



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
SEDE MORONA SANTIAGO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RIO WUAPULA  
MEDIANTE EL ÍNDICE DE CALIDAD (ICA-NSF) Y  
MACROINVERTEBRADOS SECTOR SANTA ROSA, MACAS-  
ECUADOR, 2022**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR: JHANDER JOSUE BERMEO PANJON**

Macas – Ecuador

2022



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
SEDE MORONA SANTIAGO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RIO WUAPULA  
MEDIANTE EL ÍNDICE DE CALIDAD (ICA-NSF) Y  
MACROINVERTEBRADOS SECTOR SANTA ROSA, MACAS-  
ECUADOR, 2022**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR: JHANDER JOSUE BERMEO PANJON**

**DIRECTOR(A): Ing. XIMENA RASHELL CAZORLA VINUEZA Msc**

Macas – Ecuador

2022


© 2022, **Jhander Josue Bermeo Panjon**

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

Yo, JHANDER JOSUE BERMEO PANJON, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor/autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Macas, 16 de enero de 2023

A handwritten signature in blue ink that reads "Jhander Bermeo". The signature is written in a cursive style and is underlined with a single horizontal line.

**Jhander Josue Bermeo Panjon**

**1400735542**

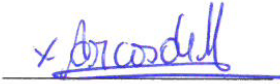

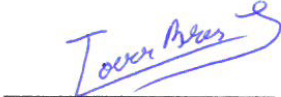
**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**SEDE MORONA SANTIAGO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto Investigativo, **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RIO WUAPULA MEDIANTE EL ÍNDICE DE CALIDAD (ICA-NSF) Y MACROINVERTEBRADOS SECTOR SANTA ROSA, MACAS-ECUADOR, 2022**, realizado por el señor: **JHANDER JOSUE BERMEO PANJON**, 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.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Alex Estuardo Erazo Lara Mcs. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2023-01-16
Ing. Ximena Rashell Cazorla Vinueza Mcs. <b>DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-01-16
Ing. Javier Ignacio Briones García Msc. <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>		2023-01-16

## **DEDICATORIA**

Primeramente, este trabajo lo dedicó a Dios por darme la vida y salud para poder culminar mis estudios de tercer nivel. A mis padres por brindarme su apoyo incondicional, quienes con amor y paciencia me apoyaron a lo largo de toda mi vida para cumplir con mis sueños y metas. A mi esposa e hijo que son mi fuente de inspiración para cumplir los objetivos en la vida. A mi hermano por siempre estar a mi lado apoyándome en los estudios. A mi abuelita por siempre estar aconsejándome durante toda mi vida que debo ser humilde y respetuoso con todas las personas.

Jhander

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres por su apoyo incondicional y amor que me han brindado durante toda mi vida. A mi directora de tesis y miembro de tesis por su paciencia y por compartirme sus conocimientos que me han ayudado a culminar este importante trabajo. A mis amigos que han estado a lo largo de la vida universitaria. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por darme la oportunidad de educarme y crecer profesionalmente.

Jhander

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN .....	xiv
SUMMARY .....	xv
INTRODUCCIÓN .....	1

## CAPÍTULO I

1	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	3
1.1	Planteamiento del Problema .....	3
1.2	Limitaciones y delimitaciones .....	3
1.2.1	<i>Limitaciones</i> .....	3
1.2.2	<i>Delimitaciones</i> .....	4
1.2.2.1	<i>Delimitación geográfica</i> .....	4
1.2.2.2	<i>Delimitación temporal</i> .....	4
1.2.2.3	<i>Delimitación del conocimiento</i> .....	4
1.3	Problema General de Investigación.....	4
1.4	Problemas específicos de investigación.....	4
1.5	Objetivos .....	5
1.5.1	<i>Objetivo General</i> .....	5
1.5.2	<i>Objetivos Específicos</i> .....	5
1.6	Justificación .....	5
1.6.1	<i>Justificación Teórica</i> .....	5
1.6.2	<i>Justificación Práctica</i> .....	6
1.7	Hipótesis.....	6
1.7.1	<i>Hipótesis general</i> .....	6
1.7.2	<i>Hipótesis específicas</i> .....	6

## CAPÍTULO II



2	<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	7
2.1	<b>Antecedentes</b> .....	7
2.1.1	<i>Antecedentes nacionales</i> .....	7
2.2	<b>Bases teóricas</b> .....	8
2.2.1	<i>Agua</i> .....	8
2.2.2	<i>Ciclo hidrológico</i> .....	8
2.2.3	<i>Cuenca hidrográfica</i> .....	8
2.2.4	<i>Cuerpos de agua</i> .....	9
2.2.5	<i>Usos del agua</i> .....	9
2.2.5.1	<i>Usos agropecuarios</i> .....	9
2.2.5.2	<i>Uso en infraestructura social</i> .....	9
2.2.5.3	<i>Usos industriales</i> .....	10
2.2.5.4	<i>Uso recreacional</i> .....	10
2.2.6	<i>Hidrografía de la provincia de Morona Santiago</i> .....	10
2.2.7	<i>Contaminación del agua</i> .....	10
2.2.8	<i>Contaminantes del agua</i> .....	11
2.2.9	<i>Tipos de contaminantes</i> .....	11
2.2.9.1	<i>Contaminantes físicos</i> .....	11
2.2.9.2	<i>Contaminantes químicos</i> .....	11
2.2.9.3	<i>Contaminantes orgánicos</i> .....	11
2.2.9.4	<i>Contaminantes biológicos</i> .....	11
2.3	<b>Bases conceptuales</b> .....	12
2.3.1	<i>Calidad de agua</i> .....	12
2.3.2	<i>Análisis fisicoquímico del agua</i> .....	12
2.3.2.1	<i>Parámetros físicos</i> .....	12
2.3.2.2	<i>Parámetros químicos</i> .....	13
2.3.2.3	<i>Parámetros microbiológicos</i> .....	14
2.3.3	<b>Calidad biológica</b> .....	14
2.3.3.1	<i>Bioindicadores</i> .....	14
2.3.4	<b>Macroinvertebrados acuáticos</b> .....	15
2.3.4.1	<i>Ventajas de los macroinvertebrados en el Biomonitorio</i> .....	15
2.3.5	<b>Modos de vida de los macroinvertebrados acuáticos</b> .....	15

