por otro lado, para determinar el estado del microhábitat en aspectos físicos del cauce es recomendable utilizar el Índice del Hábitat Fluvial (IHF) (Acosta et al., 2009, p.), (Suarez et al., 2002, citado en Palma et al., 2009, p.11).

En el Ecuador para la conservación de los ecosistemas terrestres y acuáticos, se tiene como tercer orden la importancia del caudal ecológico, visualizando la prelación del agua no solo como un recurso, sino también como la clave para el mantenimiento y la gestión de los pasivos ambientales que contextualiza el sistema de indicadores empleados para la determinación de la calidad del agua (Enríquez et al., 2017: p. 85).

El río Yuquipa se encuentra ubicado en la parroquia Sevilla Don Bosco, cantón Morona, provincia de Morona Santiago. Este atraviesa las comunidades, Sagrado Corazón y San Luis de Inimkis, en donde es utilizado en actividades de recreación, descarga de aguas servidas, aguas residuales de uso agrícola, pecuario, entre otros que contribuye a la contaminación del río, provocando variaciones en su composición natural que causa un impacto ambiental y social en la parroquia como en el cuerpo del agua.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Ciclo hidrológico

Es un proceso en el que las masas de agua cambian de estado y posición relativa en el planeta. Es un proceso continuo en el que una molécula de agua describe un ciclo cerrado pasando por varios estados de agregación de la materia diferentes (De la Vega 2014, p. 21). Las etapas que contempla el ciclo hidrológico del agua son cinco:

- *Evaporación*: Es un proceso físico que consiste en el traspaso gradual de estado líquido al estado gaseoso, en función del aumento natural o artificial de la temperatura de desplazamiento, las partículas escapan hacia la atmósfera transformándose en vapor (Red ambiental de Asturias, 2020, p.5), (De la Vega, 2014, p.21).
- *Condensación*: Consiste en el cambio de estado del vapor de agua a fase líquida consecuencia del enfriamiento (Red ambiental de Asturias, 2020, p.5), (De la Vega, 2014, p.21).
- *Precipitación*: El fenómeno de precipitación se relaciona con la humedad relativa del vapor de agua presente en la atmósfera del 100%. Si la temperatura es lo suficientemente baja la precipitación puede ser en forma de nieve (Red ambiental de Asturias, 2020, p.6), (De la Vega, 2014, p.21).
- *Escorrentía*: Es el tránsito de agua que circula por una cuenca de drenaje, siendo la diferencia entre el caudal de precipitación y los caudales evapotranspirado e infiltrado en el terreno, causante éste último de la recarga de acuíferos subterráneos (Red ambiental de Asturias, 2020, p.6), (De la Vega, 2014, p.21).
- *Transporte*: Movimiento de las masas de agua en estado líquido por toda la superficie terrestre formando ríos, lagos, mares y océanos (Red ambiental de Asturias, 2020, p.6), (De la Vega, 2014, p.21).



Figura 1-2: Ciclo hidrológico del agua

Fuente: Red Ambiental de Asturias, 2020.

2.2.3. Cuenca hidrológica

Es un espacio geográfico de áreas superficial y subterránea, siendo una red de corriente de agua alimentada exclusivamente de precipitaciones (Canteras et al, 2013; citado en Criollo, 2018, p.41). En cambio, Llamas, establece que por precipitaciones se alimentan las cuencas hídricas en áreas determinadas o acumulación de lluvia en toda su trayectoria y tienen un punto de llegada o desembocadura (Llamas, 1993; citado en Criollo, 2018, p.23).

2.2.3.1. Características de una cuenca hidrológica

Una cuenca hidrológica está afectada por actividades sociales, económicas, entre otras, las mismas que intervienen en el manejo y los lineamientos de las cuencas hídricas (Criollo, 2018, p.23).

Descripción de las partes que componen una cuenca hídrica (Figura 2-2):

- *Subcuencas*: Conjunto de microcuencas o ríos secundarios que drenan o desaguan a un solo cauce con caudal fluctuante pero permanente, es decir, a un río principal (Lozano, 2019, p.26-27), (Piñeros, 2016, p.15).
- *Microcuencas*: Son afluentes que van a los ríos secundarios denominados caños, quebradas, riachuelos, que desembocan y alimentan a una subcuenca que a su vez está dividida en varias microcuencas (Lozano, 2019, p.26-27), (Piñeros, 2016, p.15).

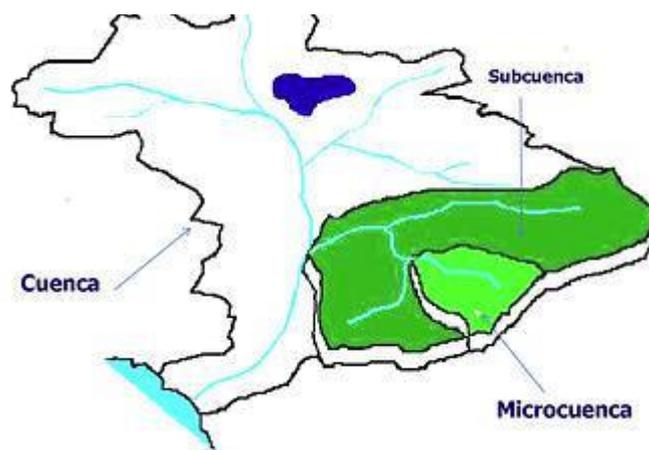


Figura 2-2: Partes de una cuenca Hidrológica

Fuente: Centro Regional de Capacitación en Cuencas, 2020.

2.2.4. Ríos

Es un cauce de agua dulce que circula por una corriente que termina desembocando en otro río, cauce o mar. Los ríos pueden recibir agua de distintas fuentes ya sean directas o indirectas de

precipitaciones, manantiales, de superficies terrestres que liberan humedad, entre otras (López, 2015, párr.2).

2.2.4.1. Partes de un río

- *Fuente*: Es donde inicia el río, puede ser manantiales, agua de deshielo de un glaciar, un lago o aguas subterráneas que fluye por laderas escarpadas (GeoEnciclopedia, s.f., párr.3).
- *Boca*: Es la parte final de un río que une al mar, océano, lago, embalse (GeoEnciclopedia, s.f., párr.4).
- *Confluencia*: Es el lugar donde dos ríos se unen (GeoEnciclopedia, s.f., párr.5).
- *Tributario*: Pequeño río o arroyo que se une a una corriente del río (GeoEnciclopedia, s.f., p.6).
- *Cuenca hidrográfica*: Áreas por donde drena el río (GeoEnciclopedia, s.f., párr.7).
- *Canal*: Sendero estrecho moldeado por acción del agua, el río transcurre por un canal y el camino del río se denomina curso (GeoEnciclopedia, s.f., párr.8).
- *Lecho*: Fondo del canal (GeoEnciclopedia, s.f., párr.9).
- *Orillas*: Bordes del río a cada lado del canal (GeoEnciclopedia, s.f., párr.10).

2.2.5.2. Cursos de los ríos

- *Curso medio*: Canal más ancho, velocidad del flujo mayor, volumen de agua mayor que el curso superior (GeoEnciclopedia, s.f., p.).
- *Curso inferior*: Volumen de agua muchísimo mayor, terreno circundante plano y es una llanura de inundación puesto que cuando es época de inundación está lleno de agua, siendo muy fértil y apto para los cultivos ((GeoEnciclopedia, s.f., p.).

2.2.5.3. Fauna y flora de los ríos

Los ríos son zonas donde prolifera mayor cantidad de vida animal y vegetal, siendo el desarrollo de cuantiosas especies que unen agua, plantas, animales, factores abióticos como rocas, minerales, materia orgánica descompuesta entre otros, encontrando así un refugio de agua y alimento. La flora de los ríos comúnmente son las algas, musgos, planticas acuáticas que se sumergen y flotan en los cuerpos de agua por ejemplo los nenúfares, lotos, lentejas de agua, entre otros (GeoEnciclopedia, s.f., p.).

2.2.5. Contaminación del agua.

Los recursos de agua son imprescindibles para la supervivencia de los seres vivos y para el desarrollo socioeconómico, en la producción de energía o la adaptación del cambio climático.

Todas estas interacciones hacen que los cauces sufran alteración en su composición natural con contaminantes dejando al agua inservible como lo detalla la Organización Mundial de la Salud (OMS), según lo define (Ibeerdrola, 2020, p.8).

2.2.5.1. Principales tipos de contaminación del agua.

Los tipos de contaminantes dependen de las diferentes formas, fuentes y lugares de generación, se describe los siguientes tipos (Larrazábal 2018):

- *Contaminación por hidrocarburos*: Los derrames de petróleo generan efectos negativos sobre la vida silvestre o acuática que cubren áreas extensas de contaminación (Larrazábal, 2018, p.18).
- *Contaminación de aguas superficiales*: En aguas superficiales se incluyen ríos, lagos, lagunas y océanos. Los contaminantes son las sustancias que entran en contacto con estas aguas disolviéndose o mezclándose físicamente en ellas (Larrazábal, 2018, p.18).
- *Absorbentes de oxígeno*: El agua por lo general tiene microorganismos en su interior ya sean aeróbicos o anaeróbicos en función de la materia biodegradable suspendida en el agua; si excede la concentración de microorganismos consumirá mayor cantidad de oxígeno disminuyendo así para los organismos aeróbicos causando su muerte por lo que se crea un ambiente tóxico con amoníaco y sulfuros (Larrazábal, 2018, p.18).
- *Contaminantes subterráneos*: Son los lixiviados asociados al suelo con plaguicidas y productos químicos que se mezclan con agua de lluvia y estas aguas contaminadas son absorbidas en la tierra y pasan a ser parte de las aguas subterráneas (Larrazábal, 2018, p.19).
- *Contaminantes microbiológicos*: Son contaminantes naturales que están presentes en el agua como virus, bacterias y protozoos, causando así enfermedades graves en las personas (Larrazábal, 2018, p.19).
- *Contaminantes por materia suspendida*: Son materiales particulados que se disuelven con facilidad en el agua causando daños o muerte de los organismos acuáticos (Larrazábal, 2018, p.19).
- *Contaminantes químicos del agua*: Son todos los residuos y compuestos químicos, agroquímicos que se desechan directamente en el agua o indirectamente y son arrastrados por corrientes de lluvia o agua; por ejemplo, los plaguicidas, pesticidas utilizados en la agricultura y otras sustancias químicas utilizadas en la minería, curtiembres, entre otras (Larrazábal, 2018, p.19).
- *Contaminación térmica*: Es provocada por las centrales de energía u otras industrias que liberan agua a altas temperaturas, pudiendo disminuir la capacidad de mantener el oxígeno, afectando gravemente a los organismos acuáticos (Larrazábal, 2018, p.19).
- *Contaminación por nutrientes*: Cuando se eleva la concentración de nutrientes en el agua, existirá el crecimiento de algas y malezas (Larrazábal, 2018, p.19).

- *Sustancias radiactivas*: Los isótopos radiactivos solubles cuando están presentes en el agua, pueden acumularse en las cadenas tróficas durante largos periodos de tiempo y acumularse en los tejidos de los organismos vivos (Larrazábal, 2018, p.19).

2.2.6 Macroinvertebrados.

Son todos los seres vivos que viven en el fondo acuático, adheridos a la vegetación acuática, troncos y rocas sumergidas. Es característico de estas especies tener un tamaño de 0.5mm hasta un aproximado de 5.0mm que se pueden ver a simple vista, las comunidades de macroinvertebrados reflejan la calidad de los ecosistemas acuáticos (Gaufin y Tarzwell, 1952, p.), (Hynes, 1959, p.76), (Resh et al., 1995; citado en Pérez, 2016, p.255).

2.2.6.1. Clasificación de macroinvertebrados según su adaptación en el cauce

- *Necton*: Organismos acuáticos como los *Corixide* y *Notonectidae* del orden *Hemiptera*; *Dytiscidae*, *Gyrinidae* e *Hydrophilidae* del orden *Coleoptera* y *Batidae* del orden *Ephemeroptera* (Roldán Pérez 2012, p. 35).

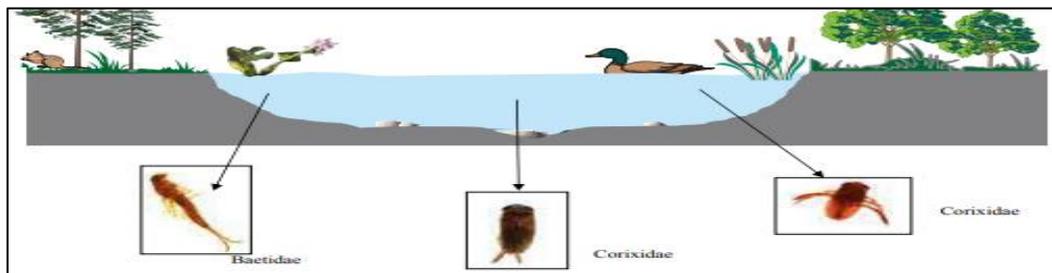


Figura 3-2: Macroinvertebrados Necton en un ecosistema acuático

Fuente: Roldán Pérez 2012, p. 32

- *Bentos*: Son organismos acuáticos que viven en el fondo adheridos a cualquier material inerte o vivo, dentro de los cauces es común encontrar gran variedad de *Ephemeropteros*, *Trichópteros*, *Coleópteros*, *Plecópteros*, *Dípteros* Y *Megalópteros* (Roldán Pérez 2012, p. 35).

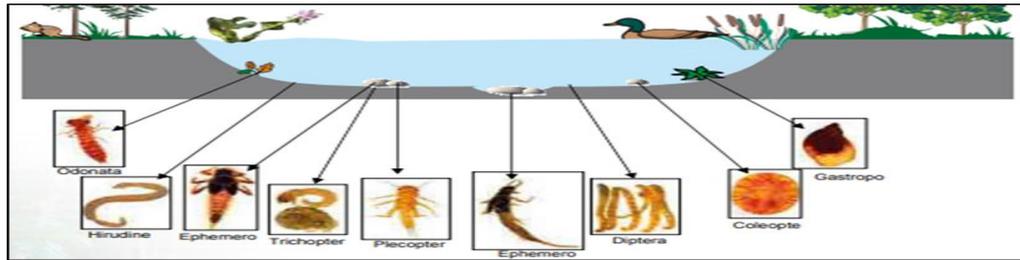


Figura 4-2: Macroinvertebrados representativos de hábitats Bentos

Fuente: Roldán, 2012, p. 32.

- *Macroinvertebrados bentónicos:* Los hábitats de macroinvertebrados bentónicos se definen en función de: (Figura 5-2)
- Profundidad (somero-profundo).
- Velocidad del agua (lóticas, lénticas).
- Naturaleza del sustrato (rocas, guijarros, gravas, arenas, limos).
- Presencia de vegetación (hidrófilos o halófilos).

En el monitoreo de los macroinvertebrados bentónicos es importante seleccionar la mayor parte representativa y diversidad de los macroinvertebrados del lugar. Estas recolecciones varían de acuerdo al sustrato (arena, piedras, fango, vegetación) o al tipo de investigación que a realizar (Roldán, 1996, p.4).

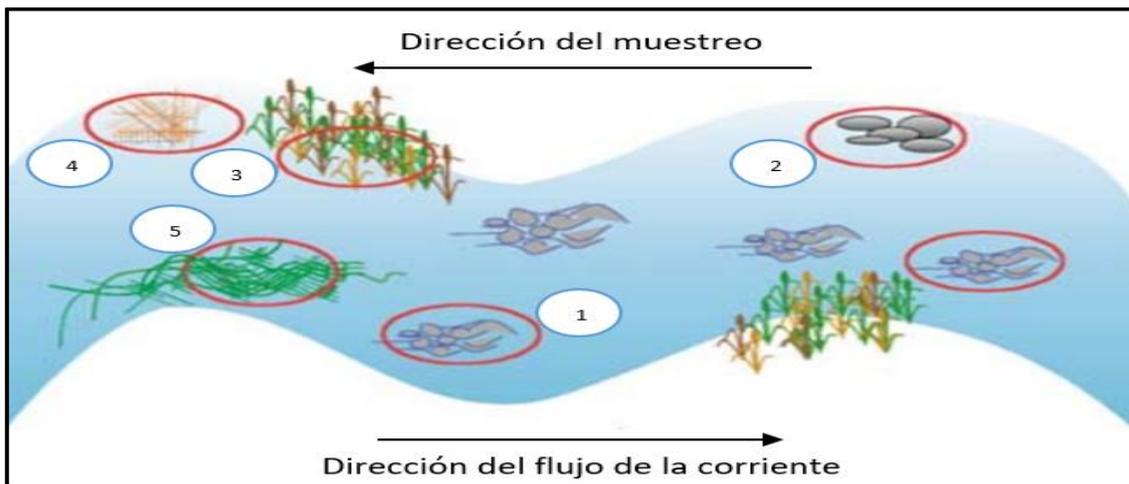


Figura 5-2: Tipos de sustratos, duros en zonas (1) lítica y (2) lentic, (3) vegetación emergida, (4) macroalgas y (5) arena grava o fango

Fuente: Ministerio de agricultura y riego - DGIAR 2015, p. 20.

- *Neuston:* Se llaman también *epineuston*, organismos que viven sobre la película de agua como familias de chinches, *gerridae*, *veliidae* (Pérez et al. 2016, p. 18), (Hanson, Springer y Ramírez 2010, p.13).

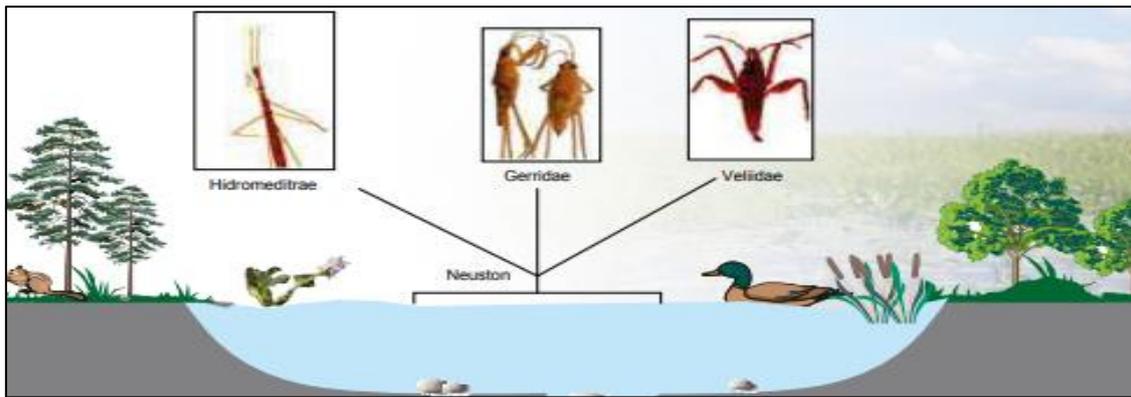


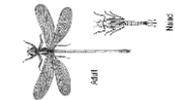
Figura 6-2: Macroinvertebrados Neuston en un ecosistema acuático

Fuente: Álvarez Arango 2005, p. 11; Roldán Pérez 2012, p. 31.

2.2.6.3. Grupos de macroinvertebrados en ecosistemas fluviales

Tabla 1-2: Principales macroinvertebrados de los sistemas fluviales.