2.3.6	<i>Índice de calidad de agua</i> .....	18
2.3.6.1	<i>Índices fisicoquímicos</i> .....	18
2.3.6.2	<i>Índices biológicos</i> .....	19

### CAPÍTULO III

3	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	20
3.1	<b>Enfoque de investigación</b> .....	20
3.2	<b>Nivel de la investigación</b> .....	20
3.3	<b>Diseño de la Investigación</b> .....	20
3.3.1	<i>Según la manipulación o no de la variable independiente</i> .....	20
3.3.1.1	<i>Variable dependiente</i> .....	21
3.3.1.2	<i>Variables independientes</i> .....	21
3.3.2	<i>Según las intervenciones en el trabajo de campo</i> .....	21
3.4	<b>Tipo de estudio</b> .....	21
3.5	<b>Población y Planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra</b> .....	21
3.5.1	<i>Localización del estudio</i> .....	21
3.5.2	<i>Población de estudio</i> .....	22
3.5.3	<i>Tamaño de la muestra</i> .....	22
3.5.4	<i>Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo</i> .....	22
3.5.4.1	<i>Punto Wuapula 1</i> .....	22
3.5.4.2	<i>Punto Wuapula 2</i> .....	22
3.5.4.3	<i>Punto Wuapula 3</i> .....	23
3.6	<b>Métodos, técnicas e instrumentos de investigación</b> .....	24
3.6.1	<i>Técnicas de recolección de datos</i> .....	24
3.6.2	<i>Metodología para la aplicación del índice fisicoquímico (ICA-NSF)</i> .....	24
3.6.2.1	<i>Trabajo de campo</i> .....	25
3.6.2.2	<i>Análisis de laboratorio</i> .....	26
3.6.2.3	<i>Análisis Estadístico</i> .....	26
3.6.2.4	<i>Determinación del índice de calidad del agua (ICA-NSF)</i> .....	27
3.6.3	<i>Metodología para la aplicación del índice biológico BMWP/Col</i> .....	28
3.6.3.1	<i>Trabajo de campo</i> .....	28
3.6.3.2	<i>Trabajo de laboratorio</i> .....	29
3.6.3.3	<i>Aplicación del índice biológico BMWP/Col</i> .....	30

<b>3.6.3.4</b>	<i>Determinación de las clases de calidad del agua mediante el índice biológico</i>	31
<b>3.6.4</b>	<i>Análisis estadístico para comparar los resultados obtenidos de ambos índices</i>	32
<b>3.6.5</b>	<i>Socialización de la información obtenida de la presente investigación</i>	32
<b>3.6.5.1</b>	<i>Charla de conocimientos y resultados de la presente investigación</i>	32
<b>3.6.5.2</b>	<i>Participación ciudadana</i>	33

## **CAPÍTULO IV**

<b>4</b>	<b>MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b>	34
<b>4.1</b>	<b>Resultados del índice de calidad del agua (ICA-NSF)</b>	34
<b>4.2</b>	<b>Resultados del índice biológico Biological Monitoring Working Party/Colombia</b>	42
<b>4.3</b>	<b>Comparación del índice BMWP/Col con el ICA-NSF</b>	51

## **CAPÍTULO V**

<b>5</b>	<b>MARCO PROPOSITIVO</b>	54
<b>5.1</b>	<b>Propuesta de prevención y mitigación</b>	55
	<b>CONCLUSIONES</b>	57
	<b>RECOMENDACIONES</b>	59

## **GLOSARIO**

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b> Clasificación de los cuerpos de agua.....	9
<b>Tabla 2-2:</b> Ventajas de los macroinvertebrados en el biomonitoreo.....	15
<b>Tabla 1-3:</b> Coordenadas de los puntos de Monitoreo.....	23
<b>Tabla 2-3:</b> Instrumentos de campo para la toma de muestras de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.....	25
<b>Tabla 3-3:</b> Parámetros de caracterización para los análisis de laboratorio.....	26
<b>Tabla 4-3:</b> Parámetros y peso específico que constituyen el ICA-NSF.....	27
<b>Tabla 5-3:</b> Clasificación de la calidad de agua en función del índice NSF-WQI.....	27
<b>Tabla 6-3:</b> Instrumentos de campo para la toma de muestras de los macroinvertebrados.....	29
<b>Tabla 7-3:</b> Instrumentos de laboratorio para la identificación taxonómica de los macroinvertebrados.....	30
<b>Tabla 8-3:</b> Sensibilidad de los macroinvertebrados a la contaminación.....	30
<b>Tabla 9-3:</b> Valoración por familias del Biological Monitoring Working Party/Colombia.....	31
<b>Tabla 10-3:</b> Clases de calidad del agua para método BMWP para Colombia.....	31
<b>Tabla 1-4:</b> Análisis fisicoquímicos y microbiológicos del punto Wuapula 1.....	34
<b>Tabla 2-4:</b> Análisis fisicoquímicos y microbiológicos del punto Wuapula 2.....	36
<b>Tabla 3-4:</b> Análisis fisicoquímicos y microbiológicos del Punto Wuapula 3.....	37
<b>Tabla 4-4:</b> Resumen de la clasificación ICA-NSF de las estaciones de estudio.....	38
<b>Tabla 5-4:</b> Análisis comparativos de indicadores de calidad de agua superficial.....	38
<b>Tabla 6-4:</b> Promedios de análisis fisicoquímicos y microbiológicos del río Wuapula.....	39
<b>Tabla 7-4:</b> Límites máximos permisibles del Acuerdo Ministerial 097-A.....	40
<b>Tabla 8-4:</b> Comparación de los promedios de análisis fisicoquímicos y microbiológicos del río Wuapula con el Acuerdo Ministerial 097-A.....	41
<b>Tabla 9-4:</b> Familias de macro invertebrados encontrados en los 3 puntos de estudio del río Wuapula.....	42
<b>Tabla 10-4:</b> Resultados del índice biológico en el Punto Wuapula 1.....	46
<b>Tabla 11-4:</b> Índice de calidad Biological Monitoring Working Party/Colombia.....	47
<b>Tabla 12-4:</b> Resultados del índice biológico en el Punto Wuapula 2.....	48