Descripción	Representación
<p>Filo: Platyhelminthes</p> <p>La mayoría pertenece a la familia <i>Planariidae</i>, poseen cuerpos alargados y planos; alcanzan los 30 mm; son carnívoros; habitan en aguas bien oxigenadas, poco profundas, lólicas o lénticas, debajo de piedras, hojas, ramas y troncos; algunas especies resisten altos grados de contaminación orgánica.</p>	 <p>Familia: <i>Planariidae</i></p>
<p>Filo: Nematomorpha</p> <p>De forma filamentosa similar a un cabello, se le conoce como gusano crin de caballo. Viven en aguas limpias adheridos a la vegetación o debajo de piedras, la mayoría pertenecen a la familia <i>Chordodidae</i>.</p>	 <p>Orden: <i>Chordodidae</i>.</p>
<p>Filo: Mollusca</p> <p><i>Gastropoda</i>: Llamados caracoles, poseen una concha enrollada, su tamaño varía entre 2 y 70 mm; viven en las orillas de aguas quietas y poco profundas con altas concentraciones de carbonato de calcio</p> <p><i>Bivalvia</i>: Su tamaño varía de 2 a 180 mm de longitud, viven en aguas lólicas y lénticas, se encuentran enterrados debajo de sustrato o fijados a la vegetación acuática, viven en aguas limpias o poco contaminadas.</p>	 <p>Clase: <i>Gastropoda</i></p>  <p>Clase: <i>Bivalvos</i></p>
<p>Filo: Annelida</p> <p>En aguas dulces están representados por la clase <i>Oligochaeta</i> e <i>Hirudinea</i>.</p> <p><i>Oligochaeta</i>: Su tamaño varía entre 1 y 30 mm, se alimenta de algas, diatomeas y detritos animal y vegetal, viven en aguas con alta materia orgánica en descomposición y concentraciones bajas de oxígeno, considerados indicadores de aguas contaminadas, forman tubos en el sustrato.</p> <p><i>Hirudinea</i>: representados por las sanguijuelas, su tamaño varía entre 5 y 45 mm, aplanados, poseen una ventosa anterior y posterior para fijarse al sustrato y desplazarse, viven en aguas quietas contaminadas con materia orgánica con bajas concentraciones de oxígeno, se alimentan de residuos orgánicos, pero en su mayoría son carnívoras.</p>	 <p>Clase: <i>Oligochaeta</i></p>  <p>Clase: <i>Hirudinea</i></p>
<p>Filo: Artrópoda</p> <p>Grupo más abundante de macroinvertebrados acuáticos, pertenecen:</p> <p>Clase - <i>Crustáceo</i>: comprenden un grupo grande y diversificado en las aguas dulces. Se consideran importantes en aguas continentales los órdenes <i>Amphipoda</i> (Suborden <i>Gammaridea</i>) y <i>Decápoda</i> (cangrejos y camarones de río).</p> <p>Clase - <i>Insecta</i>: constituyen la fauna más representativa de lagos y ríos, agrupan las siguientes órdenes de insectos:</p>	 <p>Clase: <i>Crustáceo</i></p>  <p>Clase: <i>Insecta</i></p>

<ul style="list-style-type: none"> - <i>Ephemeroptera</i>: viven como larvas varios meses en el agua, como adultos viven unas cuantas horas, lo suficiente para procrear; viven en aguas corrientes, limpias y bien oxigenadas; pocas especies resisten agua contaminada con materia. - <i>Odonata</i>: llamados libélulas o "caballitos del diablo"; hemimetábolos, su estado larvario puede durar varios meses; viven en corrientes lentas oligotróficas poco profundas con abundante vegetación sumergida o emergente; son depredadores; poco resistentes a la contaminación orgánica. - <i>Plecóptera</i>: Grupo pequeño y poco diverso; viven en aguas rápidas, limpias, bien oxigenadas, debajo de piedras, hojas, troncos y ramas; son cosmopolitas, en el neotrópico la familia Perlidae predomina. - <i>Neuróptera</i>: son poco diversificados, viven en corrientes limpias debajo de piedras, troncos o vegetación sumergida, son grandes depredadores, pueden alcanzar los 7 cm de longitud. - <i>Hemíptera</i>: llamados chinches de agua poseen partes bucales modificadas (pico), son depredadores, viven en los remansos de ríos con vegetación abundante, comparten el mismo hábitat y exigencia ecológica de los Odonata, algunos resisten aguas alcalinas. - <i>Coleóptera</i>: orden grande y compleja; en el agua viven como larvas y estado adulto; las familias representativas son: Dytiscidae, Limnichidae, Lutrochidae. - <i>Trichóptera</i>: son holometábolos (metamorfosis completa), viven en aguas loticas o lénticas, se caracterizan por construir casas o refugios, fijo o portátiles de formas variadas a partir de vegetales o gránulos de arena y piedrecillas; viven en aguas corrientes, limpias y oxigenadas, debajo de piedras y material vegetal acumulado. - <i>Díptera</i>: son complejos, abundantes y ampliamente distribuidos, son holometábolos, ciclo de vida variable de semanas hasta un año; habitan ríos con aguas bien limpias y oxigenadas (Simulidos) o aguas contaminadas (Chironomidos). 	<p>Orden: Ephemeroptera</p>  <p>Orden: Odonata</p>  <p>Orden: Plecóptera</p>  <p>Orden: Neuróptera</p>  <p>Orden: Hemíptera</p>  <p>Orden: Coleóptera</p>  <p>Orden: Trichóptera</p>  <p>Orden: Díptera</p>
<p>Aracnoidea: se encuentra los Hidracarina (ácaros de agua), su tamaño varía entre 0.4 y 0.3 mm; son típicos de agua dulce de arroyos, pantanos, aguas termales; son cosmopolitas.</p>	 <p>Orden: Aracnoidea</p>

Fuente: Lozano, 2019.

Realizado por: Japa Cando, Johanna, 2020.

2.2.6.4. Principales características como bioindicadores.

De acuerdo con Montes y Bohórquez (2012) con pensamientos de Ghetti y Bonzzi (1981) consideran que los macroinvertebrados acuáticos son los mejores bioindicadores de la calidad del agua. Les siguen, en su orden, las algas, los protozoos, las bacterias y en menor grado los peces, las macrófitas, los hongos y los virus (Ghetti y Bonzzi, 1981; citado en Montes y Bohorquez 2012, p.27). Los macroinvertebrados son los mejores bioindicadores de la calidad del agua porque:

- Son abundantes, de amplia distribución y fácil de recolectar (Lozano, 2019, p.23).
- Son sedentarios en su mayoría (reflejan condiciones locales) (Lozano, 2019, p.23).
- Relativamente fáciles de identificar (Lozano, 2019, p.23).
- Presentan los efectos de las variaciones ambientales de corto tiempo (Lozano, 2019, p.23).
- Proporcionan información para integrar efectos acumulativos (Lozano, 2019, p.23).
- Poseen ciclos de vida largos (Lozano, 2019, p.23).
- Son apreciables a simple vista (Lozano, 2019, p.23).

- Se pueden cultivar en el laboratorio (Lozano, 2019, p.23).
- Responden rápidamente a tenses ambientales (Lozano, 2019, p.23).
- Varían poco genéticamente (Lozano, 2019, p.23).

2.2.7. Hábitats acuáticos

Algunos viven enterrados en el sustrato; otros sobre él, adheridos a rocas, piedras y restos de vegetación; otros prefieren las orillas de ríos y lagos donde viven adheridos a la vegetación ribereña; unos nadan sobre la superficie del agua; unos prefieren corrientes rápidas y otros lentas; por último, unos prefieren fondos lodosos; en cambio, otros, fondos arenosos o pedregosos (Roldán y Ramírez, 2008, p.324-325; citado por Lozano, 2019, p.17).

- *Hábitats lóticos*: Regularmente se encuentra una fauna diversa, con adaptaciones estructurales como ventosas y ganchos para resistir la corriente. En las corrientes también existen zonas de deposición en las que el agua es lenta y los materiales que llevan en suspensión se precipitan fácilmente formando sustratos fangosos y arenosos. En estas zonas la diversidad de especies es menor (Roldán y Ramírez, 2008, p.325; citado por Lozano, 2019, p.17).
- *Hábitats lénticos*: Son aguas quietas como lagos, charcas y represas. Regularmente, presentan tres zonas: litoral, que presenta abundante vegetación acuática, lo que favorece el desarrollo de gran número de especies de macroinvertebrados acuáticos; la zona limnética, de aguas abiertas y donde solo unas pocas especies flotantes pueden vivir; y la profundidad, que por lo general está desprovista de luz y el oxígeno existente es mínimo, lo que limita el número de especies, pero alcanza a menudo un alto número de individuos de una misma especie por área. (Roldán y Ramírez, 2008, p.325; citado por Lozano, 2019, p.17).

2.2.8. Calidad del agua

Es un término utilizado para la descripción del agua en su composición ya sea química, física y/o biológica dependiendo del uso que se le va a dar y es necesario restaurarla para recuperar su naturalidad después de haber sido alterados sus elementos (USGS, 2017, párr.1).

Es prioritario en la actualidad tratar la calidad del agua ya que influye en el desarrollo nutricional de la población y el equilibrio del ecosistema, parte del crecimiento de la población mundial, el desarrollo urbano, rural, agrícola, entre otras actividades son las principales fuentes de descarga de contaminantes (Ministerio del Ambiente – Acuerdo No. 061, 2015, p.127).

2.2.9. Índice de calidad del agua (ICA)

Es una herramienta estadística desarrollada por primera vez por la Fundación Nacional de las Ciencias en Estados Unidos, que estima la calidad de un cuerpo de agua, midiendo el grado de los contaminantes, resultado que se expresa en porcentaje de agua pura. Siendo la valorización de la calidad cercana a 0% altamente contaminada y cercana al 100% de buena calidad, resumiendo así los numerosos datos que se puede tener en un análisis de la calidad de un cauce en términos simples (Rojas, Macías y Fonseca, 2009, p.), (Rubio Arias et al., 2014, p.2).

2.2.9.1. Índice de calidad (NSF)

Es la determinación de los nueve parámetros in situ, fisicoquímicos y microbiológicos de pesos ponderados, índices y su clasificación para determinar denotaciones del agua. Los parámetros de análisis son:

a) *Parámetros medio in situ.*

- *Potencial de hidrogeno (pH):* Mide el nivel de acidez o basicidad de las aguas; los niveles extremos afectan los procesos de osmorregulación de la flora y fauna acuática (Alarcón Corro 2019, p. 23). Siendo el rango de pH aceptable entre 4 y 9 para aguas naturales y en agua pura a 25°C se considera 7 como neutro.
- *Temperatura:* Es el grado de calor o frialdad que se puede medir en grados Celsius. El monitoreo de temperatura del agua debe ser regular y los cambios que puede existir son por actividad fotosintética, tasa de difusión o gases, cantidad de oxígeno que puede disolver, entre otros (Kale, 2016; citado en Alarcón, 2019, p.27).
- *Oxígeno disuelto:* Es la cantidad de oxígeno, generalmente medida en miligramos o mililitros disueltos en un litro de agua, que tiene correlación inversa a la salinidad y temperatura (Alarcón, 2019, p.27).

b) *Parámetros fisicoquímicos*

- *Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):* Es una medida de oxígeno disuelto consumido por los microorganismos durante la oxidación de sustancias reducidas en aguas y desechos (Alarcón, 2019, p.27).
- *Nitratos:* Es la forma estable de nitrógeno combinado para sistemas oxigenados, siendo un ion natural que forma parte del ciclo del nitrógeno (ICAIR Life Systems, Inc., 1987; citado en Alarcón, 2019, p.8)
- *Fosfato:* Existen en diferentes formas inorgánicas tanto en el suelo como en el agua. Se da origen de forma artificial o antropogénica cuando existe eutrofización acelerada como resultado del contenido de fósforo de los detergentes en las aguas naturales (Alarcón, 2019, p.27).

- *Sólidos totales disueltos*: Es la materia que permanece como residuos después de la evaporación y secado a 103 °C (Romero, 2002; citado en Alarcón, 2019, p.28).
- *Turbiedad*: Es la capacidad de una muestra para impedir su paso directamente de reflejar o absorber un haz de luz. Se produce por coloides o partículas en suspensión, resultado de la erosión causada por la esorrentía o del desarrollo de microorganismos (Pérez, 2010; citado en Alarcón, 2019, p.28).

c) *Parámetros microbiológicos*

- *Coliformes Fecales*: Los coliformes fecales son un grupo de bacterias que se encuentran comúnmente en los intestinos de los mamíferos, incluidos los seres humanos. (Pal, 2014; citado en Alarcón, 2019, p.32).

2.2.10. Muestreo

Es el proceso de tomar una porción, lo más representativa, de un volumen de agua para el análisis de varias características definidas, sean físicas, químicas o biológicas (Instituto Ecuatoriano de Normalización - NTE INEN 2176, 1998, p.1)

2.2.10.1. Tipos de muestreo

- *Muestra puntual*: Es la muestra tomada en un lugar representativo, en un determinado momento. Cada muestra, normalmente, representará la calidad del agua solamente en el tiempo y en el lugar en que fue tomada para aguas en la superficie, a una profundidad específica (Instituto Ecuatorino de Normalización - NTE INEN 2169 1998, p.2)
- *Muestra compuesta*: Consta de la mezcla de varias muestras puntuales de una misma fuente, tomadas a intervalos programados y por períodos determinados (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM 2016, p.17; citado por Lozano, 2019, p.10).
- *Muestra integrada*: Se forma por la mezcla de muestras puntuales tomadas de diferentes puntos simultáneamente, o lo más cerca posible (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM 2016, p. 17; citado por Lozano, 2019, p.10).

2.2.11. Índice de hábitat fluvial (IHF)

Valoración de siete aspectos físicos del cauce relacionados con la heterogeneidad de hábitats y que dependen en gran medida de la hidrología y del sustrato existente. Los aspectos por evaluar son:

1. *Inclusión en los rápidos – sedimentación en las pozas:* Inclusión es la cantidad de partículas de sustrato fijadas en el lecho del río y la sedimentación es la deposición de material fino en zonas más lénticas del río (HiDromoforlogía de los Ríos, 2015, pp.67-68; citado en Lozano, 2019, p.15).
2. *Frecuencia de rápidos:* Estimación del promedio de la aparición de rápidos en relación a la presencia de menor velocidad (HiDromoforlogía de los Ríos, 2015, pp.67-68; citado en Lozano, 2019, p.15).
3. *Composición del sustrato:* Estimación visual aproximada de la composición media del sustrato (HiDromoforlogía de los Ríos, 2015, pp.67-68; citado en Lozano, 2019, p.15).
4. *Regímenes de velocidad/profundidad:* Evaluación del efecto conjunto de los diferentes tipos de velocidades y la profundidad de la columna de agua de un tramo del río (Acosta et al., 2014, p.17; citado en Lozano, 2019, p.16).
5. *Porcentaje de sombra en el cauce:* Evaluación visual de la sombra proyectada por la cubierta vegetal adyacente que determina la cantidad de luz que llega al canal del río (HiDromoforlogía de los Ríos, 2015, pp.67-68; citado en Lozano, 2019, p.16).
6. *Elementos de heterogeneidad:* Mide la presencia de elementos tales como hojas, ramas, troncos o raíces dentro del lecho del río. Estos proporcionan el hábitat y una fuente de alimento a los organismos acuáticos (HiDromoforlogía de los Ríos, 2015, pp.67-68; citado en Lozano, 2019, p.16).
7. *Cobertura de vegetación acuática:* Mide la cobertura de la vegetación acuática en el cauce fluvial (Protocolos, 2014, p.68; citado en Lozano, 2019, p.16).

2.2.12. Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP)

Inicialmente establecido en Inglaterra en 1970 y posteriormente adaptado por Roldán en 1997 y 1999, para la evaluación de la calidad del agua en Colombia, donde desarrolló un método simple y rápido usando los macroinvertebrados como bioindicadores, puesto que es un método factible en cuanto a costo y el tiempo invertido (Lozano, 2019, p.23).

2.3. Marco legal.

2.3.1. Constitución de la República del Ecuador

2.3.1.1. Derechos del buen vivir

Como se indica en la Constitución de la República del Ecuador (2008), en el Capítulo segundo, Derechos del buen vivir:

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

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).

Así mismo, el capítulo séptimo establece los derechos de la naturaleza, considerando que el recurso hídrico forma parte del ecosistema, se sujeta al siguiente artículo:

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

2.3.1.2. Régimen de desarrollo.

El régimen de desarrollo tiene como objetivo el crecimiento económico, por lo tanto establece.

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 al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural (INEC, 2008; citado por Lozano, 2019).

2.3.2.3. Título VII: Régimen del buen vivir.

Art. 411: El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de aguas (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

2.3.2. Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua.

Art. 12: Art. 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 páramos así como la participación en el uso y administración de las fuentes

de aguas 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 (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Art. 57.- Definición: El derecho humano al agua es el derecho de todas las personas a disponer de agua limpia, suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso personal y doméstico en cantidad, calidad, continuidad y cobertura (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

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. En la conservación del agua, la naturaleza tiene derecho a (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

d) La protección de las cuencas hidrográficas y los ecosistemas de toda contaminación (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

2.3.3. Acuerdo No. 097-A (Refórmese el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente).

La presente norma técnica determina o establece (Lozano, 2019):

- Los principios básicos y enfoque general para el control de la contaminación del agua (Lozano, 2019);
- Las definiciones de términos importantes y competencias de los diferentes actores establecidas en la ley (Lozano, 2019);
- Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos (Lozano, 2019);
- Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado (Lozano, 2019).

La presente norma técnica determina:

- a) Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado (Acuerdo Ministerial 97 Registro Oficial Edición Especial 387, 2015);
- b) Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y (Acuerdo Ministerial 97 Registro Oficial Edición Especial 387, 2015),
- c) Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua (Acuerdo Ministerial 97 Registro Oficial Edición Especial 387, 2015)

2.4. Bases Conceptuales

2.4.1. Ecosistemas acuáticos

Son aquellos entornos de unidades ecológicas que se desenvuelven en el agua componiéndose de seres vivos y elementos abióticos incluidos los espacios marinos en el que interactúan, siendo el ambiente ideal para su supervivencia. De acuerdo con Pérez y Ramírez (2008, pp.1-19), los ecosistemas acuáticos son el resultado de la interacción del agua, atmósfera, tierra y los organismos vivos (Lozano, 2019, p. 25). Se puede encontrar en medio del ecosistema acuático dos tipos: las dulces acuícolas que corresponde al agua continental y marinos al agua del océano (Yerovi, 2019, p.17).

2.4.2. Bioindicadores

Son organismos o comunidades de organismos que responden a un estímulo combinando sus funciones vitales con la acumulación de toxinas (Arndt y Schweizer, 1991; citado en García et al., 2017, p. 49).

Según Environment Agency, los bioindicadores son utilizados como instrumentos de medición, pues brindan información de la calidad del ambiente y sobre todo de las condiciones actuales de un organismo o ecosistema (García et al., 2017, p.49).

Son ensambles de especies que tienen la cualidad entre relaciones individuales o en conjuntos las variaciones físicas y/o químicas que predicen los cambios de presencia o ausencia, número de morfología o conducta de esta especie o especies en particular y definen sus límites de tolerancia en el que habitan (Doughty, 1994; citado en Viteri et al., 2017, p.633).

2.4.3. Caudal

También llamado gasto o descarga, es la medida del volumen de líquido que fluye o atraviesa normalmente la sección transversal del cauce de una corriente, en la unidad de tiempo (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM 2016, p. 17; citado por Lozada, 2019).

2.4.4. Aforo

Es la cuantificación de los escurrimientos que se producen en un cauce, implica la determinación del volumen de agua que atraviesa una sección del río en la unidad de tiempo. Por lo tanto, los valores se expresan en “m³/s” (los metros cúbicos de agua que pasan en un segundo) o en litros por segundo (Departamento General de Irrigación, 2016, p. 3).

2.4.5. Método del Flotador

Sirve para medir la velocidad de agua en una sección determinada y estimar el caudal (Sánchez San Román, 2013, p.33).

2.4.6. Afluente

Es el agua residual u otro líquido que ingresa a un cuerpo de agua receptor, reservorio, planta de tratamiento o proceso de tratamiento (Acuerdo Ministerial 97 2015, p.4).

2.4.7 Agua residual

Es el agua de composición variada proveniente de uso doméstico, industrial, comercial, agrícola, pecuario o de otra índole, sea público o privado y que por tal motivo ha sufrido degradación en su composición original (Acuerdo Ministerial 97, 2015, p.4).

2.4.7.1. Agua residual doméstica

Mezcla de desechos líquidos de uso doméstico evacuados de residencias, locales públicos y educacionales (Acuerdo Ministerial 97 2015, p.4).

2.4.9. Agua superficial

Es la masa o cuerpo de agua que se encuentran sobre la superficie de la tierra (Acuerdo Ministerial 97, 2015, p.4).

2.4.10. Canales

Conductos utilizados para el transporte de agua con múltiples propósitos (Acuerdo Ministerial 97, 2015, p. 4).

2.4.11. Carga contaminante.

Cantidad de un contaminante en una descarga de aguas residuales o presente en un cuerpo receptor expresada en unidades de masa por unidad de tiempo (kg/s) (Acuerdo Ministerial 97, 2015, p.4).

2.2.12. Carga máxima permisible

Es el límite de carga de un parámetro que descarga a otro cuerpo receptor como los sistemas de alcantarillado (Acuerdo Ministerial 97 2015, p. 4).

2.2.14. Calidad del agua

Concentración numérica o enunciado descriptivo recomendado sobre parámetros físicos químicos y biológicos para mantener una composición determinada del agua. Los criterios de calidad para diversos usos del agua son la base para la determinación de los objetivos de calidad en los tramos de un cuerpo receptor (Acuerdo Ministerial 97, 2015, p. 4).

2.2.15. Cuerpo receptor

Se conoce como cuerpo a receptor a río, cuenca, cauce o cuerpo de agua que sea susceptible de recibir directa o indirectamente el vertido de aguas residuales (Acuerdo Ministerial 97, 2015, p. 4).