<b>Tabla 13-4:</b> Resultados del índice biológico en el Punto Wuapula 3.....	49
<b>Tabla 14-4:</b> Resultados del índice biológico en el mes de abril, mayo y junio.....	50
<b>Tabla 15-4:</b> Promedios del índice biológico BMWP/Col .....	51
<b>Tabla 16-4:</b> Comparación de valores de calidad entre índice BMWP/Col e ICA-NSF.....	51

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1-2:</b> Representantes de macroinvertebrados Neuston en un ecosistema acuático. ...	16
<b>Ilustración 2-2:</b> Representantes de macroinvertebrados Necton en un ecosistema acuático. ....	17
<b>Ilustración 3-2:</b> Representantes de macroinvertebrados Bentos en un ecosistema acuático. ....	18
<b>Ilustración 1-3:</b> Mapa de ubicación de los puntos de monitoreo del río Wuapula. ....	23
<b>Ilustración 2-3:</b> Parámetros de investigación para el índice fisicoquímico (ICA-NSF). ....	24
<b>Ilustración 3-3:</b> Parámetros de Investigación para la aplicación del índice biológico BMWP/Col. ....	28
<b>Ilustración 1-4:</b> Relación entre índice biológico BMWP/Col e índice ICA-NSF .....	52
<b>Ilustración 2-4:</b> Comparación de los resultados obtenidos para los índices de calidad del agua .....	52

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO

**ANEXO B:** EQUIPOS UTILIZADOS PARA ANÁLISIS IN SITU

**ANEXO C:** MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS IN SITU

**ANEXO D:** RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA DE AGUA PARA ANÁLISIS DE  
LABORATORIO

**ANEXO E:** PROCEDIMIENTOS PARA ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS EN  
LABORATORIO: *DBO5* (Demanda Bioquímica de Oxígeno)

**ANEXO F:** PROCEDIMIENTOS PARA ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS EN  
LABORATORIO: *NO3* (Nitratos)

**ANEXO G:** PROCEDIMIENTOS PARA ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS EN  
LABORATORIO: *PO4* (Fosfatos)

**ANEXO H:** PROCEDIMIENTOS PARA ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS EN  
LABORATORIO: SOLIDOS TOTALES

**ANEXO I:** PROCEDIMIENTOS PARA ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS EN  
LABORATORIO: COLIFORMES FECALES

**ANEXO J:** RECOLECCIÓN DE MACROINVERTEBRADOS EN LOS PUNTOS DE  
ESTUDIO

**ANEXO K:** OBSERVACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LAS FAMILIAS DE  
MACROINVERTEBRADOS

**ANEXO L:** RESULTADOS DEL ICA-NSF EN EL SOFTWARE IQA-DATA

**ANEXO M:** ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL MES DE ABRIL

## **RESUMEN**

El objetivo principal del presente estudio fue evaluar la calidad de agua de la microcuenca del río Wuapula mediante la aplicación del Índice de calidad ICA-NSF y el índice biológico BMWP/COL en los meses de abril, mayo y junio del año 2022. Se seleccionaron 3 puntos de monitoreo georreferenciados (Punto Wuapula 1, Punto Wuapula 2 y Punto Wuapula 3) con un tramo de 2 km entre los 3 puntos. El índice ICA-NSF establece 9 parámetros a monitorear en su metodología, una vez analizados estos parámetros se procedió al cálculo de los ICA'S en los tres puntos establecidos en el plan de muestreo, teniendo como resultados promedios en el punto 1 el valor de 71,65 calificada como agua de calidad Buena, en el punto 2 el valor fue de 62,42 el cual es calificada como agua de calidad regular y el valor del punto 3 fue de 66,25 calificado como agua de calidad regular, lo cual nos indicó que la calidad de agua en esta microcuenca es regular, por lo tanto no puede ser usada para el consumo humano, para actividades agrícolas y pecuarias puede ser usada sin ningún tratamiento. Para el índice biológico BMWP/COL se determinó una calidad de agua en los 3 puntos de estudio de acuerdo a la sensibilidad de las familias de macroinvertebrados de aceptable, es decir, aguas ligeramente contaminadas con materia orgánica proveniente de actividades humanas y naturales. El estudio implemento una propuesta para mitigar y reducir la contaminación de la calidad de agua del río Wuapula con el compromiso de la comunidad de Santa Rosa de ejecutar la propuesta con el fin de reducir la contaminación en el río Wuapula.