2.2.16. Cuerpo de agua severamente contaminado

Río, acuífero, estuario o cuerpo de agua en el cual se han alterado los criterios de calidad para todos sus posibles usos (Acuerdo Ministerial 97, 2015, p. 4).

2.2.17. Descarga de aguas residuales

Acción de verter aguas residuales a un sistema de alcantarillado o cuerpo receptor (Acuerdo Ministerial 97, 2015, p. 4).

2.2.18. Descarga Puntual

Cualquier fuente definida de la cual se descargan o pueden descargarse contaminantes (Acuerdo Ministerial 97 2015, p. 5).

2.2.19. Descarga no puntual.

Es aquella en la que no se puede precisar el punto exacto de descarga al cuerpo receptor, tal es el caso de descargas provenientes de escorrentía pluvial, escorrentía agrícola u otros similares (Acuerdo Ministerial 97, 2015, p. 5).

2.2.20. Efluente

Descarga o vertido de líquido proveniente de un proceso productivo o de una actividad determinada (Acuerdo Ministerial 97, 2015, p. 5).

2.2.21. Impacto ambiental

Cambio o consecuencia al ambiente que resulta de una acción específica o proyecto (Acuerdo Ministerial 97, 2015, p. 5).

2.2.22. Monitoreo de la calidad en cuerpos de agua

Implica el seguimiento sistemático a través del muestreo y toma de datos de campo a intervalos de tiempo definidos para la obtención de información que permita evaluar que los parámetros de calidad guarden relevancia con los usos del cuerpo receptor (Acuerdo Ministerial 97, 2015, p. 5).

2.2.23. Norma (estándar) de calidad del agua

Documento reconocido en leyes o reglamentos de control de la contaminación del agua a nivel gubernamental (Acuerdo Ministerial 97, 2015, p. 6).

2.2.24. Parámetro, componente o característica

Variable o propiedad física, química, biológica, combinación de las anteriores, elemento o sustancia que sirve para caracterizar la calidad del agua o de las descargas (Acuerdo Ministerial 97, 2015, p. 6).

2.2.25. Punto de muestreo

Lugar de extracción para toma de muestras de agua (Acuerdo Ministerial 97, 2015, p. 6).

Es decir, el punto de muestro es el espacio físico determinado por el investigador y que cumpla las características necesarias para obtener información válida en el proceso de investigación.

2.2.26. Coliformes fecales

Son organismos que incluyen las bacterias del género *escherichia* y especies como *klebsiella*, *enterobacter* y *citrobacter*, su origen principalmente se centra en materia fecal, en el suelo y el agua, y en materia en estado de descomposición. Algunas de estas bacterias al ser transmitidas por ingesta de agua pueden provocar enfermedades como neumonía, infecciones gastrointestinales y sepsis neonatal (Bush y Vazquez, 2020, párr.1).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Métodos

La investigación técnica de evaluación de la calidad del agua del río Yuquipa, tramo - comunidad Sagrado Corazón, mediante la identificación de macroinvertebrados bentónicos, se desarrolló dentro del periodo octubre 2020 a marzo 2021, mediante la utilización de los métodos cuantitativo, cualitativo, descriptivo y explicativo.

3.1.1. Método Cuantitativo

Contiene valores numéricos obtenidos posterior a la utilización de equipos e instrumentos para evaluar los parámetros fisicoquímicos en los puntos de monitoreo y el cálculo de los índices de la evaluación de los macroinvertebrados.

3.1.2. Método Cualitativo

Se utilizó un método cualitativo en la calificación de la calidad del agua del río Yuquipa, desde la percepción individual de los habitantes considerando un rango desde buena a mala calidad.

3.1.3. Método Descriptivo

El método descriptivo se utilizó para puntualizar las características en las estaciones de monitoreo dentro del tramo de estudio, que permitieron la recolección de datos e información en el trabajo de campo.

3.1.4. Método Explicativo

El método explicativo permitió detallar las características de las muestras de agua tomadas del río Yuquipa, tramo de la comunidad Sagrado Corazón y sus variaciones en el periodo de tiempo definido.

3.2. Diseño de investigación

3.2.1. Localización del proyecto

El estudio se desarrolló en el río Yuquipa, en tres estaciones de monitoreo en el tramo que atraviesa la comunidad de Sagrado Corazón perteneciente a la Parroquia Sevilla Don Bosco, cantón Morona de la provincia de Morona Santiago.

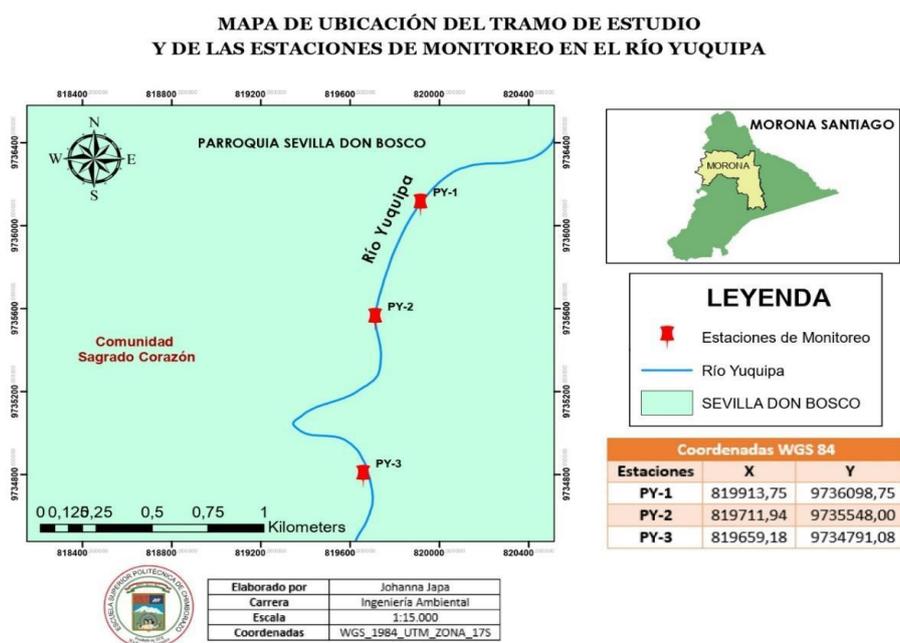


Figura 1-3: Mapa de ubicación del tramo de estudio, Río Yuquipa

Realizado por: Japa Cando, Johanna, 2021.

3.3. Lógica de investigación técnica

3.3.1. Selección de estaciones de monitoreo en el río Yuquipa

Se delimitó un tramo de estudio en el río Yuquipa en la comunidad Sagrado Corazón, estableciendo tres estaciones de monitoreo (Figura 1-3), con el equipo electrónico GPS marca Garmin Etrex 20 se referenciaron las estaciones de monitoreo en coordenadas UTM WGS 84 y con el programa ArcMap versión 10.6.1 se graficó el mapa de ubicación del tramo de estudio y estaciones de monitoreo.

Las estaciones de monitoreos tienen como guía teórica el siguiente protocolo de monitoreo de agua:

- Uso potencial del recurso hídrico, en relación a la actividad poblacional
- Los cauces de ríos reciben descargas de aguas residuales.
- La facilidad y seguridad para el ingreso a cada estación (Lozano, 2019, p. 34).
- Uso potencial del suelo (Lozano, 2019).
- Inicio y fin del tramo seleccionado (Lozano, 2019).

3.3.1.1. Estación PY-1

Se encuentra ubicada en el ingreso a la comunidad Sagrado Corazón, en donde los habitantes utilizan el agua para actividades como aseo, sembríos, alimentación y limpieza. El área se encuentra medianamente intervenida alterando las condiciones naturales del agua, durante los monitoreos realizados se visualizaron residuos sólidos (plásticos) y residuos de detergentes en las orillas del río. Además, el lugar presenta vegetación quemada y reemplazarla por pasto y sembríos de plátano.

3.3.1.2. Estación PY-2

Está ubicada entre la comunidad Sagrado Corazón y la comunidad San Luis de Inimkis, existe mayor impacto debido a las actividades antropogénicas que se realizan, con la presencia de un dique utilizado para recreación, lavado de ropa y aseo personal. Durante los monitoreos realizados se encontraron residuos sólidos (detergentes, plásticos, botellas, restos de alimentos y pañales) y además, el río recibe descargas de aguas servidas de los asentamientos aledaños al río.

3.3.1.3. Estación PY-3

Ubicada al final del tramo de estudio, se estableció esta área a fin de evaluar los impactos ambientales y sociales por las actividades antropogénicas. En el monitoreo se encontraron actividades de limpieza de ropa y aseo personal, se observaron residuos sólidos a las orillas del río. En las riberas existen formaciones de vegetación arbórea y arbustiva con grandes claros, también escasos sembríos de plátano y yuca utilizados para consumo de las familias aleñas al sector.

3.3.2. Análisis físicoquímico y microbiológico

3.3.2.1. Toma de las muestras

El muestreo de agua del río Yuquipa se realizó con base en la norma NTE INEN 2169:2013: Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y Conservación de la Muestra (INEN, 2013; citado por Lozano, 2019, p. 37).

Durante el periodo de estudio se realizaron tres monitoreos consecutivos, en los meses de noviembre y diciembre de 2020 y enero de 2021, los miércoles desde las 09h00, al iniciar el trabajo de campo se observó y registró las condiciones físicas y ambientales de cada estación, se recolectaron muestras de agua en frascos estériles, dos muestras de agua en cada estación. En función del día de monitoreo se realizaron los análisis de los parámetros WQI, NSF con un total de seis muestras mensuales dando un total de dieciocho muestras de agua durante el período de estudio.

Tabla 1-3: Descripción del proceso de monitoreo.

Parámetro	Tipo Envase Recolector	Procedimiento
Oxígeno disuelto	La medición se realizó in situ.	En cada estación de monitoreo se midió el oxígeno disuelto, la temperatura de referencia (ambiente) y la temperatura del agua, para esto se utilizó un medidor portátil óptico marca APERA, se introdujo la sonda del equipo en el centro del cauce del río y la temperatura ambiente se obtuvo sosteniendo la sonda fuera del agua durante unos minutos. Los valores obtenidos durante las mediciones se registraron en la hoja de campo.
Cambio de Temperatura		
pH	La medición se realizó in situ.	Se midió el pH introduciendo la sonda del medidor marca PHYWE en el centro del cauce del río y se registró los resultados en la hoja de campo.
Fosfatos	Botella de Vidrio (Pyrex) de 1 L	Primero se homogenizó la botella enjuagándola 3 veces con el agua del río. Luego se introdujo la botella al río en contracorriente hasta llenarla totalmente, se tapó y se conservó en el contenedor hermético.
Nitratos		
Turbidez		
Sólidos Disueltos Totales		
DBO5		
Coliformes Fecales	Frasco plástico estéril de 100 ml	Antes de la toma de estas muestras se colocó guantes quirúrgicos para no alterar las muestras. Se sumergió el frasco en la columna de agua, una vez lleno se tapó y se retiró el frasco del agua. Se conservó en el contenedor hermético.

Fuente: Lozada, Mónica, 2019.

Realizado por: Japa Cando, Johanna, 2021.

Los envases fueron etiquetados con la guía establecida por Lozano (2019) con siguiente información: fecha, hora, estación, parámetros a evaluar, responsable Posteriormente se colocaron en un contenedor hermético con hielo, para preservar sus condiciones naturales hasta el momento del análisis.

3.3.2.2. Análisis de parámetros físico, químico y microbiológico

En el laboratorio de la ESPOCH Sede Morona Santiago se analizaron las muestras al día siguiente de su obtención. La Tabla 2-3 indica los métodos utilizados para el análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

Tabla 2-3: Método aplicativo en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

Parámetros	Método (Standard Methods)	Instrumentos	Equipos
DBO5	5210-B	-Frascos para muestras -Varillas de agitación	Medidor respirométrico de DBO OxiTop IS-6
Coliformes Fecales	9222-B	Filtro de membrana microporosa	-Bomba de vacío ROCKER-300 -Incubadora termostática Rebelk
Fosfatos	4500-P-D	-Pipetas	Espectrofotómetro visible - THERMO SCIENTIFIC
Nitratos	4500-NO3-E	-Vasos de precipitación -Celdas	
Turbidez	2130-B	-Pipetas -Celdas	
Sólidos Disueltos Totales	2540-B	-Vasos de precipitación -Cajas Petri	-Balanza de precisión, SARTORIUS -Estufa universal MEMMERT

Realizado por: Japa Cando, Johanna, 2021.

3.3.2.3. Cálculo del WQI de la NSF

El cálculo se realizó mediante el software IQADATA versión 2015. Los valores obtenidos del análisis de cada parámetro se introdujeron en la tabla de cálculo que determinó de forma directa el valor índice (Lozano, 2019).

La Tabla 3-3 indica los factores de ponderación y la Tabla 4-3 establece la calificación final luego de los cálculos realizados.

Tabla 3-3: Índice de la NSF

Parámetros de calidad	Factor de ponderación
Cambio de Temperatura (°C)	0.10
pH (Unidades)	0.11
Oxígeno disuelto (% Sat)	0.17
Turbidez (NTU)	0.08
Nitratos (mg/L NO ₃)	0.10
Fosfatos Totales (mg/L PO ₄ -P)	0.10
DBO ₅ (mg/L)	0.11
Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	0.16
Sólidos Totales (mg/L)	0.07
Sumatoria índice	1

Fuente: Lozano, 2019

Realizado por: Japa Cando, Johanna, 2021.

Tabla 4-3: Clasificación del índice NSF.

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

Fuente: Indicadores de la calidad del agua generalidades, s.f., p. 47

Realizado por: Japa Cando, Johanna, 2021.

3.3.3. Evaluación del índice de hábitat fluvial – IHF

- Se seleccionó un tramo de 100 metros de longitud con la utilización de un flexómetro, ubicando los aspectos físicos más representativos en cada estación.
- Se evaluaron los siete criterios del índice, asignando una puntuación a cada uno de ellos: inclusión en rápidos–sedimentación en posas, frecuencia de rápidos, composición del sustrato, regímenes de velocidad y profundidad, porcentaje de sobra en el cauce, elementos de heterogeneidad y cobertura de vegetación acuática (Lozano, 2019), como se indica en la Tabla 5-2.
- El valor global del índice se obtuvo sumando los valores parciales de los siete criterios, con un valor entre 0 y 100 (Lozano, 2019).

Tabla 5-3: Hoja de campo: Evaluación del hábitat fluvial para ríos mediterráneos. Índice IHF

Punto de muestreo:			
Fecha:		Hora:	
Observador:			
Bloques		Puntuación	
1. Inclusión en rápidos-sedimentación en pozas			
Rápidos	Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos. Inclusión 0 - 30%.	10	
	Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos. Inclusión 30 - 60% .	5	
	Piedras, cantos y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos. Inclusión > 60%.	0	
Solo pozas	Sedimentación 0 - 30%	10	
	Sedimentación 30 - 60%	5	
	Sedimentación > 60%	0	
TOTAL			
2. Frecuencia de rápidos			
Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río < 7		10	
Escasa frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 7 - 15		8	
Presencia ocasional de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 15 - 25		6	
Constancia de flujo laminar o rápidos escasos. Relación distancia entre rápidos/anchura del río >25		4	
Solo pozas		2	
TOTAL			
3. Composición del sustrato			
% Bloques y piedras	1 - 10%	2	
	> 10%	5	
% Cantos y gravas	1 - 10%	2	
	> 10% 5	5	
% Arena	1 - 10%	2	
	> 10%	5	
% Limo y arcilla	1 - 10%	2	
	> 10%	5	
TOTAL			
4. Regímenes de velocidad / profundidad			
<i>somero: < 0.5 m 10</i>			
<i>lento: < 0.3 m/s</i>			
4 categorías. Lento-profundo, lento-somero, rápido-profundo y rápido-somero.		10	
Sólo 3 de las 4 categorías		8	
Sólo 2 de las 4		6	
Sólo 1 de las cuatro		4	
TOTAL			
5. Porcentaje de sombra en el cauce			
Sombreado con ventanas		10	
Totalmente en sombra		7	
Grandes claros		5	
Expuesto		3	
TOTAL			
6. Elementos heterogeneidad			
Hojarasca	> 10% ó < 75%	10	
	1 - 10% ó > 75%		
Presencia de troncos y ramas		7	
Raíces expuestas		5	
Diques naturales		3	
TOTAL			
7. Cobertura de vegetación acuática			
% Plocon + briófitos	10 - 50%	10	
	1 - 10% ó > 50%	5	
% Pecton	10 - 50%	10	
	1 - 10% ó > 50%	5	

% Fanerógamas + Charales	10 - 50%	10	
	1 - 10% ó > 50%	5	
TOTAL			
PUNTUACIÓN FINAL (suma de las puntuaciones anteriores)			

La puntuación de cada uno de los apartados no puede exceder la expresada en la siguiente tabla:

Inclusión rápidos - sedimentación pozas	10
Frecuencia de rápidos	10
Composición del sustrato	20
Régimen velocidad / profundidad	10
Porcentaje de sombra en el cauce	10
Elementos de heterogeneidad	10
Cobertura de vegetación acuática	30

Fuente: "Indicadores de la calidad del agua generalidades" s.f., p. 47

Realizado por: Japa Cando, Johanna, 2021.

Posteriormente el valor obtenido se comparó en la tabla de calidad del índice de hábitat fluvial (Tabla 5-2), la que varía entre: < 40 (mala) y >70 (óptima) (HiDromoforlogía de los Ríos, 2015, p. 68; Protocolos, 2014, p. 61; citado por Lozano, 2019, p. 16).

Tabla 6-3: Valorización de la calidad del índice de hábitat fluvial

VALOR IHF	NIVEL DE CALIDAD	COLOR
>70	Óptima	Azul
40 – 70	Buena	Amarillo
< 40	Mala	Rojo

Fuente: Indicadores de la calidad del agua generalidades, s.f.

Realizado por: Japa Cando, Johanna, 2021.

3.3.4. Monitoreo de los macroinvertebrados bentónicos

Se estableció un tramo de aproximadamente 100 metros de distancia para la recolección de los macroinvertebrados, durante un tiempo de 45 minutos en cada estación de monitoreo. La recolección se realizó desde la última estación (PY-3) hacia la primera estación (PY-1), para evitar el arrastre de organismos hacia las estaciones siguientes. Se utilizaron redes D-net, que son herramientas especializadas para atrapar y recolectar los macroinvertebrados (Ramírez, et al., 2003).

Las muestras recolectadas se depositaron en bateas blancas, en donde los organismos son fáciles de visualizar. Utilizando pinzas entomológicas, los macroinvertebrados se separaron del sustrato y se colocaron en frascos de vidrio con 250 ml de alcohol al 70%. Los frascos fueron etiquetados con la siguiente información: fecha, hora, responsable, estación de monitoreo, detalle de la muestra.

3.3.4.1. Caracterización de macroinvertebrados.

Las muestras de macroinvertebrados fueron analizadas en el laboratorio de la ESPOCH Sede Morona Santiago, durante los cinco días siguientes a la toma de las muestras.

Utilizando pinzas entomológicas se colocaron de forma individual en una caja Petri que contenía una pequeña cantidad de alcohol y se identificaron con la ayuda de un estereoscopio MOTIC SMZ-168. La identificación se realizó hasta el nivel de familias, para la cual se utilizaron claves taxonómicas de Roldán, 2003 y de Corrochano y Álvarez, 2012 (Lozano, 2019, p. 41).

3.3.4.2. Aplicación de metodología de Roldán para el cálculo de índice BMWP/Col

El cálculo se realizó con base en la metodología de Roldán (2003), digitando el puntaje de cada familia según el valor que correspondía en la Tabla 6-2. La sumatoria del puntaje de cada familia representó el valor total del índice. El valor obtenido en cada estación se clasificó según la Tabla 7-2 obteniendo la calidad del agua. El color asignado representa la calidad en cada estación de monitoreo (Rosas Acevedo et al., 2014, p.15; citado en Lozano, 2019, p. 41).

$$BMWP/Col = S_1+S_2+S_3+... S_n$$

Donde:

- S= Sensibilidad de cada familia.
- 1,2,3.... n= Familias presentes en la muestra.

Tabla 7-3: Puntaje individual por familias para la 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, Hidrobiosidae, 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, Glossossomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae</i>	7

<i>Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae, Gammaridae, Atyidae.</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</i>	1

Fuente: Lozano, 2019.

Realizado por: Johanna Japa, 2020.

La tabla 8-3 indica las cinco clases de calidad del agua resultantes de sumar la puntuación total obtenida de las familias encontradas en un ecosistema estudiado. La puntuación final se designa como valor BMWP/Col (Roldán Pérez c 2003, p.31; citados en Lozano, 2019, p. 41).

Tabla 8-3: Clases 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 crítico	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: Lozano, 2019.

Realizado por: Japa Cando, Johanna, 2021.

3.3.5. Cálculo de caudales en puntos de muestreo

El trabajo de campo concluyó con la medición del caudal en cada estación de muestreo, mediante el método del flotador. La medición del caudal se realizó mensualmente posterior al muestreo físico-químico, biológico y ecológico, mediante el método del flotador para el cual se realizó el siguiente procedimiento (Lozada, 2019, p. 42).

- *Selección del objeto flotante:* como flotador se seleccionó una esfera de espumaflex de 10 cm.
- *Selección del tramo:* en cada estación de muestreo se midió con un flexómetro una longitud de 25 metros de distancia del río, en un tramo lo más recto y uniforme posible, de baja turbulencia y sin obstáculos, de manera que el flotador fluya libremente (Lozada, 2019, p. 42).

- *Medición del área de la sección:* con el flexómetro se midió el ancho de la sección A y B, posteriormente se colocaron estacas en cada sección. El ancho del cauce se dividió en 4 partes iguales y en cada división se midió la altura de las columnas de agua (Lozada, 2019, p. 42) por metro de distancia. El área se obtuvo mediante la siguiente ecuación:

$$At = A * Pm$$

Dónde:

- At: Área total de la sección transversal, (m²).
- A: Ancho total del cauce - secciones A y B, (m).
- Pm: Profundidad promedio, (m).

Medición de la velocidad

Aguas arriba del tramo se dejó caer el flotador 5 veces y con un cronómetro se tomó el tiempo que demora en recorrer desde la sección A hasta la sección B. La velocidad se obtuvo mediante la siguiente ecuación, (Lozada, 2019, p. 43).

$$V = \frac{L_{(A-B)}}{T_{prom}}$$

Donde

- L_(A-B) = Distancia recorrida de la sección A hacia B
- T_{prom} = Tiempo promedio en el que el flotador tarda en recorrer la distancia seleccionada

Cálculo del caudal

Se calculó mediante la ecuación presentada a continuación, mismo que relaciona la velocidad de la corriente superficial (V), el área total de la sección transversal (At) y el factor de corrección (K), con base en los resultados (Lozada, 2019, p. 44).

$$Q = K * V * At$$

Donde:

- K: Factor de corrección, adimensional.
- V: Velocidad, m²/s.
- At: Área de la sección transversal, m².

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Análisis de los parámetros del WQI de la NSF

Entre los factores que influyen en la dinámica de los cuerpos hídricos superficiales, se encuentran los parámetros fisicoquímicos, que atribuyen al cuerpo de agua características fundamentales y únicas, como hace referencia Roldán (2012), en (Lozada, 2019, p. 47).

A continuación, se analizó el comportamiento de las variables fisicoquímicas de las muestras recolectadas en las tres estaciones de monitoreo, es decir, los parámetros correspondientes a oxígeno disuelto, pH y coliformes fecales en comparación con los valores presentados en la Tabla criterios de calidad de aguas para la preservación de flora y fauna en aguas dulces frías o cálidas, aguas marinas y estuarios; puesto que, este estudio está enfocado en los organismos acuáticos como indicadores de la calidad del agua (Lozada, 2019, p. 47).

4.1.1. Medición de oxígeno disuelto

Es el parámetro que tiene mayor factor de ponderación dentro del WQI de NSF, es uno de los más importantes para el desarrollo de la vida acuática, dado que, una disminución significativa del OD podría ser perjudicial para la supervivencia de los macroinvertebrados, (Roldán, 2012, p. 12).

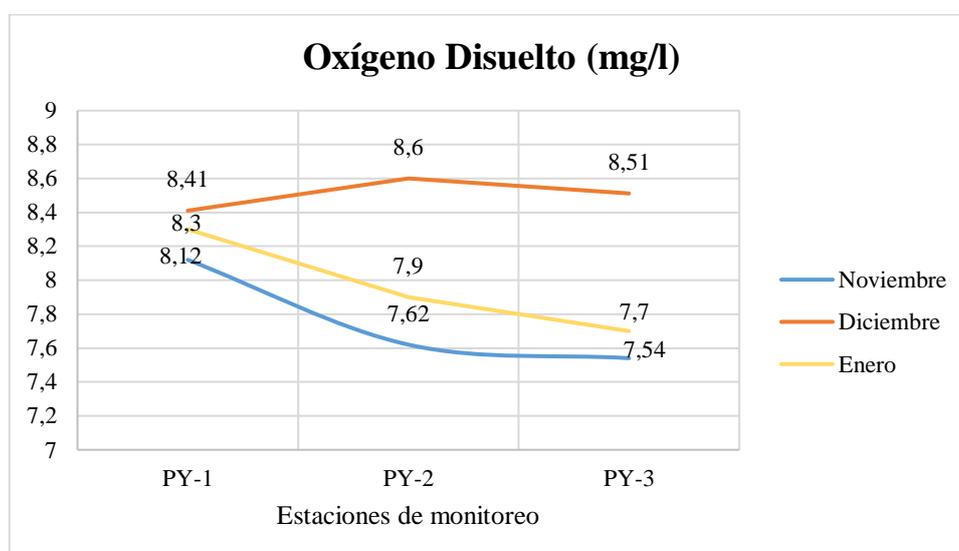


Gráfico 1-4: Medición de oxígeno disuelto en muestras de agua del río Yuquiipa

Realizado por: Japa Cando, Johanna, 2021.

Los resultados del oxígeno disuelto en las estaciones indicadas en el Gráfico 1-4, registran

ligeros cambios entre cada estación. Los valores obtenidos de oxígeno disuelto están dentro del límite máximo permisible (agua cálida dulce - no menor a 5,00 mg/l) establecidos en la tabla del Anexo A.

Se observa que en el mes de noviembre la estación PY-3 presentó el valor más bajo de OD con 7,54 mg/l, mientras que, en diciembre 8,51 mg/l y en enero 7,7 mg/l. El aumento en el mes de enero está relacionado con los factores ambientales como actividades antropogénicas y la temperatura ambiente del agua y descargas de agua residual puesto que se registraron lluvias antes y durante el día de la toma de muestras.

4.1.2. Medición de coliformes fecales

El principal foco de contaminación de estos efluentes son las descargas directas de aguas servidas y desechos provenientes de cuencas de drenaje rural, donde los principales contaminantes son, coliformes fecales (*Escherichia coli*) (Campaña, et al., 2017, p. 45).

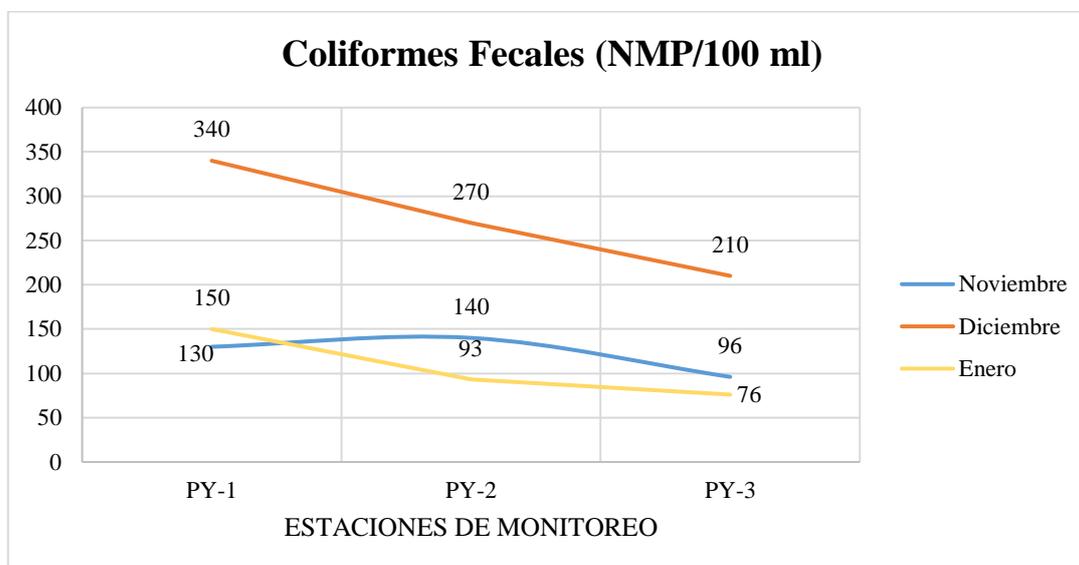


Gráfico 2-4: Mediciones de coliformes fecales en muestras de agua del río Yuquipa

Realizado por: Japa Cando, Johanna, 2021.

El gráfico 2-4, muestra los valores obtenidos de las tres estaciones de monitoreo durante el periodo de estudio. La estación PY-3 en el mes de enero presenta menor concentración de coliformes fecales con el valor de 76 NMP/100 ml. Se evidenció que la estación PY-1 presenta mayor concentración de coliformes en los meses de diciembre y enero con 340 NMP/100 ml y 150 NMP/100 ml, respectivamente.

En el mes de diciembre las tres estaciones de monitoreo: PY-1 con 340 NMP/100 ml, PY-2 con 270 NMP/100 ml y PY-3 con 210 NMP/100 ml, se encuentran fuera del límite máximo permisible de la normativa, misma que establece un máximo de 200 NMP/100 ml (Ver anexo A).

4.1.3. Medición de pH

El pH en el agua puede influenciar sobre la toxicidad de ciertos compuestos, originando cambios en la flora y fauna acuática (Revollo, 2015, p.82; citado en Lozano, 2019, p. 50).

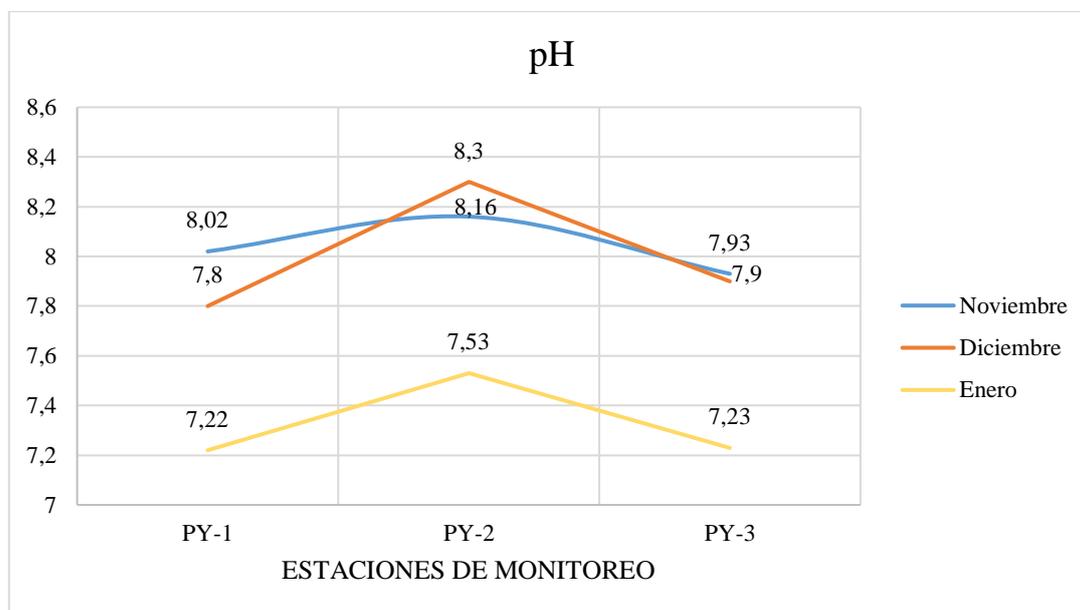


Gráfico 3-4: Medición del pH en muestras de agua del río Yuquipa

Realizado por: Japa Cando, Johanna, 2021.

En el gráfico 3-4 se observa que, la estación PY-1 registra el valor más bajo de pH correspondiente a 7,22 (basicidad) en el mes de enero y la estación PY-2 registra el pH más alto 8,3 (basicidad) en el mes de diciembre. Los valores en las estaciones de monitoreo se encuentran dentro de los rangos permitidos en la norma de calidad ambiental, teniendo como mínimo y máximo los valores de 6,50 y 9,00 respectivamente (Ver anexo A). Se observa la variación temporal y espacial de los valores del pH, en las tres estaciones de monitoreo, el cual registra variaciones poco significativas.

4.1.4. Resultados del WQI según la aplicación de la metodología de NSF.

Tabla 1-4: Valoración y clasificación de WQI de la NSF

	Estaciones	Valor del índice	Clasificación
NOVIEMBRE 2020	PY-1	62,9	REGULAR
	PY-2	66,94	REGULAR
	PY-3	73,5	BUENA
DICIEMBRE 2020	PY-1	58,36	REGULAR
	PY-2	61,98	REGULAR
	PY-3	62,87	REGULAR
ENERO 2021	PY-1	67,39	REGULAR
	PY-2	66,99	REGULAR
	PY-3	70,05	BUENA

Realizado por: Japa Cando, Johanna, 2021.

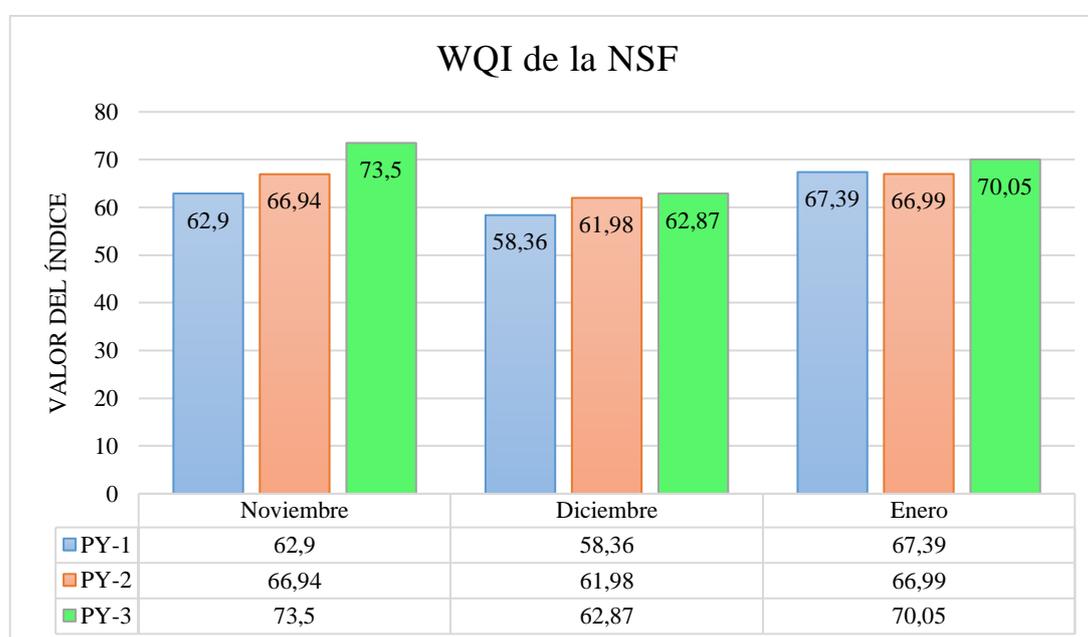


Gráfico 4-4: Valoración y clasificación de WQI de la NSF

Realizado por: Japa Cando, Johanna, 2021.

En el mes de noviembre, se determinó una calidad del agua, regular, para las estaciones PY-1 y PY-2, y una calidad buena para la estación PY-3. En las estaciones PY-1, PY-2 y PY-3, los valores del índice son: 62,9; 66,94 y 73,5; respectivamente. Los porcentajes de incidencia de los parámetros en la calidad del agua según el software IQAdata para la estación PY-1 y PY-2 son: coliformes fecales y fósforo total (25-50%) y la demanda bioquímica de oxígeno del 10 al 24%.

A diferencia de la estación PY-3 donde los porcentajes de incidencia de los parámetros en la calidad del agua son: coliformes fecales (mayor al 50%) y la demanda bioquímica de oxígeno, fósforo total y nitratos entre 10 y 24%.

El parámetro significativo de coliformes fecales influye en la disminución de los valores del índice en las estaciones de muestreo, debido a que la cantidad de coliformes presentes en este río son altas y tienen su origen en las orillas río arriba donde hay presencia de asentamientos humanos los cuales vierten sus aguas residuales directamente al río.

Durante el mes de diciembre en las estaciones PY-1, PY-2 Y PY-3, los valores del índice presentaron una calidad del agua regular; las tres estaciones tuvieron un aumento de coliformes fecales, fosfatos y nitratos en comparación con el mes de noviembre. Es importante mencionar que durante el monitoreo se presentaron lluvias que contribuyeron al arrastre de heces de animales estabulados en las orillas del río y aguas servidas.

Los porcentajes de incidencia de los parámetros en la calidad del agua según el software IQAdata para la estación PY-1 son: coliformes fecales y fósforo total (25-50%), y nitratos (10-24%). En las estaciones PY-2 y PY-3 los porcentajes de incidencia de los parámetros en la calidad del agua son: coliformes fecales (25-50%).

Los resultados de la calidad del agua en el mes de enero son regular para las estaciones PY-1 y PY-2, y una calidad buena para la estación PY-3. En las estaciones PY-1, PY-2 y PY-3, los valores del índice son de 67,39; 66, 99 y 70,05; respectivamente. Los porcentajes de incidencia de los parámetros en la calidad del agua según el software IQAdata para la estación PY-1 y PY-3 son: coliformes fecales y fósforo total (25-50%) y demanda bioquímica de oxígeno (10-24%). A diferencia de la estación PY-2 donde los porcentajes de incidencia de los parámetros en la calidad del agua son: coliformes fecales y fósforo total (25-50%).

Existen variaciones poco significativas entre cada estación, en la estación PY-3 alcanza el valor mínimo requerido para ser de calidad buena. En principio los coliformes fecales, DBO y fósforo total tienen valores bajos, que llegan a ser de gran importancia en la estimación del índice de calidad del agua.

4.2. Cálculo de índice del hábitat fluvial (IHF)

Tabla 2-4: Evaluación del Hábitat Fluvial de la estación PY-1 en los 3 meses de muestreo

HOJA DE CAMPO GENERAL: Evaluación del Hábitat Fluvial para Ríos Mediterráneos. Índice IHF	Estación			Fecha	Fecha	Fecha
	PY-1			18/11/2020	2/12/2020	13/1/2021
				Hora	Hora	Hora
Responsable de la observación:	Japa Johanna, 2020-2021.			11:30	11:50	11:00
1. Inclusión en rápidos-sedimentación en pozas				Noviembre	Diciembre	Enero
Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos.	Rápidos	10		0	0	0
Inclusión 0 - 30%.						
Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos. Inclusión 30 - 60%.		5				
Piedras, cantos y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos. Inclusión > 60%.		0	0			
Sedimentación 0 - 30%	Solo pozas	10		0	0	0
Sedimentación 30 - 60%		5				
Sedimentación > 60%		0				
2. Frecuencia de rápidos						
Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río < 7	10	10		10		10
Escasa frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 7 - 15	8					
Presencia ocasional de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 15 - 25	6		10		10	10
Constancia de flujo laminar o rápidos escasos. Relación distancia entre rápidos/anchura del río >25	4					
Solo pozas	2					
3. Composición del sustrato						
% Bloques y piedras	1 - 10%	2		10	5	5
	> 10%	5	5			
% Cantos y gravas	1 - 10%	2		10	5	5
	> 10%	5	5			
% Arena	1 - 10%	2		10	5	5
	> 10%	5				

% Limo y arcilla	1 - 10%	2						
	> 10%	5						
4. Regímenes de velocidad / profundidad somera:< 0.5 m 10 lento:<0.3 m/s								
4 categorías. Lento-profundo, lento-somero, rápido-profundo y rápido-somero.		10	10		10		10	
Sólo 3 de las 4 categorías		8		10		10		10
Sólo 2 de las 4		6						
Sólo 1 de las cuatro		4						
5. Porcentaje de sombra en el cauce								
Sombreado con ventanas		10						
Totalmente en sombra		7		3		3		3
Grandes claros		5						
Expuesto		3	3				3	
6. Elementos heterogeneidad								
Hojarasca	> 10% ó < 75%	10						
	1 - 10% ó > 75%							
Presencia de troncos y ramas		7	7	7		7	7	7
Raíces expuestas		5						
Diques naturales		3						
7. Cobertura de vegetación acuática								
% Plocon + briófitos	10 - 50%	10			5			
	1 - 10% ó > 50%	5						
% Pecton	10 - 50%	10		5		10		5
	1 - 10% ó > 50%	5						
% Fanerógamas + Charales	10 - 50%	10						
	1 - 10% ó > 50%	5	5		5		5	
PUNTUACIÓN FINAL (suma de las puntuaciones)				45		50		45

Fuente: Lozano, 2019.