**Palabras clave:** <CALIDAD DE AGUA>, <BIOINDICADORES>, <CONTAMINACIÓN>, <BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY/COLOMBIA. (BMWP/COL)>, <MICROCUEENCA>.

0356-DBRA-UPT-2023



## **SUMMARY**

The main objective of the current research study was to evaluate the water quality of the Wuapula River micro-watershed through the application of ICA-NSF quality index and the BMWP/COL biological index during the months of April, May and June 2022. It selected three georeferenced monitoring points (Wuapula Point 1, Wuapula Point 2 and Wuapula Point 3) with a 2 km stretch between the three points. The ICA-NSF index establishes 9 parameters to monitor in its methodology. Once these parameters were analyzed, the ICA'S were calculated at the three points established in the sampling plan with average results of 71.65 at point 1; being classified as good quality water, 62 at point 2 classified as regular water, and the value of point 3 was 66.25 qualified as water of regular quality, demonstrating that the water quality in this micro-watershed is regular, therefore it cannot be used for human consumption however for agricultural and livestock activities it can be used without any treatment. For the BMWP/COL biological index determined water quality in the 3 study points as acceptable according to the sensitivity of the macroinvertebrate families, it means water slightly contaminated with organic matter from human and natural activities. The study implemented a proposal to mitigate and reduce the contamination of the water quality of the Wuapula River with the commitment of the community of Santa Rosa to execute the proposal.

**Keywords:** <WATER QUALITY>, <BIOINDICATORS>, <POLLUTION>, <BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY/COLOMBIA (BMWP/COL) >, <MICRO-WATERSHED>.



**By:** Mauricio Martínez P

## INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso esencial para el ser humano y los seres vivos del planeta, la tercera parte de la tierra está cubierta por agua, el 69% del agua es salina y tan solo el 1% es dulce, distribuida en ríos, lagos y arroyos, pero lamentablemente es un recurso cada vez más escaso, (Carrera y Fierro, 2001, p.17) debido a la continua contaminación que generan las actividades antropogénicas, principalmente producidas por la agricultura, la ganadería y la descarga de aguas residuales (Gómez, 2018, p.1). Por esta razón es necesario buscar soluciones para reducir y mitigar la contaminación de las fuentes hídricas, realizando análisis de calidad de agua para poder determinar cuál es la causa de la contaminación, con el objetivo de tomar las mejores decisiones para proteger las fuentes hídricas y por ende a las generaciones futuras de seres humanos.

Para proteger o restaurar los recursos hídricos del planeta es fundamental determinar el estado en el que se encuentran mediante la caracterización física-química del agua analizando parámetros fisicoquímicos y microbiológicos (IANAS, 2019, p.39), se obtiene información puntual e inmediata de las condiciones de los fuentes hídricas, por lo que para validar los datos se deben realizar monitoreos continuos, siendo una desventaja de los índices fisicoquímicos (Chacón, 2017, p.1) . Los índices de calidad (ICA) resumen y simplifican, en un único valor numérico, la multitud de información disponible sobre la calidad del agua, permitiéndonos conocer su estado actual (Méndez et al., 2020: p.737).

El índice *Biological Monitoring Working Party* fue creado en Inglaterra en el año de 1983, esta metodología se basa en la caracterización de los macroinvertebrados de acuerdo a la sensibilidad que presenten a las perturbaciones en su hábitat, obteniendo un valor BMWP/col con su respectivo significado de calidad de agua (Alba, 1996, p.208), esta metodología es de fácil manejo y se utiliza equipos de bajo costo, obteniendo resultados a tiempo real de las perturbaciones que pudieron existir en las fuentes hídricas (Ariza, 2016, p.p 6-7). Los macroinvertebrados son relativamente sedentarios y por lo tanto representativos del área en el que habitan, tienen ciclos de vida cortos y reflejan con mayor rapidez las alteraciones del medio ambiente (Roldán,2003: p.10), mediante los cambios en la estructura de sus poblaciones y comunidades, por eso son considerados buenos bioindicadores de la calidad de agua (Ortega et al., 2021, p. 2).

Según (Rodríguez, 2021) en la provincia de Morona Santiago se realizó estudios basados en los macroinvertebrados en donde se utilizaron índices biológicos y fisicoquímicos para determinar las posibles causas que deterioran la calidad de agua de las fuentes hídricas , en donde se

manifiesta que los índices fisicoquímicos establecen la calidad puntual del recurso hídrico en un tiempo específico y los índices biológicos al utilizar los bioindicadores nos detallan una mejor descripción de la calidad de las fuentes hídricas a lo largo del tiempo. La calidad de agua disminuye por las actividades antropogénicas del ser humano, especialmente descargas de aguas residuales, la ganadería intensiva y la agricultura.

En este trabajo de investigación se ha seleccionado un tramo de la microcuenca del río Wuapula, que se encuentra ubicado en la comunidad de Santa Rosa, en el cantón Morona. El Río Wuapula es uno de los principales cuerpos hídricos que atraviesa la comunidad de Santa Rosa, existiendo la posibilidad de que se vierten aguas residuales sobre el río al no disponer del servicio de alcantarillado, sumado a las múltiples actividades antropogénicas como: la ganadería y agricultura, podrían causar alteraciones en las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua. Al no existir investigaciones anteriores de este cuerpo hídrico, con respecto a calidad de agua se contribuirá con una línea base para futuras investigaciones y con información necesaria para entidades públicas al momento de realizar proyectos turísticos o de otra índole en dicho río.