Realizado por: Japa Cando, Johanna, 2021.

Tabla 3-4: Evaluación del Hábitat Fluvial de la estación PY-2 en los 3 meses de muestreo

HOJA DE CAMPO GENERAL: Evaluación del Hábitat Fluvial para Ríos Mediterráneos. Índice IHF		Estación		Fecha		Fecha		Fecha		
		PY-2		18/11/2020		2/12/2020		13/1/2021		
				Hora		Hora		Hora		
responsable de la observación:		Japa Johanna, 2020-2021.		10:30		10:50		10:20		
1. Inclusión en rápidos-sedimentación en pozas				Noviembre		Diciembre		Enero 2021		
Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos.		Rápidos	10		5		5	10	10	
Inclusión 0 - 30%.										
Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos. Inclusión 30 - 60%.			5	5		5				
Piedras, cantos y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos. Inclusión > 60%.			0							
Sedimentación 0 - 30%		Solo pozas	10							
Sedimentación 30 - 60%			5							
Sedimentación > 60%			0							
2. Frecuencia de rápidos										
Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río < 7			10		6		6		6	
Escasa frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 7 - 15			8							
Presencia ocasional de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 15 - 25			6	6		6		6		6
Constancia de flujo laminar o rápidos escasos. Relación distancia entre rápidos/anchura del río >25			4							
Solo pozas			2							
3. Composición del sustrato										
% Bloques y piedras	1 - 10%		2		9		14	2	8	
	> 10%		5	5		5				
% Cantos y gravas	1 - 10%		2	2						2
	> 10%	5				5				
% Arena	1 - 10%		2	2		2	2			
	> 10%		5							
% Limo y arcilla	1 - 10%		2			2	2			
	> 10%		5							
4. Regímenes de velocidad / profundidad		somero:< 0.5 m	10	lento:< 0.3 m/s						

4 categorías. Lento-profundo, lento-somero, rápido-profundo y rápido-somero.	10	10		10		10	
Sólo 3 de las 4 categorías	8		10		10		10
Sólo 2 de las 4	6						
Sólo 1 de las cuatro	4						
5. Porcentaje de sombra en el cauce							
Sombreado con ventanas	10		5		5		5
Totalmente en sombra	7						
Grandes claros	5	5		5		5	
Expuesto	3					3	
6. Elementos heterogeneidad							
Hojarasca	> 10% ó < 75%		7		7		7
	1 - 10% ó > 75%						
Presencia de troncos y ramas	7	7				7	
Raíces expuestas	5						
Diques naturales	3						
7. Cobertura de vegetación acuática							
% Plocon + briófitos	10 - 50%		10		10		10
	1 - 10% ó > 50%			5		5	
% Pecton	10 - 50%		10		10		10
	1 - 10% ó > 50%			5			
% Fanerógamas + Charales	10 - 50%		10		10		10
	1 - 10% ó > 50%			5		5	
PUNTUACIÓN FINAL (suma de las puntuaciones)				52		57	56

Fuente: Lozano, 2019.

Realizado por: Japa Cando, Johanna, 2021.

Tabla 4-4: Evaluación del Hábitat Fluvial de la estación PY-3 en los 3 meses de muestreo

HOJA DE CAMPO GENERAL: Evaluación del Hábitat Fluvial para Ríos Mediterráneos. Índice IHF		Estación		Fecha		Fecha		Fecha	
		PY-3		18/11/2020		2/12/2020		13/1/2021	
responsable de la observación:		Japa Johanna, 2020-2021.		Hora		Hora		Hora	
				09:20		09:30		9:30	
1. Inclusión en rápidos-sedimentación en pozas				Noviembre		Diciembre		Enero 2021	
Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos.		10							
Inclusión 0 - 30%.									
Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos. Inclusión 30 - 60%.		5		5		5		5	
Piedras, cantos y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos. Inclusión > 60%.		0				5		5	
Sedimentación 0 - 30%		10							
Sedimentación 30 - 60%		5							
Sedimentación > 60%		0							
2. Frecuencia de rápidos									
Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río < 7		10				10			
Escasa frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 7 - 15		8		8				8	
Presencia ocasional de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 15 - 25		6				8		10	
Constancia de flujo laminar o rápidos escasos. Relación distancia entre rápidos/anchura del río >25		4							
Solo pozas		2							
3. Composición del sustrato									
% Bloques y piedras		1 - 10%		2		2		2	
		> 10%		5					
% Cantos y gravas		1 - 10%		2					
		> 10%		5		5		5	
% Arena		1 - 10%		2		2		2	
		> 10%		5					
% Limo y arcilla		1 - 10%		2		2		2	
		> 10%		5					

4. Regímenes de velocidad / profundidad		somera:<0.5 m	lento:<0.3 m/s						
4 categorías. Lento-profundo, lento-somero, rápido-profundo y rápido-somero.				10					
Sólo 3 de las 4 categorías				8	8	8	8	8	8
Sólo 2 de las 4				6					
Sólo 1 de las cuatro				4					
5. Porcentaje de sombra en el cauce									
Sombreado con ventanas				10					
Totalmente en sombra				7		3	3		3
Grandes claros				5					
Expuesto				3	3		3		3
6. Elementos heterogeneidad									
Hojarasca		> 10% ó < 75%		10					
		1 - 10% ó > 75%							
Presencia de troncos y ramas				7	7	7	7	7	7
Raíces expuestas				5					
Diques naturales				3					
7. Cobertura de vegetación acuática									
% Plocon + briófitos		10 - 50%		10					
		1 - 10% ó > 50%		5	5				
% Pecton		10 - 50%		10		15	10		10
		1 - 10% ó > 50%		5					
% Fanerógamas + Charales		10 - 50%		10	10		10		10
		1 - 10% ó > 50%		5					
PUNTUACIÓN FINAL (suma de las puntuaciones)						57	52		50

Fuente: Lozano, 2019.

Realizado por: Japa Cando, Johanna, 2021.

4.2.1. Análisis del cálculo de índice hábitat fluvial.

En las Tablas 2-4, 3-4 y 4-4, se muestran los resultados de las tres estaciones de monitoreo, durante los tres meses de estudio en la que todas tienen un promedio de calidad buena, el PY-2 muestra el valor más alto de 55 y el más bajo le corresponde a la estación PY-1 con 46,67.

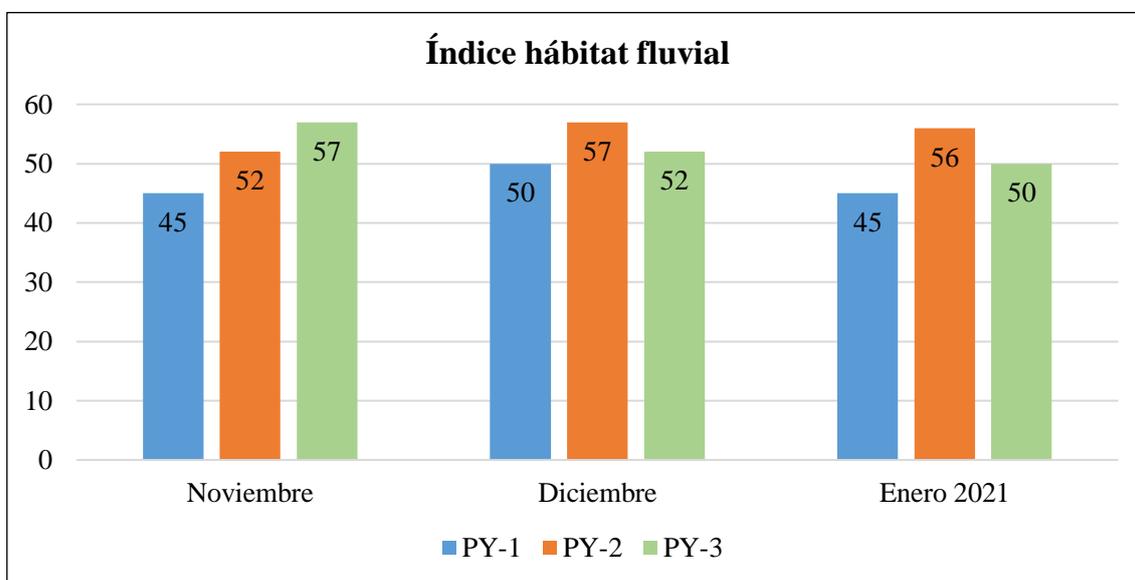


Gráfico 5-4: Evaluación del Hábitat Fluvial, índice IHF del río Yuquipa

Realizado por: Japa Cando, Johanna, 2021.

En general las estaciones PY-2 y PY-3, tienen los niveles más altos de calidad en los siguientes bloques: alta frecuencia de rápidos, variada composición del sustrato, alto porcentaje de elementos heterogéneos principalmente hojas, troncos y raíces expuestas. A diferencia de la estación PY-1 en donde la calidad del hábitat fluvial tiene un promedio de 45, debido a que el porcentaje de sombra en el cauce está en la categoría de expuesto; piedras, cantos y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos y escasos elementos de heterogeneidad, siendo más significativos en la estación PY-2.

En el mes de diciembre la puntuación de los apartados: elementos de heterogeneidad, regímenes de velocidad/profundidad y frecuencia de rápidos, incrementaron en todas las estaciones como resultado de las constantes lluvias en la zona. La variación de calidad de este índice está relacionado directamente a los factores hidromorfológicos, hidrológicos y las alteraciones antrópicas (Armengol, 2002, p.118).

4.3. Índice BMWP/Col



Gráfico 6-4: Índice BMWP/Col de Nov. PY-1

Realizado por: Japa Cando, Johanna, 2021.



Gráfico 7-4: Índice BMWP/Col de Nov. PY-2

Realizado por: Japa Cando, Johanna, 2021.



Gráfico 8-4: Índice BMWP/Col de Nov. PY-3

Realizado por: Japa Cando, Johanna, 2021.

En el mes de noviembre en el monitoreo el índice de calidad BMWP/Col, tiene un nivel de significancia de aguas ligeramente contaminadas, determinando una calidad aceptable de clase II en la estación PY-1 y PY-2 y en la estación PY-3 calidad buena, dado que las aguas estuvieron limpias

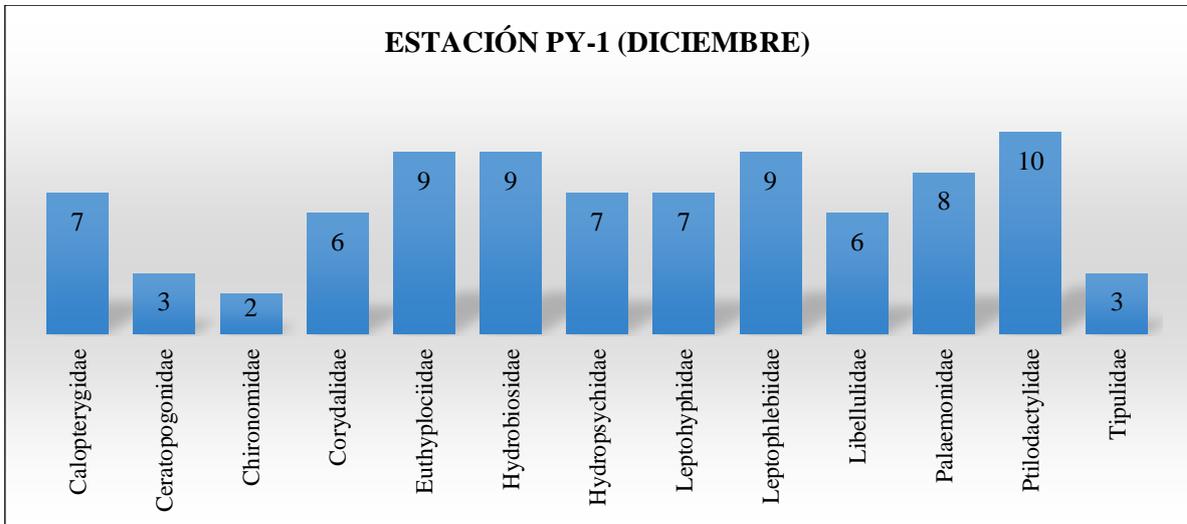


Gráfico 9-4: Índice BMWP/Col de Dic. PY-1

Realizado por: Japa Cando, Johanna, 2021.



Gráfico 10-4: Índice BMWP/Col de Dic. PY-2

Realizado por: Japa Cando, Johanna, 2021.



Gráfico 11-4: Índice BMWP/Col de Dic. PY-3

Realizado por: Japa Cando Johanna V., 2021

En el mes de diciembre según el monitoreo realizado, el índice de calidad BMWP/Col tuvo un nivel de significancia de aguas ligeramente contaminadas, es decir, calidad del agua: aceptable de clase II en las estaciones PY-1 y PY-2 , mientras que, en la estación PY-3 la calidad del agua dio como resultado, buena, dado que se encontraron aguas limpias.

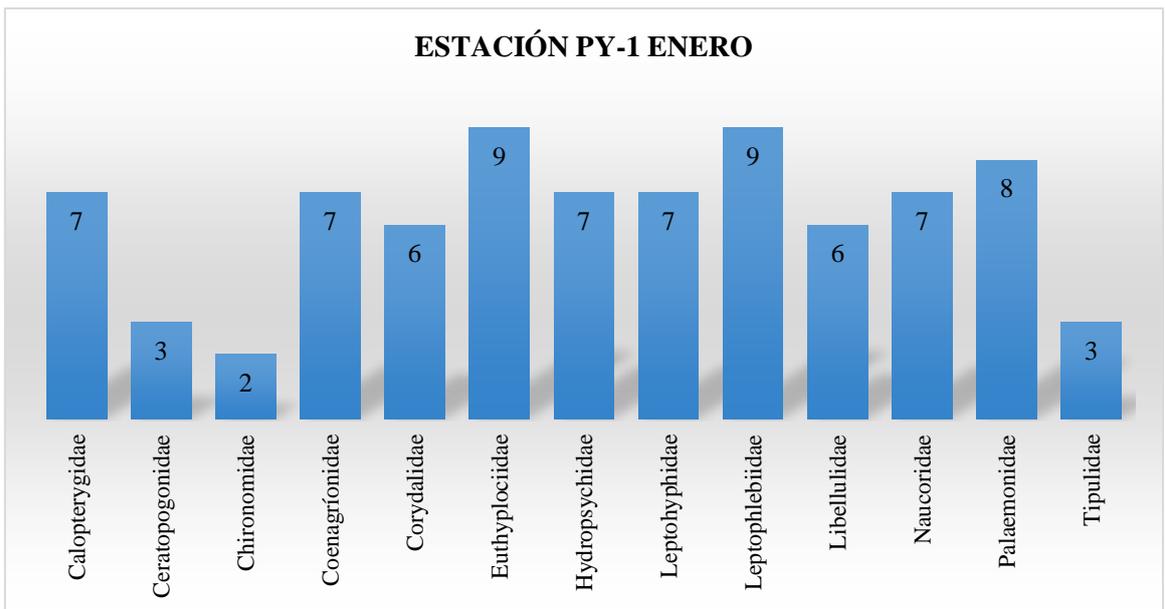


Gráfico 12-4: Índice BMWP/Col de Enero. PY-2

Realizado por: Japa Cando, Johanna, 2021.

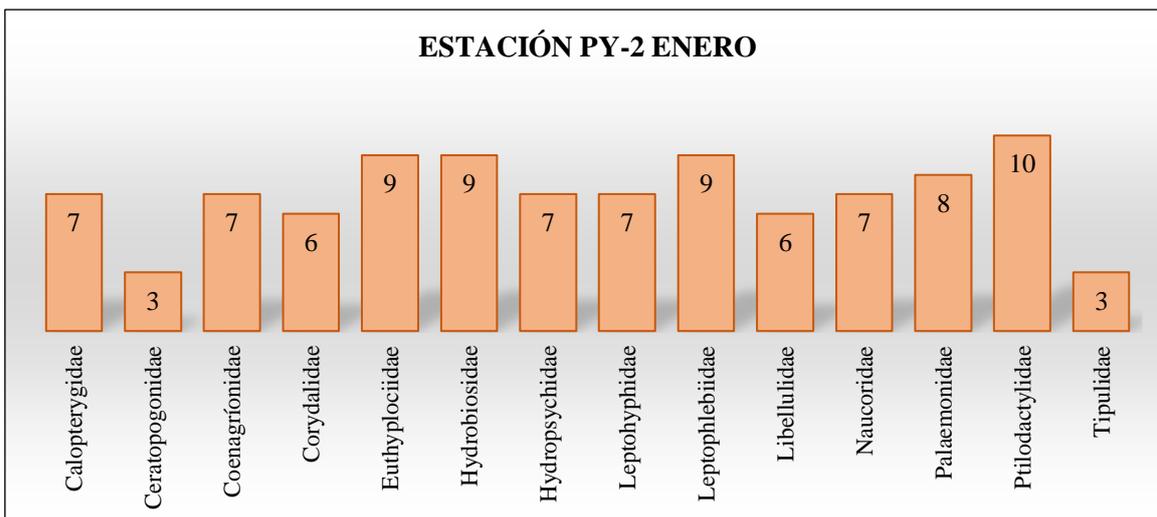


Gráfico 13-4: Índice BMWP/Col de Enero. PY-2

Realizado por: Japa Cando, Johanna, 2021.

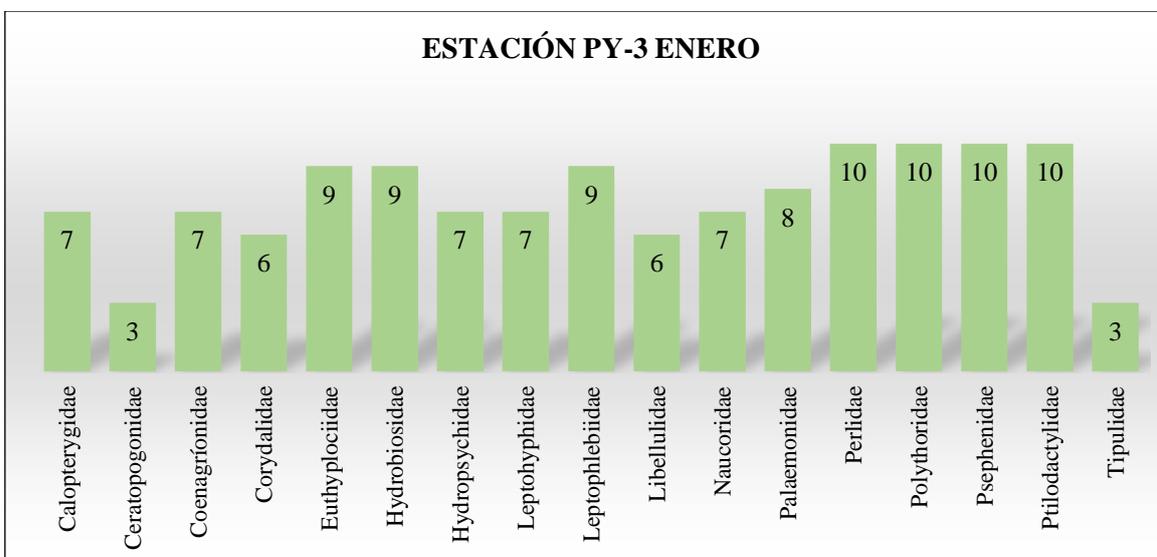


Gráfico 14-4: Índice BMWP/Col de Enero. PY-3

Realizado por: Japa Cando, Johanna, 2021.

En el mes de enero según el monitoreo realizado, el índice de calidad BMWP/Col, tuvo un nivel de significancia de aguas ligeramente contaminadas, dando una calidad aceptable de clase II en las estaciones PY-1 y PY-2, mientras que, en la estación PY-3 la calidad es buena con aguas limpias.