Para llevar a cabo la investigación, el trabajo se estructuró en 5 capítulos. El capítulo I se mencionan el planteamiento del problema, los objetivos y la justificación por la cual se realizó la respectiva investigación. En el capítulo II se describe los antecedentes de la investigación y los conceptos teóricos y conceptuales que se utilizaron para el desarrollo del proyecto. En el capítulo III se detalla específicamente el área de estudio, los métodos y equipos utilizados para la determinación de la calidad del agua. En el capítulo IV se analiza los resultados obtenidos en cada uno de los puntos de Monitoreos para la calidad general del agua, tanto para el índice de calidad de agua (ICA-NSF) y el Índice Biológico de calidad de agua Biological Monitoring Working Party para Colombia (BMWP/COL). En el capítulo 5 se realiza la propuesta de mitigación de los impactos que generan el deterioro de la calidad de agua del río Wuapula y finalmente se realiza las respectivas conclusiones y recomendaciones del presente estudio.

## CAPÍTULO I

### 1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Planteamiento del problema

El río Wuapula es una de las principales fuentes hídricas de la comunidad de Santa Rosa ubicada en el cantón Morona, en esta microcuenca existen varias comunidades a lo largo de su cauce natural, la comunidad de Santa Rosa no tiene servicio de alcantarillado, algunos moradores tienen pozos sépticos donde almacenan sus aguas residuales, otra parte vierte directamente al río Wuapula, además del poco mantenimiento de las vías y del mal manejo de los residuos sólidos por parte de las autoridades de la comunidad pueden generar una posible contaminación del recurso hídrico. La mayor parte de la población que habitan cerca del río Wuapula se dedican a la agricultura de productos de la zona utilizando plaguicidas y fertilizantes con el fin de concebirse una agricultura productiva de alto rendimiento (Orta, 2002, p. 56), y a la ganadería extensiva generando grandes cantidades de estiércol vacuno, las cuales debido a la topografía del terreno y generalmente por escorrentía llegan al cauce principal del río Wuapula provocando alteraciones en las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua (Gómez, 2018, p.7). Las actividades diarias del ser humano generan posibles fuentes de contaminación al recurso hídrico provocando cambios en los ecosistemas acuáticos y generando posibles pérdidas de biodiversidad, el crecimiento demográfico, el aumento de la urbanización, la industrialización, la mala gestión de los residuos sólidos y el cambio climático pueden estar relacionados con el deterioro del medio ambiente y la salud de los seres humanos (Teixeira de Souza et al., 2021: p.3).

#### 1.2. Limitaciones y delimitaciones

##### 1.2.1 *Limitaciones*

Debido a la necesidad de proteger las fuentes hídricas se decidió evaluar la calidad de agua del río Wuapula mediante el índice de calidad de agua ICA-NSF y macroinvertebrados en donde la principal limitante fue económica, debido a que los parámetros fisicoquímicos son muy costosos de analizar por cada punto de estudio.

En el mes de junio en el país surgieron inconvenientes sociales provocando un paro nacional, lo cual perjudicó el trabajo de campo de la presente investigación debido a que no hubo disponibilidad de transporte para movilizarse a los laboratorios a realizar los análisis.

Otra limitación de la investigación fue el corto tiempo para realizar el estudio de calidad de agua del río Wuapula, además de la poca disponibilidad de equipos de laboratorio de la universidad para realizar los análisis de calidad de agua.

## **1.2.2 Delimitaciones**

### **1.2.2.1 Delimitación geográfica**

En la presente investigación se realizó el estudio de la calidad de agua del río Wuapula en la comunidad de Santa Rosa, en el cantón Morona, los puntos de estudio han sido georreferenciados, el punto 1 Wuapula se encuentra ubicado en las coordenadas (9757577,92 S;826223,66 W), el punto 2 se encuentra a 1 km de distancia del punto 1 ubicado en las coordenadas (9756849,02 S;826014,33 W) y el punto Wuapula 3 se encuentra ubicado a 2 km del punto 1 en las coordenadas (97560375,15 S;826384,43 W).

### **1.2.2.2 Delimitación temporal**

El estudio de calidad de agua del río Wuapula en la comunidad de Santa Rosa, parroquia Sevilla Don Bosco, cantón Morona, provincia de Morona Santiago se ejecutó en los meses de abril, mayo y junio del año 2022.

### **1.2.2.3 Delimitación del conocimiento**

El estudio de calidad de agua del río Wuapula en la comunidad de Santa Rosa, parroquia Sevilla Don Bosco, cantón Morona, provincia de Morona Santiago busca determinar la calidad de agua mediante el índice ICA-NSF y bioindicadores (macroinvertebrados, con el fin de proponer posibles soluciones para reducir o mitigar la contaminación del río estudiado.

## **1.3 Problema general de investigación**

¿Cómo evaluaría la calidad del agua de la microcuenca del río Wuapula en la parroquia Sevilla Don Bosco sector Santa Rosa?

## **1.4 Problemas específicos de investigación**

- ¿De qué manera influyen los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para determinar la calidad del agua de la microcuenca del río Wuapula?
- ¿Qué familias de macroinvertebrados se encontraron en los puntos de monitoreo aplicando la metodología BMWP/Col?
- ¿Cuál es la relación que existe entre las metodologías aplicadas para la determinación de la calidad de agua del río Wuapula?
- ¿Cuáles son las posibles soluciones para reducir la contaminación del río Wuapula en el Sector Santa Rosa?

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 *Objetivo general***

- Evaluar la calidad de agua del río Wuapula sector Santa Rosa mediante el índice de calidad (ICA-NSF) y macroinvertebrados.

### **1.5.2 *Objetivos específicos***

- Determinar el índice de calidad del agua (ICA-NSF) en el Río Wuapula en la comunidad de Santa Rosa.
- Identificar las familias de macroinvertebrados presentes en los 3 puntos de monitoreo para la aplicación del método BMWP/Col.
- Comparar los resultados obtenidos del índice de calidad del agua (NSF) y macroinvertebrados con el método BMWP/Col.
- Proponer posibles soluciones para reducir la contaminación del agua y sensibilizar a la comunidad de Santa Rosa sobre la importancia de los recursos hídricos.

## **1.6 Justificación**

### **1.6.1 *Justificación teórica***

Las aguas residuales son uno de las mayores fuentes de contaminación de las fuentes hídricas, producidas por los seres humanos (Ariza, 2016, p.16), por ende, se realizó la respectiva investigación para determinar la calidad de agua del río Wuapula mediante el índice de calidad de agua ICA-NSF y macroinvertebrados, con el fin de contribuir a la comunidad de Santa Rosa con una línea base de calidad de agua de este importante recurso hídrico. Los macroinvertebrados son bioindicadores que muestran la calidad de agua a lo largo del tiempo, sencillos de aplicar y de bajo costo (Endara, 2012, p. 33) ,por esta razón es necesario seguir realizando investigaciones aplicando estas metodologías para construir nuevas métricas basadas en las familias de macroinvertebrados, debido a que en Ecuador la limitación más importante para desarrollar los índices de macroinvertebrados es la escasa información sobre la identificación de familias de macroinvertebrados de acuerdo a la tolerancia que presentan a los contaminantes realizadas en las diferentes regiones del país, con el fin de un futuro obtener una metodología propia para evaluar las fuentes hídricas.

### **1.6.2 Justificación práctica**

El Río Wuapula es uno de los principales cuerpos hídricos que atraviesan varias comunidades de la parroquia Sevilla Don Bosco, cantón Morona, las cuales no tienen servicio de alcantarillado, pero la mayor parte de la población cuenta con pozos sépticos, pero algunos moradores vierten sus aguas residuales a este recurso hídrico que posiblemente podrían causar alteraciones en la propiedades físicas, químicas y biológicas del agua. Además, las actividades antropogénicas que realiza el ser humano cerca del cauce del río como la ganadería y la agricultura, pueden contribuir al deterioro de la calidad de agua (Quiñones Huatangari et al., 2020: p.110). Esta investigación busca proporcionar información sobre la calidad de agua del río Wuapula, utilizando el Índice de Calidad (ICA-NSF) y bioindicadores (macroinvertebrados), para obtener una línea base sobre la calidad de agua del río Wuapula en el sector Santa Rosa para futuros estudios, además de determinar los posibles usos que se le puede dar a esta fuente hídrica.

Al no existir investigaciones anteriores de este cuerpo hídrico, con respecto a calidad de agua se contribuirá con información necesaria para entidades públicas al momento de realizar proyectos turísticos o de otra índole en dicho río, actualmente en la comunidad de Santa Rosa existe un Balneario usado por moradores y visitantes de comunidades aledañas. La finalidad de este proyecto también es generar conciencia ambiental sobre la contaminación del agua de los recursos hídricos y la importancia de preservar los mismos, realizando propuestas o planes de mejora para reducir y mitigar los impactos ambientales que provocan la contaminación de esta fuente hídrica.

## **1.7 Hipótesis**

### **1.7.1 Hipótesis general**

- Existe contaminación en río Wuapula debido a las actividades antropogénicas producidas por la población de la comunidad de Santa Rosa.

### **1.7.2 Hipótesis específicas**

- Influyen los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para determinar la calidad del agua de la microcuenca del río Wuapula.
- Existen diferentes familias de macroinvertebrados en los puntos de monitoreo aplicando la metodología BMWP/Col.
- Existe relación entre las dos metodologías aplicadas para la determinación de la calidad de agua del río Wuapula.
- Las soluciones planteadas para reducir y mitigar la contaminación del río Wuapula ayudarán a proteger esta fuente hídrica.

## CAPÍTULO II

### 2 MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes

En el río Wuapula no se evidencian estudios de calidad de agua, las investigaciones realizadas en nuestro país indican que los índices de calidad de agua (ICA) con análisis fisicoquímicos y biológicos son ampliamente usados en los recursos hídricos, permitiendo determinar la calidad de agua de las fuentes hídricas analizando los parámetros que se ven afectados y la implicación que tienen estos en el desarrollo del ecosistema y el medio ambiente.

##### 2.1.1 Antecedentes nacionales

Según, Cevallos (2020) realizó el estudio de calidad de agua en la microcuenca Zaruma mediante la metodología de cálculo del ICA, en donde se analizó tres estaciones obteniendo los siguientes resultados: en la **estación 1** el valor fue de 61,56 calificada como agua de calidad media, en la **estación 2** el valor fue de 60.23 el cual también es calificada como agua de calidad media y el valor de la **estación 3** fue de 71.11 calificado como agua de calidad buena.

Según, Ollage (2021) en su estudio de calidad de Agua en la microcuenca alta del río Santa Rosa con el método de macroinvertebrados bentónicos con la aplicación del índice BMWP/Col, concluyo que la Microcuenca alta del río Santa Rosa, tiene una calidad de agua aceptable y con la aplicación del índice EPT, la misma microcuenca, posee calidad de agua Buena.