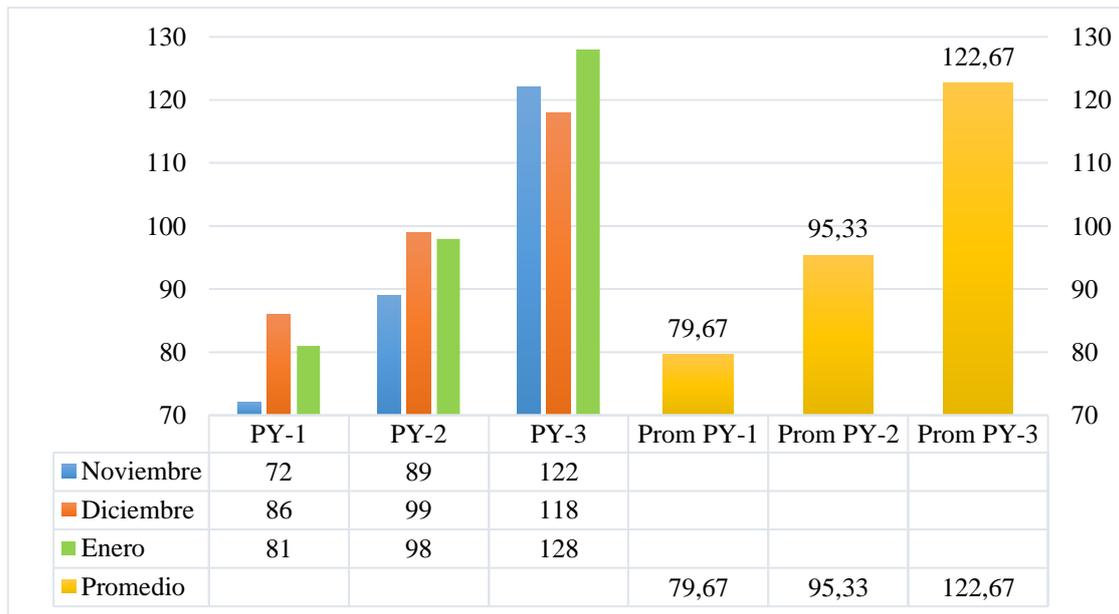


Gráfico 15-4: Calidad de agua en las diferentes estaciones de monitoreo

Realizado por: Japa Cando, Johanna, 2021.

Tabla 5-4: Familias de macroinvertebrados en el río Yuquipa

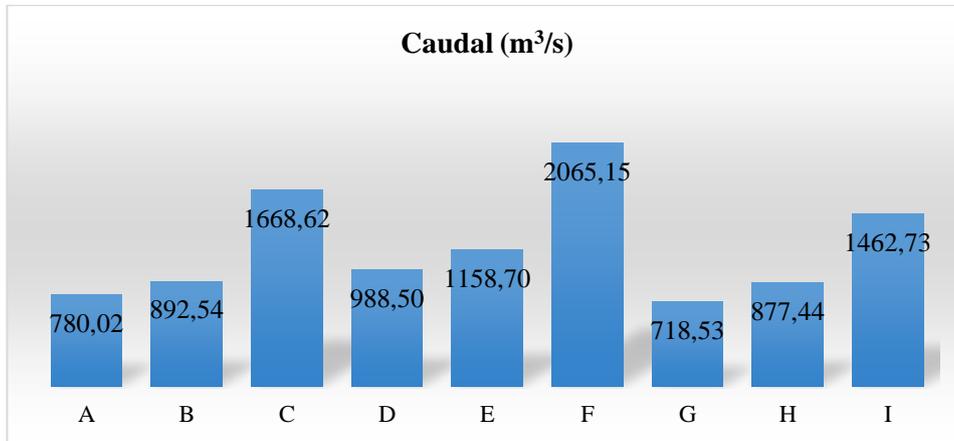
Familia de macroinvertebrados	Características	Estación de muestreo
Calopterygidae	Puntaje del índice BMWP/Col = 7, es decir, se adaptan a aguas limpias.	PY-1 PY-2 PY-3
Leptophlebiidae	Puntaje del índice BMWP/Col = 9, es decir, se adaptan a aguas muy limpias.	PY-1 PY-2 PY-3
Palaemonidae	Puntaje del índice BMWP/Col = 8, es decir, se adaptan a aguas limpias.	PY-1 PY-2 PY-3
Perlidae	Puntaje del índice BMWP/Col = 10, es decir, se adaptan a aguas muy limpias.	PY-3
Polythoridae	Puntaje del índice BMWP/Col = 10, es decir, se adaptan a aguas muy limpias.	PY-2 PY-3
Coenagrionidae	Puntaje del índice BMWP/Col = 7, es decir, se adaptan a aguas limpias.	PY-1 PY-2 PY-3

Tipulidae	Puntaje del índice BMWP/Col = 3, es decir, se adaptan a aguas contaminadas.	PY-1 PY-2 PY-3
Psephenidae	Puntaje del índice BMWP/Col = 10, es decir, se adaptan a aguas muy limpias.	PY-3
Ceratopogonidae	Puntaje del índice BMWP/Col = 3, es decir, se adaptan a aguas contaminadas.	PY-1 PY-2 PY-3
Chironomidae	Puntaje del índice BMWP/Col = 2, es decir, se adaptan a aguas muy contaminadas.	PY-1
Corydalidae	Puntaje del índice BMWP/Col = 6, es decir, se adaptan a aguas limpias.	PY-1 PY-2 PY-3
Euthyplociidae	Puntaje del índice BMWP/Col = 9, es decir, se adaptan a aguas muy limpias.	PY-1 PY-2 PY-3
Hydropsychidae	Puntaje del índice BMWP/Col = 7, es decir, se adaptan a aguas limpias.	PY-1 PY-2 PY-3
Leptohiphidae	Puntaje del índice BMWP/Col = 7, es decir, se adaptan a aguas limpias.	PY-1 PY-2 PY-3
Libellulidae	Puntaje del índice BMWP/Col = 6, es decir, se adaptan a aguas limpias.	PY-1 PY-2 PY-3
Naucoridae	Puntaje del índice BMWP/Col = 7, es decir, se adaptan a aguas limpias.	PY-1 PY-2 PY-3
Hydrobiosidae	Puntaje del índice BMWP/Col = 9, es decir, se adaptan a aguas muy limpias.	PY-1 PY-2 PY-3
Ptilodactylidae	Puntaje del índice BMWP/Col = 10, es decir, se adaptan a aguas muy limpias.	PY-1 PY-2 PY-3

Realizado por: Japa Cando, Johanna, 2021.

4.4. Cálculo del caudal

Los caudales más altos analizados independientemente son de 1668.62 m³/s en el mes de noviembre en la estación PY-3 y en el mes de diciembre 2065,15 m³/s. en la estación PY-3 y posteriormente la estación PY-2 con un caudal de 1462.73 m³/s en el mes de enero. Las causas pueden ser las condiciones meteorológicas del lugar como los efluentes ingresados por la actividad antropogénica.



A	B	C	D	E	F	G	H	I
Nov	Nov	No	Dic	Dic	Dic	Enero	Enero	Enero
PY-1	PY-2	PY-3	PY-1	PY-2	PY-3	PY-1	PY-2	PY-3

Gráfico 16-4: Medición mensual del caudal del Río Yuquipa

Realizado por: Japa Cando, Johanna, 2021.

Los promedios del caudal en cada estación de monitoreo, PY-1, PY-2 y PY-3 en m³/s son de: 1113,73; 1404,12 y 1019,56 m³/s, correspondientemente, es decir, la estación que presenta mayor caudal es la estación PY-2.

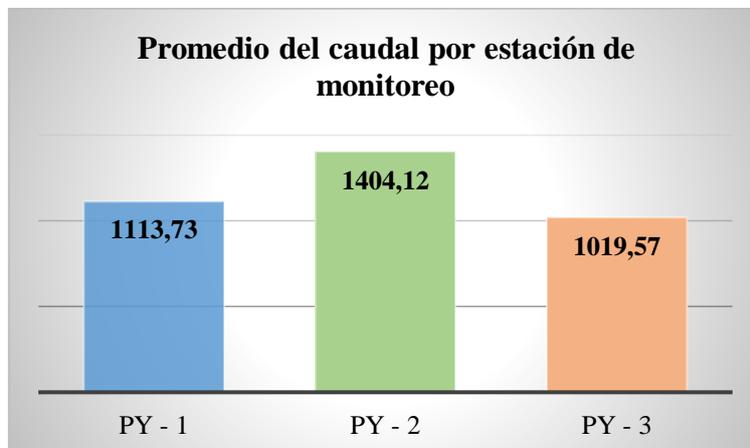


Gráfico 17-4: Promedio por estación del caudal del Río Yuquipa

Realizado por: Japa Cando, Johanna, 2021.

El caudal tiene mayor afectación en sitios del río en donde existe gran impacto de origen antrópico por descargas de aguas servidas y limpieza de los lugares con animales estabulados a las orillas del río. Considerando que en condiciones naturales el deterioro es inferior en el tiempo y espacio en sitios que no presenta influencia de actividad humana como menciona también Diego García de Jalón en el semanario de “Ríos y Sostenibilidad en Madrid – España en el año 2019 (García, 2019; citado en Lozano, 2019, p.47).

4.5. Comparación entre el índice BMWP/Col y el índice WQI

Según estudios realizados, la integración de los índices bióticos, fisicoquímicos y ecológicos en la determinación de la calidad del agua permite evaluar el comportamiento y el estado del cuerpo hídrico (Forero, et al., 2013, p 17).

Tabla 6-4: Comparación de los índices biológico BMWP/Col y WQI

COMPARACIÓN DE ÍNDICES DE LAS ESTACIONES DE ESTUDIO			
Estaciones de monitoreo	Mes	BMWP/Col	WQI
PY-1	Noviembre	ACEPTABLE 72	REGULAR 62,9
	Diciembre	ACEPTABLE 86	REGULAR 58,36
	Enero	ACEPTABLE 72	REGULAR 67,39
PY-2	Noviembre	ACEPTABLE 89	REGULAR 66,94
	Diciembre	ACEPTABLE 99	REGULAR 61,98
	Enero	ACEPTABLE 98	REGULAR 66,99
PY-3	Noviembre	BUENA 122	BUENA 73,5
	Diciembre	BUENA 118	REGULAR 62,87
	Enero	BUENA 128	BUENA 70,05

Fuente: Lozano, 2019.

Realizado por: Japa Cando, Johanna, 2021.

En resumen, en la Tabla 8-4, se observa que el índice BMWP/Col en los tres meses de monitoreo, en las estaciones PY-1 y PY-2 se mantienen en una calidad ACEPTABLE, mientras que en la estación PY-3 durante todo el estudio presenta una calidad de agua BUENA. Este índice considera datos cualitativos (presencia y ausencia) de los macroinvertebrados por lo que se evidencia que, en las dos primeras estaciones existe una ligera contaminación debido a las diferentes actividades antropogénicas que se desarrollan dentro y fuera del río. Mientras que en la estación PY-3 tiene una BUENA calidad puesto que, en el trayecto desde estación anterior existen dificultades de

ingreso por lo cual la presencia de asentamientos humanos y la interacción con este tramo del río es menor.

En lo que refiere al índice WQI, en las estaciones PY-1 y PY-2 no presenta variaciones, encontrándose en el rango de calidad regular, debido a las descargas de aguas residuales que son desfogadas directamente al río a lo largo del tramo.

La variabilidad de la calidad del agua entre el índice BMWP/Col y WQI, radica en que: el método BMPW/Col utiliza bioindicadores como macroinvertebrados, es decir, está en función de la cantidad de familias de organismos macroinvertebrados que habitan en las aguas en cuestión. Mientras que, el índice WQI, mide los parámetros físico-químicos del agua, es decir, a través de un estudio de laboratorio se determinaron las características del agua que permiten su clasificación, con la puntualidad de que los resultados reflejan las condiciones de únicamente de la muestra analizada; en consecuencia, influyen directamente las condiciones externas presentes en el momento del muestreo. Sin embargo, estos métodos son complementarios y su aplicación depende de los recursos disponibles para la investigación.

CONCLUSIONES

- Mediante la valoración del índice WQI de la NSF en las estaciones PY-1 y PY-2 los resultados promedio presentan un agua de calidad REGULAR durante los tres meses de estudio, con variaciones temporales poco notorias durante el periodo de monitoreo; siendo los coliformes fecales y el fósforo total los parámetros determinantes en esta variación. La estación PY-3 presentó una calidad de agua BUENA en noviembre 2020 y enero de 2021 y REGULAR en diciembre 2020, debido a la escorrentía y arrastre de contaminantes por las intensas lluvias.
- En la evaluación del Índice de Hábitat Fluvial, las tres estaciones reportaron un nivel de calidad BUENA, en donde la valoración más baja es de 46,67 en la estación PY-1, como resultado de las perturbaciones ocasionadas por actividades antrópicas realizadas en las riberas del río.
- De acuerdo con el índice biológico BMWP/Col, las estaciones PY-1 y PY-2 tuvieron una calidad de agua aceptable clase II (aguas ligeramente contaminadas) y la estación PY-3 calidad de agua buena clase I (aguas limpias).
- Se identificaron un total de 18 familias de macroinvertebrados, entre las más representativas: *Leptohyphidae*, *Leptophlebiidae*, *Ptilodactylidae*, *Hydropsychidae* y *Chironomidae*; la estación PY-1 alcanza el puntaje más bajo, es decir, los organismos aquí identificados sobreviven en aguas contaminadas.
- El índice WQI-NSF determinó que el agua del río es de calidad REGULAR en las primeras dos estaciones y BUENA en la última estación durante los meses de noviembre y diciembre, mientras que, el índice biológico determinó una calidad de agua aceptable clase II para las estaciones PY-1 y PY-2 y buena clase I para la estación PY-3, esta diferenciación se relaciona con el hecho de que el índice WQI basado en el análisis fisicoquímico considera los resultados de la únicamente de la muestra analizada, por lo contrario, el índice biológico refleja las condiciones del cuerpo de agua.

RECOMENDACIONES

- A las autoridades del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Sevilla Don Bosco, desarrollar un plan de implementación del sistema de alcantarillado y una planta de tratamiento de aguas residuales, puesto que, una de las fuentes puntuales de contaminación son las descargas de aguas lluvia y la infiltración de aguas negras provenientes de los pozos sépticos localizados en los asentamientos aledaños al cauce del río.
- Elaborar un plan de conservación ambiental para el río Yuquipa basado en las normativas y reglamentos tanto nacionales como internacionales que precautelen la calidad del agua, dado que este recurso se considera vital para la supervivencia del ser humano y el desarrollo social y económico.
- Establecer un monitoreo permanente en el río Yuquipa ampliando el tramo de estudio, utilizando los análisis fisicoquímicos, biológicos y ecológicos, a través del fortalecimiento de alianzas entre la academia, autoridades y población de la localidad.
- Para futuros estudios se recomienda realizar un repositorio digital público, que permita el acceso a la información y facilite la identificación de las familias de macroinvertebrados que han sido encontradas en los ríos de Morona Santiago.

GLOSARIO

Antrópica: Cualquier modificación en la naturaleza provocada por el ser humano.

Macroinvertebrados: Animales invertebrados que habitan en cuerpos de agua y permiten identificar la calidad de estos.

MBWP: Biological Monitoring Working Party (Grupo de Trabajo de Vigilancia Biológica)

Monitoreo biológico: Método de investigación utilizado para describir como cambian las especies y ecosistemas en el tiempo o las consecuencias de la influencia humana.

NMP: Número más probable.

NSF: National Sanitation Foundation (Fundación Nacional de Saneamiento).

Parámetro: Elemento de un sistema que permite clasificarlo y evaluar las características del mismo.

Ribera: Orilla de un río o mar.

WQI: Water Quality Index (Índice de calidad del agua).

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 1*. [en línea]. 2015, pp.00-00. [Consulta: 5 enero 2021]. Disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>.

ÁLVAREZ ARANGO, L.F. *Metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*. 2005. [en línea]. Ed. 10. Bogotá-Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2005, pp.00-00. [Consulta: 15 de noviembre de 2020]. Disponible en: <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/31357>.

ARMAS, S., VALLEJO, B., CABRERA, T. y GONZÁLEZ ESCUDERO, M. "Generación de indicadores de pasivos ambientales y sociales para el subsistema de inteligencia de estadísticas aplicado a las actividades hidrocarburíferos". *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo* [en línea], vol. 1 (2016) (Quito, Ecuador), pp.85-92. DOI 10.29166/revfig.v1i2.894. Disponible en: <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/RevFIG/article/view/894/904>

CANALES FLORES, R.A. *Composición química y tipos de agua naturales* [blog]. [Consulta: 29 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa2/n3/e2.html>.

CENTRO REGIONAL DE CAPACITACIÓN EN CUENCAS, [CRCC]. Centro Regional de Capacitación en Cuencas. [blog]. [Consulta: 31 diciembre 2020]. Disponible en: <https://fcu.uaq.mx/crcc/page2.php>.

COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE [CEPAL], *La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar* [en línea]. 2002. [Consulta: 23 diciembre 2020]. ISBN 978-92-1-322090-0. Disponible en: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/6411-la-contaminacion-rios-sus-efectos-areas-costeras-mar>.

CUSTODIO VILLANUEVA, M. y CHANAMÉ ZAPATA, F.C., "Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín-Perú". *Scientia Agropecuaria* [en línea], 2016, (Perú), 7(1), pp. 33-44. ISSN 2077-9917. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v7n1/a04v7n1.pdf>

DE LA VEGA, L. Análisis del ciclo hidrológico menorquín. (Trabajo de titulación) (Maestría). [en línea]. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de España, Departamento de Construcciones Arquitectónicas. Barcelona, España. 2014, p.21. [Consulta: 31 diciembre 2020]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/41815137.pdf>.

ENCALADA, C.J. Evaluación de la calidad de agua a través de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos en ríos tropicales en bosque de neblina montano. *Avances en Ciencias e Ingeniería* [en línea], 2009, 1. [Consulta: 30 noviembre 2020]. DOI 10.18272/aci.v1i1.4.. Disponible en: <http://www.uide.edu.ec/wp-content/uploads/investigacion/publicaciones/produccion-cientifica/3-evaluacion-ecologica-rio-lliquino-macroinvertebrados-acuaticos-pastaza.pdf>.

ESPINOZA GÁRATE, J.D. Análisis de la calidad de agua de la microcuenca del río Alcacay como herramienta de gestión de los recursos hídricos. (Trabajo de titulación) (Grado académico) [en línea]. Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Químicas, Carrera de Ingeniería Ambiental. Cuenca, Ecuador. 2019, pp. 47-50. [Consulta: 31 diciembre 2020]. Disponible en: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/32280/1/Trabajo%20de%20titulaci%C3%B3n.pdf>.

GARCÍA, J.M., SARMIENTO, L.F. y SALVADOR, M., 2016. Uso de bioindicadores para la evaluación de la calidad del agua en ríos: aplicación en ríos tropicales de alta montaña. *Revisión corta*. 2016, 23 (6), pp. 47-62.

GARCÍA, M., SÁNCHEZ, F., MARÍN, R., GUZMÁN, H., VERDUGO, N., DOMÍNGUEZ, E., VARGAS, O., PANIZZO, L., SÁNCHEZ, N., GOMÉZ, J. y CORTÉS, G., *El agua* [en línea], s.f. [Consulta: 29 diciembre 2020]. Disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/000001/cap4.pdf>.

GEOENCICLOPEDIA. *Ríos. Información y Características*. [blog]. [Consulta: 29 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.geoenciclopedia.com/rios/>.

GONZALON, J. Vulnerabilidad de la legalidad ambiental, territorial y de los derechos humanos ocasionado por los cultivos de palma africana en la Provincia de Esmeraldas (Trabajo de titulación) (Pregrado). [en línea]. Universidad Central del Ecuador Facultad de Jurisprudencia, Ciencias Políticas y Sociales Carrera de Derecho. Quito, Ecuador. 2016, pp.55-59. [Consulta: 10 diciembre 2020]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/5758/1/T-UCE-0013-Ab-024.pdf>.

HANSON, P., SPRINGER, M. y RAMÍREZ, A. Capítulo 1: Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical* [en línea]. 2010, 58, pp. 3-37. ISSN 0034-7744. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/20080/20282>

IBERDROLA. *La contaminación del agua: cómo no poner en peligro nuestra fuente de vida.* [blog]. [Consulta: 29 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/contaminacion-del-agua>.

INSTITUTO SUPERIOR DEL MEDIO AMBIENTE [ISM]. Técnico en Gestión de Ecosistemas de agua dulce. Control y evaluación del estado ecológico. [blog]. [Consulta: 26 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.ismedioambiente.com/programas-formativos/gestion-de-ecosistemas-de-agua-dulce-control-y-evaluacion-del-estado-ecologico/>.

IUSC, I.U.S.C. Las cuencas hidrográficas. [blog]. [Consulta: 29 diciembre 2020]. Disponible en: https://www.iusc.es/recursos/ecologia/documentos/c11_cuen_hidro.htm.

LA VIDA EN OXFAM INTERMÓN, 2016. ¿Cuáles son las principales causas de la contaminación del agua? [blog]. [Consulta: 29 diciembre 2020]. Disponible en: <https://blog.oxfamintermon.org/cuales-son-las-principales-causas-de-la-contaminacion-del-agua/>.