Según, Criollo (2018) en su investigación utilizó el índice ICA-NSF, en el cual determinó en un tramo de la microcuenca del río Quebrada mediante el análisis de los 9 parámetros del ICA en 5 puntos de estudio que la calidad de agua es buena debido a que se encuentra en un rango de calidad de 71 a 90, mientras que con el índice biológico BMWP/Col en los 4 primeros puntos se obtiene una calidad de agua buena y en el punto 5 la calidad del agua es aceptable, es decir, que en este punto el agua está ligeramente contaminada, por ende concluye que la microcuenca del río Quebrada está siendo contaminado por actividades antropogénicas especialmente por vertidos de residuos sólidos, descargas de aguas residuales y disminución de la cobertura vegetal para la ampliación de la frontera ganadera y agrícola.



## **2.2 Bases teóricas**

El análisis de la calidad del agua nos ayuda a determinar cuáles son las posibles causas de contaminación en las fuentes hídricas, analizando los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que son perturbados, por agentes dañinos y tóxicos para los ecosistemas acuáticos producidos por actividades antropogénicas y naturales, la investigación de la microcuenca del río Wuapula se ejecutó mediante el índice ICA-NSF y análisis biológicos utilizando bioindicadores (Macroinvertebrados).

### **2.2.1 Agua**

El agua es un elemento esencial para la vida en el planeta tierra, está compuesto por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, se considera que posee propiedades fundamentales para el sostenimiento y reproducción de la vida en los ecosistemas naturales (Chuqui et al., 2021: p.8).

*El agua se considera un recurso renovable pues se renueva constantemente a través del ciclo hidrológico. Sin embargo, esto no significa que es infinito. El consumo de este recurso aumenta rápidamente y sus fuentes de suministro están muy amenazadas por los contaminantes generados por actividades diarias del ser humano.* (Valcarcel et al., 2008: p.1)

### **2.2.2 Ciclo hidrológico**

El ciclo hidrológico del agua es un proceso que consiste en la permanente transferencia de masas de agua al pasar de la tierra a la atmósfera y volver a la tierra , por influencia de la energía del sol y la gravedad , que se produce a través de los procesos de evaporación, condensación, precipitación, sedimentación, la escorrentía, el flujo de la infiltración, la sublimación, la transpiración, la fusión y las aguas subterráneas(Ordoñez, 2011, pp. 7-10).

### **2.2.3 Cuenca hidrográfica**

Las cuencas hidrográficas son sistemas formados por una red de corrientes de aguas, alimentadas por las precipitaciones pero que tienen un punto de llegada o desembocadura (Criollo, 2018, p. 5).

*Una cuenca hidrográfica es como tener una hoja con su nervadura central y sus nervaduras secundarias que se unen a ella para transportar la sabia vital, el río principal representa la nervadura central y los afluentes del río principal representa a los ramales, encargados de la conducción del agua a la cuenca hidrográfica* (Cantera Kintz et al., 2009: p. 41).

#### 2.2.4 *Cuerpos de agua*

Según Sierra (2011) los cuerpos de agua presentan una interconexión, desde la atmósfera hasta los océanos a través del ciclo hidrológico del agua, se dividen en: ríos, lagos y aguas subterráneas.

**Tabla 1-1:** Clasificación de los cuerpos de agua

<b>Ríos</b>	Comúnmente denominados corrientes, se caracterizan porque fluyen unidireccionalmente con velocidades promedio que varían entre 0,1 y 1 m/s. El flujo de estos ríos es altamente variable y depende de las condiciones climática y de las características del área de drenaje (Sierra, 2011, pp.27-28).
<b>Lagos</b>	La velocidad promedio es relativamente baja: varía entre 0,01 y 0,001 m/s (valores en la superficie). Este hecho hace que el agua permanezca en el sistema desde unos pocos días hasta varios años, conocidas como aguas lénticas (Sierra, 2011, pp.27-28 ).
<b>Aguas subterráneas</b>	En los acuíferos el régimen de flujo es relativamente estable en términos de velocidad y dirección. Las velocidades promedio pueden variar entre $10^{-10}$ y $10^{-13}$ m/s y son gobernadas por la porosidad y la permeabilidad del estrato (Sierra, 2011, pp.27-28).

**Fuente:** (Sierra, 2011, p. 27-28)

#### 2.2.5 *Usos del agua*

El agua es un recurso esencial para realizar las múltiples actividades del ser humano, en cada caso se requiere una calidad diferente dependiendo del uso que se le dará al agua.

##### 2.2.5.1 *Usos agropecuarios*

Es el agua utilizada con fines hacia la creación de condiciones ambientales adecuadas para el desarrollo de especies animales o vegetales de interés para la sociedad, generalmente se da en zonas rurales donde los abastecimientos de agua no tienen tratamiento ( Díaz et al ., 2005: p. IV-48).

##### 2.2.5.2 *Uso en infraestructura social*

Es utilizar el agua para satisfacer las necesidades de la sociedad, en los cuales el agua entra como un bien de consumo final, como por ejemplo el uso del agua para beber, para cocinar y para asearse, los usos domésticos y públicos que son necesarios para el desarrollo y mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades. El agua es captada generalmente de manantiales, ríos o

lagos, o a partir de acuíferos, que mediante un tratamiento se convierte en agua potable apta para satisfacer las necesidades de los seres humanos (Cuaspud y Paredes, 2017: p.18).

#### *2.2.5.3 Usos industriales*

Las industrias necesitan del agua para realizar sus procesos, como, por ejemplo: el enfriamiento de procesos con generación de calor, como fuente de energía hidráulica o para generar vapor con altas presiones con el objetivo de generar energía eléctrica, estas actividades generan impactos que provocan contaminación de las fuentes hídricas, las más conocida es las aguas residuales industriales que son descargadas sin un previo tratamiento(Díaz et al ., 2005: p. IV-48).