LIÑERO ARANA, I., BALAREZZO, V.H., ERASO, H., PACHECO, F., RAMOS, C.E., MUZO, R.G., CALVA, C.J. y CALVA, C.J. Calidad del agua de un río andino ecuatoriano a través del uso de macroinvertebrados. *Cuadernos de Investigación UNED*, 2016, 8 (1), pp. 68-75. ISSN 1659-4266. DOI 10.22458/urj.v8i1.1225. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/cinn/v8n1/1659-4266-cinn-8-01-00068.pdf>

LÓPEZ, F.J. ¿De dónde sale el continuo cauce de agua de los ríos? *Agua* [en línea]. 2015. [Consulta: 29 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.iagua.es/blogs/francisco-jose-lopez-fra/donde-sale-continuo-cauce-agua-rios>.

LOZANO DUCHITANGA, M.J. 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. (Trabajo de titulación) (Pregrado) [en línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. Macas,

Ecuador. 2019, pp. 58-63 [Consulta: 31 diciembre 2020]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/10594>.

MACHADO, V., GRANDA JARAMILLO, R. y ENDARA, A. Análisis de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos para evaluar la calidad del agua del Río Sardinas, Chocó Andino Ecuatoriano. *Enfoque UTE*. 2018, 9, pp. 154-167. DOI 10.29019/enfoqueute.v9n4.369. Disponible en: <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/enfoqueute/v9n4/1390-6542-enfoqueute-9-04-00154.pdf>

MANCO, L., FABBRI, S., TONINI, E., DE METRIO, D., GULINATI, F. y TURRA, A. 357. iQA: Quality assurance management software in hospital radiology. *Physica Medica*. 2018, 56, p. 276. ISSN 1120-1797.

MONTES, C. y BOHORQUEZ, M. Los bioindicadores como herramienta de evaluación de la calidad de agua en uno de los afluentes del Río Combeima. [en línea]. 2012 [Consulta: 5 enero 2021]. Disponible en: <https://www.monografias.com/trabajos71/bioindicadores-herramienta-evaluacion-calidad-agua/bioindicadores-herramienta-evaluacion-calidad-agua2.shtml>.

NAWECH, G. *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial* [en línea]. 2014. Disponible en: http://app.sni.gob.ec/snmlink/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1460016370001_PDOT%20SEVILLA%20DON%20BOSCO%202014%202019_30-10-2015_22-13-06.pdf.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAD, Departamento de Asuntos Sociales de Naciones Unidas [ONU-DAES]. Decenio Internacional para la Acción "El agua, fuente de vida" 2005-2015. [blog]. ONU, 2014. [Consulta: 23 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>.

PALMA, A., FIGUEROA, R. y RUIZ, V. Evaluación de ribera y hábitat fluvial a través de los índices QBR E IHF. *Gayana (Concepción)*. 2009, 73. DOI 10.4067/S0717-65382009000100009. Disponible en: <https://www.scielo.cl/pdf/gayana/v73n1/art09.pdf>

PARDO, I., ÁLVAREZ, M., CASAS, J., MORENO, J.L., VIVAS, S., BONADA, N., ALBATERCEDOR, J., JÁIMEZ-CUÉLLAR, P., MOYÀ, G., PRAT, N., ROBLES, S., SUÁREZ, M.L. y TORO, M. El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat. *Limnetica*, 2002, pp. 115-133. ISSN 0213-8409. Disponible en: <https://www.limnetica.com/documentos/limnetica/limnetica-21-2-p-115.pdf>

PAUTA, G., VELASCO, M., GUTIÉRREZ, D., VÁZQUEZ, G., RIVERA, S., MORALES, Ó. y ABRIL, A. Evaluación de la calidad del agua de los ríos de la ciudad de Cuenca, Ecuador. *MASKANA*. 2019, 10, pp. 76-88. DOI 10.18537/mskn.10.02.08. Disponible en: <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/maskana/article/view/3029/2076>

PÉREZ, A., SALAZAR, N., AGUIRRE, F., FONT, M., ZAMORA, E., CÓRDOVA, A. y ACOSTA, K. *Guía de Macroinvertebrados Bentónicos de la provincia de Orellana ESF Baja Calidad* [en línea]. Ed. 2. El Coca, Orellana, Ecuador. [Consulta: 4 enero 2021]. 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.pdf>.

PÉREZ, J., MARTÍNEZ, L., CASTELLANOS, L., MORA, A. y ROCHA, Z. Macroinvertebrados bioindicadores de calidad de agua en sistemas hídricos artificiales del Departamento de Boyacá, Colombia. *Revista Producción*. 2020, 15 (1), pp. 1-3. ISSN 10.22205. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7816278>

PIÑEROS HERRERA, K. Subcuencas y microcuencas. [blog]. Slideshare, 6 de abril de 2016. [Consulta: 31 diciembre 2020]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/kimberlynveronica/subcuencas-y-microcuencas>.

RED AMBIENTAL DE ASTURIAS. El ciclo hidrológico del agua - Portal de Medio Ambiente. [en línea]. 2020. [Consulta: 31 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.asturias.es/portal/site/medioambiente/menuitem.1340904a2df84e62fe47421ca6108a0c/?vgnextoid=b74b33f079a49210VgnVCM10000097030a0aRCRD>.

ROJAS, L.V., MACÍAS, N.A. y FONSECA, D.F. El Índice de Calidad de Agua como herramienta para la gestión de los recursos hídricos. 2009, 16, pp. 5. ISSN 1683-8904. Disponible en: <http://ama.redciencia.cu/articulos/16.01.pdf>

ROLDÁN PÉREZ, G. *Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua* [en línea]. Bogotá, Colombia, 2012. [Consulta: 4 enero 2021]. ISBN 978-958-8188-19-5. Disponible en: <http://www.ianas.com/docs/books/wbp12.pdf>.

ROLDÁN PÉREZ, G. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de la Academia Colombiana*

de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 2016, 155 (40), pp. 254-274. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6378068>

ROLDÁN PÉREZ, G. y RAMÍREZ RESTREPO, J.J. *Fundamentos de limnología neotropical*. 2º ed. Medellín, Colombia: Editorial Universidad de Antioquia. ISBN 978-958-714-144-3.

RUBIO ARIAS, H., ORTIZ DELGADO, C., QUINTANA MARTÍNEZ, R., SAUCEDO TERÁN, A. y OCHOA RIVERO, J.M. Índice de Calidad de Agua (ICA) en la Presa la Boquilla en Chihuahua, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 2014, (1), pp. 139-150. Disponible en:

SALCEDO, M., SÁNCHEZ, A. y CRUZ, A. Aplicación del Índice de calidad del agua (WQI-NSF) en lagunas metropolitanas y rurales. [en línea]. 2018. [Consulta: 10 diciembre 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/327120403_Aplicacion_del_Indice_de_calidad_del_agua_WQI-NSF_en_lagunas_metropolitanas_y_rurales.

SÁNCHEZ, A.V. y PINILLA, G.A. Aproximación preliminar a un índice multimétrico de macroinvertebrados (IMARBO) para evaluar el estado ecológico de ríos de las cuencas alta y media del río Chicamocha en Boyacá, Colombia. *Gestión y Ambiente*, 2020, 23 (1), pp. 3-4. ISSN 0124-177X, 2357-5905. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/era/v1n2/v1n2a5.pdf>

SERVICIO GEOLÓGICO DE ESTADOS UNIDOS [USGS]. La Ciencia del Agua para Escuelas: Calidad del Agua. [blog]. [Consulta: 29 diciembre 2020]. Disponible en: <https://water.usgs.gov/gotita/waterquality.html>.

TISCAMA FLORES, D. A. Caracterización fisicoquímica y bacteriológica de las aguas de la Laguna de Ozogoché de la zona. (Trabajo de titulación) (Pregrado). [en línea]. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias de la Salud, Carrera de Laboratorio Clínico. Ambato, Ecuador. 2020, pp.00-00 [Consulta: 26 diciembre 2020]. Disponible en: <https://n9.cl/wb39>.

VITERI GARCÉS, M.I., CHALEN MEDINA, J.A. y CEVALLOS REVELO, Z.L. Determinación de bioindicadores y protocolos de la calidad de agua en el embalse de la Central Hidroeléctrica Baba. *Revista Científica Dominio de las Ciencias*. 2017, 3, pp. 19. ISSN 2477-818. Disponible en: <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/viewFile/497/pdf>

ANEXOS

ANEXO A: CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES Y EN AGUAS MARINAS Y DE ESTUARIOS.

Límite máximo permisible					
Parámetros	Expresados como	Unidad	Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Clorofenoles		mg/l	0,5	0,5	0,5
Bifenilos policlorados / PCBs	Concentración total de PCBs	mg/l	0,001	0,001	0,001
Oxígeno Disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% y no menor a 6 mg/l	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l
Potencial de hidrógeno	pH		6, 5-9	6, 5-9	6, 5-9
Sulfuro de hidrógeno ionizado	H ₂ S	mg/l	0,0002	0,0002	0,0002
Amoniaco	NH ₃	mg/l	0,02	0,02	0,4
Aluminio	Al	mg/l	0,1	0,1 0,1	1,5
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0	1,0	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1	0,1	1,5
Boro	B	mg/l	0,75	0,75	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,001	0,001	0,005
Cianuro Libre	CN ⁻	mg/l	0,01	0,01	0,01
Zinc	Zn	mg/l	0,18	0,18	0,17
Cloro residual	Cl	mg/l	0,01	0,01	0,01
Estaño	Sn	mg/l	0,2	0,2	2,00
Cobalto	Co	mg/l	0,2	0,2	0,2
Plomo	Pb	mg/l	0,02	0,02	0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,02	0,02	0,05
Cromo total	Cr	mg/l	0,05	0,05	0,05
Fenoles	Expresado como fenoles, sustancias en hexano	mg/l	0,001	0,001	0,001
Monohídricos Grasas y aceites			0,3	0,3	0,3
Hierro	Fe	mg/l	0,3	0,3	0,3
Hidrocarburos Totales de petróleo	TPH	mg/l	0,5	0,5	0,5
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	Concentración total de HAPs	mg/l	0,0003	0,0003	0,0003
Manganeso	Mn	mg/l	0,1	0,1	0,1
Materia flotante	visible		Ausencia	Ausencia	Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0002	0,0001

Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,025	0,1
Plaguicidas organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	µg/l	10,0	10,0	10,0
Plaguicidas organofosforados	Concentración de organofosforados totales	µg/l	10,0	10,0	10,0
Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05	0,05
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,01	0,005
Selenio	Se	mg/l	0,01	0,01	0,01
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5	0,5
Temperatura	°C		Condiciónes naturales + 3	Condiciónes naturales + 3	Condiciónes naturales + 3
Coliformes Fecales	nmp/100ml		Máxima 20 200	Máxima 32 200	Máxima 32 200

Fuente: Acuerdo Ministerial 97. 2015, p. 303-304.

Realizado por: Japa Cando, Johanna, 2021.

ANEXO B: NORMA TÉCNICA ECUATORIANA, INEN.

Los datos relativos a la calidad biológica de las aguas corrientes tienen una amplia gama de usos entre los cuales se encuentran en (NORMA TÉCNICA ECUATORIANA 2014, p. 3):

- La evaluación de la contaminación.
- La clasificación de la calidad de las aguas.
- La gestión de los recursos hídricos.
- La evaluación de la restauración y conservación del hábitat.

A continuación, se presenta normas de miembros de CEI y de ISO poseen el registro de las normas internacionales en vigor en cada momento lo actualizan.

- NTE INEN ISO 8689-1. Calidad del agua. Clasificación biológica de los ríos. Parte 1: Guía para la interpretación de los datos relativos a la calidad biológica a partir de estudios de macroinvertebrados benthicos.
- NTE INEN ISO 8689-2. Calidad del agua. clasificación biológica de los ríos. Parte 2: guía para la presentación de los datos relativos a la calidad biológica a partir de estudios de macroinvertebrados benthicos (ISO 8689-2:2000, IDT)
- NTE INEN ISO 5667-3 – Calidad del agua. Muestreo. Parte 3: Guía para la conservación y la manipulación de muestras.
- NTE INEN ISO 7828 – Calidad del agua. Métodos de muestreo biológico. Guía para el muestreo manual con red de macroinvertebrados benthicos.
- NTE INEN ISO 8265 – Calidad del agua. Concepción y utilización de los muestreadores de macroinvertebrados benthicos sobre sustrato rocoso en aguas dulces poco profundas.
- NTE INEN ISO 9391 – Calidad del agua. Muestreo de macroinvertebrados en aguas profundas. Guía de utilización de aparatos de toma de muestra de colonización cualitativos y cuantitativos

ANEXO C: GEORREFERENCIACIÓN



Estación PY-1



Estación PY-2



Estación PY-3



Toma de puntos

ANEXO D: MEDICIÓN DEL CAUDAL



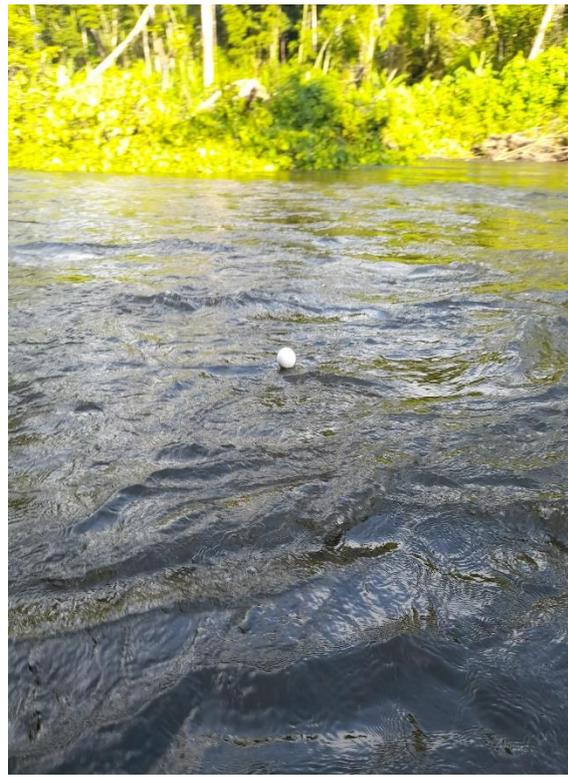
Medición de la longitud de la sección



Medición del ancho de la sección



Medición de la profundidad



Medición del tiempo de recorrido

ANEXO E: TOMA DE MUESTRAS IN SITU



Medición del pH



Toma de muestras de agua



Medición del oxígeno disuelto



Conservación de las muestras

ANEXO F: APLICACIÓN Y CÁLCULO DE ÍNDICES WQI MEDIANTE EL SOFTWARE IQADATA

Tabla de resumen mes de noviembre

WQI NOVIEMBRE 2020					
			ESTACIONES DE MONITOREO		
Parámetros	Unidades	Peso	PY-1	PY-2	PY-3
Oxígeno disuelto	mg/L	0.17	8.12	7.62	7.54
Coliformes fecales	NMP/100 mL	0.16	130	140	96
pH	Unidades	0.11	8.02	8.16	7.93
DBO5	mg/ L	0.11	5.2	4.7	4.2
Nitratos	mg/L NO3-N	0.10	1.4	1.1	1.5
Fosfatos	mg/L PO4-P	0.10	1.3	0.63	0.21
Cambio de Temperatura	°C	0.10	0.3	0.3	0.7
Turbidez	NTU	0.08	9	8.3	7.6
Solidos disueltos totales	mg/ L	0.07	150	141	132
VALOR DEL ÍNDICE			62.9	66.94	73.5
CLASIFICACIÓN			REGULAR	REGULAR	BUENA

SOFTWARE IQADATA: PY-1 en noviembre

Variable	Valor	Peso	Q	Q_Max	Q_Max - Q	Resultado	Resultado Max	Dif. Resultado	Resultado Acum.	R. Acum. Max
Coliformes fecales	130.00	0.16	41.61	100.00	58.39	1.82	2.09	0.27	1.82	2.09
Fósforo total	1.30	0.10	16.95	100.00	83.15	1.33	1.58	0.26	2.41	3.31
Demanda bioquímica de oxígeno	5.20	0.11	56.24	100.00	43.76	1.56	1.66	0.10	3.75	5.50
Nitratos	1.40	0.10	68.86	98.00	29.14	1.53	1.58	0.05	5.73	8.69
pH	8.02	0.11	84.36	93.00	8.64	1.63	1.65	0.02	9.33	14.31
Turbiedad	9.00	0.08	79.70	96.70	17.00	1.42	1.44	0.02	13.24	20.63
Saturación de oxígeno	107.52	0.17	96.21	98.93	2.72	2.17	2.18	0.01	28.79	45.05
Sólidos totales disueltos	150.00	0.07	77.81	85.80	7.99	1.36	1.37	0.01	39.04	61.52
Temperatura de referencia (Tr)	24.60									
Temperatura (T)	24.30									
Oxígeno disuelto	8.12									
Nitrógeno total (TKN + NO2 + NO3)	1.40									
Temperatura (Tr-T)	0.30	0.10	117.67	93.00	-24.67	1.61	1.57	-0.04	62.90	96.80

■ Representa + 50%
 ■ Representa entre 25 y 50%
 ■ Representa entre 10 y 24%
 ■ Representa - 10%

Clas.: Regular (62,90)

SOFTWARE IQADATA: PY-2 en noviembre

Variable	Valor	Peso	Q	Q_Max	Q_Max - Q	Resultado	Resultado Max	Dif. Resultado	Resultado Acum.	R. Acum. Max
Coliformes fecales	130.00	0.16	41.61	100.00	58.39	1.82	2.09	0.27	1.82	2.09
Fósforo total	1.30	0.10	16.95	100.00	83.15	1.33	1.58	0.26	2.41	3.31
Demanda bioquímica de oxígeno	5.20	0.11	56.24	100.00	43.76	1.56	1.66	0.10	3.75	5.50
Nitratos	1.40	0.10	68.86	98.00	29.14	1.53	1.58	0.05	5.73	8.69
pH	8.02	0.11	84.36	93.00	8.64	1.63	1.65	0.02	9.33	14.31
Turbiedad	9.00	0.08	79.70	96.70	17.00	1.42	1.44	0.02	13.24	20.63
Saturación de oxígeno	107.52	0.17	96.21	98.93	2.72	2.17	2.18	0.01	28.79	45.05
Sólidos totales disueltos	150.00	0.07	77.81	85.80	7.99	1.36	1.37	0.01	39.04	61.52
Temperatura de referencia (Tr)	24.60									
Temperatura (T)	24.30									
Oxígeno disuelto	8.12									
Nitrógeno total (TKN + NO2 + NO3)	1.40									
Temperatura (Tr-T)	0.30	0.10	117.67	93.00	-24.67	1.61	1.57	-0.04	62.90	96.80

■ Representa + 50%
 ■ Representa entre 25 y 50%
 ■ Representa entre 10 y 24%
 ■ Representa - 10%

Clas.: Regular (62,90)

SOFTWARE IQADATA: PY-3 en noviembre

Variable	Valor	Peso	Q	Q_Max	Q_Max - Q	Resultado	Resultado Max	Df. Resultado	Resultado Acum	R. Acum Max
Coliformes fecales	130.00	0,16	41,61	100,00	58,39	1,82	2,09	0,27	1,82	2,09
Fósforo total	1,30	0,10	16,05	100,00	83,15	1,33	1,58	0,26	2,41	3,31
Demanda bioquímica de oxígeno	5,20	0,11	56,24	100,00	43,76	1,56	1,66	0,10	3,75	5,50
Nitratos	1,40	0,10	68,06	90,00	29,14	1,53	1,58	0,05	5,73	6,63
pH	8,02	0,11	84,36	93,00	8,64	1,63	1,65	0,02	9,33	14,31
Turbiedad	9,00	0,08	79,70	96,70	17,00	1,42	1,44	0,02	13,24	20,63
Saturación de oxígeno	107,52	0,17	96,21	98,93	2,72	2,17	2,18	0,01	28,79	45,05
Sólidos totales disueltos	150,00	0,07	77,81	85,80	7,99	1,36	1,37	0,01	39,04	61,52
Temperatura de referencia (Tr)	24,60									
Temperatura (T)	24,30									
Oxígeno disuelto	8,12									
Nitrógeno total (TKN + NO2 + NO3)	1,40									
Temperatura (Tr-T)	0,30	0,10	117,67	93,00	-24,67	1,61	1,57	-0,04	62,90	96,80

■ Representa + 50%
 ■ Representa entre 25 y 50%
 ■ Representa entre 10 y 24%
 ■ Representa - 10%

Clas.: Regular (62,90)

Tabla de resumen mes de diciembre

WQI DICIEMBRE 2020					
			ESTACIONES DE MONITOREO		
Parámetros	Unidades	Peso	PY-1	PY-2	PY-3
Oxígeno disuelto	% Sat	0,17	8,41	8,6	8,51
Coliformes fecales	NMP/100 mL	0,16	340	270	210
pH	Unidades	0,11	7,8	8,3	7,9
DBO5	mg/ L	0,11	2,15	1,65	1,54
Nitratos	mg/L NO3-N	0,10	2,7	1,5	1,7
Fosfatos	mg/L PO4-P	0,10	1,68	1,31	1,5
Cambio de Temperatura	°C	0,10	0,4	1,1	1,2
Turbidez	NTU	0,08	10,7	9,2	7,8
Solidos disueltos totales	mg/ L	0,07	210	174	150
VALOR DEL ÍNDICE			58,36	61,98	62,87
CLASIFICACIÓN			REGULAR	REGULAR	REGULAR

SOFTWARE IQADATA: PY-1 en diciembre

Variable	Valor	Peso	Q	Q_Max	Q_Max - Q	Resultado	Resultado Max	Df. Resultado	Resultado Acum	R. Acum Max
Coliformes fecales	340,00	0,16	32,87	100,00	67,13	1,75	2,09	0,34	1,75	2,09
Fósforo total	1,68	0,10	12,81	100,00	87,19	1,29	1,58	0,29	2,26	3,31
Nitratos	2,70	0,10	48,65	90,00	49,35	1,47	1,58	0,11	3,33	5,24
Demanda bioquímica de oxígeno	2,70	0,11	73,85	100,00	26,15	1,51	1,66	0,05	5,34	8,69
Turbiedad	10,70	0,08	76,88	96,70	19,82	1,42	1,44	0,03	7,56	12,53
Sólidos totales disueltos	210,00	0,07	71,15	85,80	14,65	1,35	1,37	0,02	10,19	17,11
Saturación de oxígeno	106,57	0,17	96,44	98,93	2,49	2,17	2,18	0,01	22,16	37,37
pH	7,80	0,11	88,20	93,00	4,80	1,64	1,65	0,01	36,27	61,52
Temperatura de referencia (Tr)	22,60									
Temperatura (T)	22,20									
Oxígeno disuelto	8,41									
Nitrógeno total (TKN + NO2 + NO3)	2,70									
Temperatura (Tr-T)	0,40	0,10	116,49	93,00	-23,49	1,61	1,57	-0,04	58,36	96,80

■ Representa + 50%
 ■ Representa entre 25 y 50%
 ■ Representa entre 10 y 24%
 ■ Representa - 10%

Clas.: Regular (58,36)

SOFTWARE IQADATA: PY-2 en diciembre

Variable	Valor	Peso	Q	Q_Max	Q_Max - Q	Resultado	Resultado Max	Dif. Resultado	Resultado Acum.	R. Acum. Max
Coliformes fecales	270.00	0.16	34.87	100.00	65.13	1.77	2.09	0.32	1.77	2.09
Fósforo total	1.31	0.10	16.74	100.00	83.26	1.33	1.58	0.26	2.34	3.31
Nitratos	1.50	0.10	66.78	98.00	31.22	1.52	1.58	0.06	3.56	5.24
pH	8.30	0.11	74.24	93.00	18.76	1.61	1.65	0.04	5.72	8.62
Demanda bioquímica de oxígeno	1.65	0.11	82.87	100.00	17.13	1.63	1.66	0.03	9.30	14.31
Turbiedad	9.20	0.08	79.36	96.70	17.34	1.42	1.44	0.02	13.19	20.63
Saturación de oxígeno	107.91	0.17	96.05	98.93	2.88	2.17	2.18	0.01	28.67	45.05
Sólidos totales disueltos	174.00	0.07	75.13	85.80	10.67	1.35	1.37	0.01	38.79	61.52
Temperatura de referencia (T _r)	22.60									
Temperatura (T)	21.50									
Oxígeno disuelto	8.60									
Nitrogeno total (TKN + NO ₂ + NO ₃)	1.50									
Temperatura (T-T _r)	1.10	0.10	108.50	93.00	-15.50	1.60	1.57	-0.02	61.98	96.80

■ Representa + 50%
 ■ Representa entre 25 y 50%
 ■ Representa entre 10 y 24%
 ■ Representa - 10%

Clas.: Regular (61,98)

SOFTWARE IQADATA: PY-3 en diciembre

Variable	Valor	Peso	Q	Q_Max	Q_Max - Q	Resultado	Resultado Max	Dif. Resultado	Resultado Acum.	R. Acum. Max
Coliformes fecales	210.00	0.16	37.13	100.00	62.87	1.78	2.09	0.31	1.78	2.09
Fósforo total	1.50	0.10	14.70	100.00	85.30	1.31	1.58	0.28	2.33	3.31
Nitratos	1.70	0.10	62.61	98.00	35.39	1.51	1.58	0.07	3.53	5.24
Demanda bioquímica de oxígeno	1.54	0.11	83.87	100.00	16.13	1.63	1.66	0.03	5.74	8.69
Turbiedad	7.50	0.08	82.28	96.70	14.42	1.42	1.44	0.02	8.17	12.53
Saturación de oxígeno	106.57	0.17	96.60	98.93	2.33	2.17	2.18	0.01	17.78	27.36
pH	7.90	0.11	86.60	93.00	6.40	1.63	1.65	0.01	29.04	45.05
Sólidos totales disueltos	150.00	0.07	77.81	85.80	7.99	1.36	1.37	0.01	39.38	61.52
Temperatura de referencia (T _r)	22.60									
Temperatura (T)	21.40									
Oxígeno disuelto	8.51									
Nitrogeno total (TKN + NO ₂ + NO ₃)	1.70									
Temperatura (T-T _r)	1.20	0.10	107.40	93.00	-14.40	1.60	1.57	-0.02	62.87	96.80

■ Representa + 50%
 ■ Representa entre 25 y 50%
 ■ Representa entre 10 y 24%
 ■ Representa - 10%

Clas.: Regular (62,87)

Tabla de resumen mes de enero

WQI ENERO 2021					
			ESTACIONES DE MONITOREO		
Parámetros	Unidades	Peso	PY-1	PY-2	PY-3
Oxígeno disuelto	%Sat	0.17	8.3	7.9	7.7
Coliformes fecales	NMP/100 mL	0.16	150	93	76
pH	Unidades	0.11	7.22	7.53	7.23
DBO5	mg/ L	0.11	4.8	3.15	3.5
Nitratos	mg/L NO ₃ -N	0.10	0.9	1.3	0.63
Fosfatos	mg/L PO ₄ -P	0.10	0.7	1.3	0.89
Cambio de Temperatura	°C	0.10	0.2	0.1	0.3
Turbidez	NTU	0.08	8.1	7.5	6.4
Sólidos disueltos totales	mg/ L	0.07	140	131	120
VALOR DEL ÍNDICE			67.39	66.99	70.05
CLASIFICACIÓN			REGULAR	REGULAR	BUENA

SOFTWARE IQADATA: PY-1 en enero

Variable	Valor	Peso	Q	Q_Max	Q_Max - Q	Resultado	Resultado_Max	Dif. Resultado	Resultado_Acum.	R_Acum_Max
Coliformes fecales	150.00	0.16	40.25	100.00	59.75	1.81	2.09	0.28	1.81	2.09
Fósforo total	0.70	0.10	25.99	100.00	74.01	1.39	1.58	0.20	2.50	3.31
Demanda bioquímica de oxígeno	4.80	0.11	58.73	100.00	41.27	1.57	1.66	0.09	3.92	5.50
Nitratos	0.90	0.10	79.27	98.00	18.73	1.55	1.58	0.03	6.06	8.69
Turbiedad	8.10	0.08	81.24	96.70	15.46	1.42	1.44	0.02	8.62	12.53
Saturación de oxígeno	106.60	0.17	96.59	98.93	2.34	2.17	2.18	0.01	18.75	27.26
Sólidos totales disueltos	140.00	0.07	78.92	85.80	6.88	1.36	1.37	0.01	25.45	37.37
Temperatura de referencia (Tr)	22.90									
Temperatura (T)	22.70									
Oxígeno disuelto	8.30									
Nitrógeno total (TKN + NO2 + NO3)	0.90									
pH	7.22	0.11	90.76	93.00	2.24	1.64	1.65	0.00	41.79	61.52
Temperatura (T-Tr)	0.20	0.10	118.86	93.00	-25.86	1.61	1.57	-0.04	67.39	96.80

■ Representa + 50%
 ■ Representa entre 25 y 50%
 ■ Representa entre 10 y 24%
 ■ Representa - 10%

Clas.: Regular (67,39)

SOFTWARE IQADATA: PY-2 en enero

Variable	Valor	Peso	Q	Q_Max	Q_Max - Q	Resultado	Resultado_Max	Dif. Resultado	Resultado_Acum.	R_Acum_Max
Fósforo total	1.30	0.10	16.95	100.00	83.15	1.33	1.58	0.26	1.33	1.58
Coliformes fecales	93.00	0.16	44.88	100.00	55.12	1.84	2.09	0.25	2.44	3.31
Demanda bioquímica de oxígeno	3.15	0.11	70.30	100.00	29.70	1.60	1.66	0.06	3.89	5.50
Nitratos	1.20	0.10	73.02	98.00	24.98	1.54	1.58	0.05	5.98	8.69
Turbiedad	7.50	0.08	82.28	96.70	14.42	1.42	1.44	0.02	8.51	12.53
Sólidos totales disueltos	131.00	0.07	78.92	85.80	5.88	1.36	1.37	0.01	11.56	17.11
Temperatura de referencia (Tr)	22.90									
Temperatura (T)	22.80									
Oxígeno disuelto	7.90									
Nitrógeno total (TKN + NO2 + NO3)	1.20									
Saturación de oxígeno	101.66	0.17	98.48	98.93	0.45	2.18	2.18	0.00	25.22	37.37
pH	7.53	0.11	92.52	93.00	0.48	1.65	1.65	0.00	41.50	61.52
Temperatura (T-Tr)	0.10	0.10	120.06	93.00	-27.06	1.61	1.57	-0.04	66.99	96.80

■ Representa + 50%
 ■ Representa entre 25 y 50%
 ■ Representa entre 10 y 24%
 ■ Representa - 10%

Clas.: Regular (66,99)

SOFTWARE IQADATA: PY-3 en enero

Variable	Valor	Peso	Q	Q_Max	Q_Max - Q	Resultado	Resultado_Max	Dif. Resultado	Resultado_Acum.	R_Acum_Max
Coliformes fecales	76.00	0.16	46.90	100.00	53.10	1.85	2.09	0.24	1.85	2.09
Fósforo total	0.89	0.10	22.20	100.00	77.80	1.36	1.58	0.22	2.52	3.31
Demanda bioquímica de oxígeno	3.50	0.11	67.66	100.00	32.34	1.59	1.66	0.07	4.01	5.50
Nitratos	0.63	0.10	84.89	98.00	13.11	1.56	1.58	0.02	6.26	8.69
Turbiedad	6.40	0.08	84.24	96.70	12.46	1.43	1.44	0.02	8.92	12.53
Sólidos totales disueltos	120.00	0.07	81.11	85.80	4.69	1.36	1.37	0.01	12.13	17.11
Temperatura de referencia (Tr)	22.90									
Temperatura (T)	22.60									
Oxígeno disuelto	7.70									
Nitrógeno total (TKN + NO2 + NO3)	0.63									
Saturación de oxígeno	98.70	0.17	98.67	98.93	0.26	2.18	2.18	0.00	26.48	37.37
pH	7.23	0.11	90.84	93.00	2.16	1.64	1.65	0.00	43.49	61.52
Temperatura (T-Tr)	0.30	0.10	117.67	93.00	-24.67	1.61	1.57	-0.04	70.05	96.80

■ Representa + 50%
 ■ Representa entre 25 y 50%
 ■ Representa entre 10 y 24%
 ■ Representa - 10%

Clas.: Buena (70,05)

ANEXO G: TOMA DE MUESTRAS DE MACROINVERTEBRADOS



Recolección de macroinvertebrados



Materiales para la recolección



Limpieza de macroinvertebrados



Conservación de macroinvertebrados



Identificación de macroinvertebrados



Estereoscopio

ANEXO H: ANÁLISIS DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS



Análisis de la DBO_5



Medidor respirométrico de DBO OxiTop IS-6



Análisis de nitratos, fosfatos y turbidez



Espectrofotómetro visible - THERMO SCIENTIFIC



Siembra de coliformes fecales



Incubadora termostática Rebelk



Análisis de Sólidos Totales Disuelto

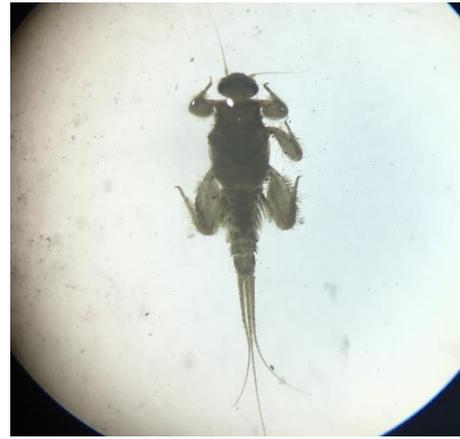


Estufa universal MEMMERT

ANEXOS I: MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS



Calopterygidae



Leptophlebiidae



Palaemonidae



Perlidae



Polythoridae



Coenagrionidae



Tipulidae



Psephenidae

ANEXOS J: DATOS GENERADOS DEL ÍNDICE BMWP/COL

ESTACIÓN PY-1 (NOVIEMBRE)			
N°	Orden	Familia	BMWP/Col
1	Odonata	Calopterygidae	7
2	Díptera	Ceratopogonidae	3
3	Díptera	Chironomidae	2
4	Odonata	Coenagrionidae	7
5	Neuróptera	Corydalidae	6
6	Trichóptero	Hydropsychidae	7
7	Ephemeroptero	Leptohyphidae	7
8	Ephemeroptero	Leptophlebiidae	9
9	Odonata	Libellulidae	6
10	Hemiptera	Naucoridae	7
11	Decápoda	Palaemonidae	8
12	Díptera	Tipulidae	3
VALOR TOTAL			72

ESTACIÓN PY-2 (NOVIEMBRE)			
N°	Orden	Familia	BMWP/Col
1	Odonata	Calopterygidae	7
2	Díptera	Ceratopogonidae	3
3	Odonata	Coenagrionidae	7
4	Neuróptera	Corydalidae	6
5	Ephemeroptero	Euthyplociidae	9
6	Trichóptero	Hydropsychidae	7
7	Ephemeroptero	Leptohyphidae	7
8	Ephemeroptero	Leptophlebiidae	9
9	Odonata	Libellulidae	6
10	Hemiptera	Naucoridae	7
11	Decápoda	Palaemonidae	8
12	Coleóptera	Ptilodactylidae	10
13	Díptera	Tipulidae	3
VALOR TOTAL			89

ESTACIÓN PY-3 (NOVIEMBRE)			
N°	Orden	Familia	BMWP/Col
1	Odonata	Calopterygidae	7
2	Odonata	Coenagrionidae	7
3	Neuróptera	Corydalidae	6
4	Ephemeroptero	Euthyplociidae	9
5	Odonata	Gomphidae	10
6	Coleóptera	Hydrobiosidae	9
7	Trichóptero	Hydropsychidae	7
8	Ephemeroptero	Leptohyphidae	7
9	Ephemeroptero	Leptophlebiidae	9
10	Odonata	Libellulidae	6
11	Hemiptera	Naucoridae	7
12	Decápoda	Palaemonidae	8
13	Plecóptera	Perlidae	10
14	Coleóptera	Psephenidae	10
15	Coleóptera	Ptilodactylidae	10
VALOR TOTAL			122

ESTACIÓN PY-1 (DICIEMBRE)			
N°	Orden	Familia	BMWP/Col
1	Odonata	Calopterygidae	7
2	Díptera	Ceratopogonidae	3
3	Díptera	Chironomidae	2
4	Neuróptera	Corydalidae	6
5	Ephemeroptero	Euthyplociidae	9
6	Coleóptera	Hydrobiosidae	9
7	Trichóptero	Hydropsychidae	7
8	Ephemeroptero	Leptohiphidae	7
9	Ephemeroptero	Leptophlebiidae	9
10	Odonata	Libellulidae	6
11	Decápoda	Palaemonidae	8
12	Coleóptera	Ptilodactylidae	10
13	Díptera	Tipulidae	3
VALOR TOTAL			86

ESTACIÓN PY-2 (DICIEMBRE)			
N°	Orden	Familia	BMWP/Col
1	Odonata	Calopterygidae	7
2	Díptera	Ceratopogonidae	3
3	Odonata	Coenagrionidae	7
4	Neuróptera	Corydalidae	6
5	Ephemeroptero	Euthyplociidae	9
6	Trichóptero	Hydropsychidae	7
7	Ephemeroptero	Leptohiphidae	7
8	Ephemeroptero	Leptophlebiidae	9
9	Odonata	Libellulidae	6
10	Hemiptera	Naucoridae	7
11	Decápoda	Palaemonidae	8
12	Odonata	Polythoridae	10
13	Coleóptera	Ptilodactylidae	10
14	Díptera	Tipulidae	3
VALOR TOTAL			99

ESTACIÓN PY-3 (DICIEMBRE)			
N°	Orden	Familia	BMWP/Col
1	Odonata	Calopterygidae	7
2	Díptera	Ceratopogonidae	3
3	Odonata	Coenagrionidae	7
4	Neuróptera	Corydalidae	6
5	Ephemeroptero	Euthyplociidae	9
6	Coleóptera	Hydrobiosidae	9
7	Trichóptero	Hydropsychidae	7
8	Ephemeroptero	Leptohiphidae	7
9	Ephemeroptero	Leptophlebiidae	9
10	Odonata	Libellulidae	6
11	Hemiptera	Naucoridae	7
12	Decápoda	Palaemonidae	8
13	Plecóptera	Perlidae	10
14	Coleóptera	Psephenidae	10
15	Coleóptera	Ptilodactylidae	10
16	Díptera	Tipulidae	3
VALOR TOTAL			118

ESTACIÓN PY-1 (ENERO)			
N°	Orden	Familia	BMWP/Col
1	Odonata	Calopterygidae	7
2	Díptera	Ceratopogonidae	3
3	Díptera	Chironomidae	2
4	Odonata	Coenagrionidae	7
5	Neuróptera	Corydalidae	6
6	Ephemeroptero	Euthyplociidae	9
7	Trichóptero	Hydropsychidae	7
8	Ephemeroptero	Leptohyphidae	7
9	Ephemeroptero	Leptophlebiidae	9
10	Odonata	Libellulidae	6
11	Hemiptera	Naucoridae	7
12	Decápoda	Palaemonidae	8
13	Díptera	Tipulidae	3
VALOR TOTAL			81

ESTACIÓN PY-2 (ENERO)			
N°	Orden	Familia	BMWP/Col
1	Odonata	Calopterygidae	7
2	Díptera	Ceratopogonidae	3
3	Odonata	Coenagrionidae	7
4	Neuróptera	Corydalidae	6
5	Ephemeroptero	Euthyplociidae	9
6	Coleóptera	Hydrobiosidae	9
7	Trichóptero	Hydropsychidae	7
8	Ephemeroptero	Leptohyphidae	7
9	Ephemeroptero	Leptophlebiidae	9
10	Odonata	Libellulidae	6
11	Hemiptera	Naucoridae	7
12	Decápoda	Palaemonidae	8
13	Coleóptera	Ptilodactylidae	10
14	Díptera	Tipulidae	3
VALOR TOTAL			98

ESTACIÓN PY-3 (ENERO)			
N°	Orden	Familia	BMWP/Col
1	Odonata	Calopterygidae	7
2	Díptera	Ceratopogonidae	3
3	Odonata	Coenagrionidae	7
4	Neuróptera	Corydalidae	6
5	Ephemeroptero	Euthyplociidae	9
6	Coleóptera	Hydrobiosidae	9
7	Trichóptero	Hydropsychidae	7
8	Ephemeroptero	Leptohyphidae	7
9	Ephemeroptero	Leptophlebiidae	9
10	Odonata	Libellulidae	6
11	Hemiptera	Naucoridae	7
12	Decápoda	Palaemonidae	8
13	Plecóptera	Perlidae	10
14	Odonata	Polythoridae	10
15	Coleóptera	Psephenidae	10
16	Coleóptera	Ptilodactylidae	10
17	Díptera	Tipulidae	3
VALOR TOTAL			128