#### *2.2.5.4 Uso recreacional*

Son aguas utilizadas por las comunidades para actividades de ocio, al ser aguas que están en contacto con el ser humano su calidad debe ser buena, normatizada y controlada por las leyes vigentes de cada país (Díaz et al ., 2005: p. IV-48).

### **2.2.6 Hidrografía de la provincia de Morona Santiago**

*La provincia de Morona Santiago se encuentra ubicada en las cuencas hidrográficas de los ríos Pastaza, Morona y Santiago, todos ellos afluentes del río Amazonas. La provincia de Morona Santiago recibe una alta cantidad de contaminación producida en las zonas altas de estos ríos, por lo tanto, puede existir perturbaciones en las fuentes hídricas de la Provincia, por lo que es importante analizar el estado en el que se encuentran estas fuentes hídricas(Dirección de Planificación, 2011, p. 72).*

#### **2.2.7 Contaminación del agua**

La contaminación del agua es la alteración a las propiedades físicas, química y biológicas que pueden generar un impacto negativo en los ecosistemas y a los seres vivos que consuman esta agua (Fernández, 2012, p.25).

*La contaminación del agua se define como cualquier agente o elemento que genera alteraciones en el ambiente acuático (mares, ríos y lagos) provocados por actividades antropogénicas, que causan efectos dañinos o tóxicos, en los ecosistemas y en la salud de los seres humanos (Orta, 2002, p. 56).*

### **2.2.8** *Contaminantes del agua*

Los contaminantes alteran las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua, entre ellos se encuentran materias orgánicas y bacterias, hidrocarburos, desperdicios industriales, productos utilizados en la agricultura, productos químicos domésticos y desechos radioactivos, que generan un riesgo para el desarrollo y supervivencia del ser humano y los ecosistemas (Medina y Andrade, 2009: p. 11).

### **2.2.9** *Tipos de contaminantes*

#### **2.2.9.1** *Contaminantes físicos*

Son aquellos contaminantes líquidos o sólidos de origen natural y antropogénico que afectan al aspecto del agua, debido a que flotan o se sedimentan en las fuentes hídricas que son captadas por los sentidos de la vista, tacto, gusto y olfato, estos contaminantes provocan un deterioro de los ecosistemas acuáticos (Medina y Andrade, 2009: p. 11).

#### **2.2.9.2** *Contaminantes químicos*

Son contaminantes que se encuentran disueltos o dispersos en el agua, generalmente divididos en compuestos orgánicos e inorgánicos provenientes de actividades humanas y naturales como: descargas domésticas, agrícolas e industriales o de la erosión del suelo (Medina y Andrade, 2009: p. 11).

#### **2.2.9.3** *Contaminantes orgánicos*

Son contaminantes disueltos o dispersos en el agua provenientes de actividades antrópicas y naturales, que consumen el oxígeno disuelto del agua generando el fenómeno de eutrofización el cual afecta a los ecosistemas acuáticos (Medina y Andrade, 2009: p. 12).

#### **2.2.9.4** *Contaminantes biológicos*

Algunas especies de este grupo son capaces de degradar la materia orgánica presente en el agua, pero también pueden provocar enfermedades en los seres vivos como: hongos, bacterias, virus, algas y otras plantas acuáticas (Medina y Andrade, 2009: p. 12).

## **2.3 Bases conceptuales**

### **2.3.1 *Calidad de agua***

En la actualidad se puede determinar la calidad de agua de las fuentes hídricas aplicando metodologías como el índice ICA-NSF que analiza 9 parámetros para determinar el estado de las fuentes hídricas, también se puede utilizar organismos vivos como es el caso de los macroinvertebrados por ser metodologías sencillas y de bajo costo.

Calidad del agua es un concepto relativo que depende del uso que va a tener el agua, de acuerdo al uso que se le dará al agua, se considerara criterios de aceptabilidad de acuerdo a las regulaciones de cada país (León, 2014, p. 50).

*La calidad de agua es un término que nos indica el estado que se encuentra el agua para determinar el uso que se le puede dar o las acciones necesarias para minimizar la contaminación que existe en ellos, generalmente provocadas por actividades antropogénicas como agricultura, ganadería y descargas de aguas residuales e industriales sin tratamiento* (Pauta et al., 2019: p. 77).

### **2.3.2 *Análisis fisicoquímico del agua***

Son los parámetros utilizados por índice (ICA-NSF) para determinar el estado en el que se encuentran las fuentes hídricas.

#### **2.3.2.1 *Parámetros físicos***

##### **- *Temperatura***

Es medida por la cantidad de calor que se encuentra en una partícula, en el agua es de mucha importancia ya que la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos depende de este parámetro para sobrevivir (Torres, 2009, p.35).

##### **- *Sólidos totales***

Los sólidos totales es la cantidad de materia que se obtiene como residuo después de someter una muestra de agua a un proceso de evaporación y secado a temperaturas entre los 103 a 105 ° C, que nos permite encontrar la medición de los sólidos suspendidos totales y los sólidos disueltos totales (García , 2012, p.26).

- *Turbidez*

La turbidez es la capacidad que tiene el material suspendido en el agua para obstaculizar el paso de la luz, es decir, las partículas suspendidas como arena, arcillas y plancton, se atraviesan a los rayos de luz en una muestra de agua (García , 2012, p.27).

2.3.2.2 *Parámetros químicos*

- *Oxígeno disuelto*

Este parámetro nos indica la cantidad de oxígeno disponible en las fuentes hídricas. El oxígeno disuelto presente en el agua viene del aire y por las fotosíntesis de las plantas acuáticas, es un indicativo de la contaminación del agua, pues de la presencia de este parámetro depende el desarrollo de los ecosistemas acuáticos (Torres, 2009, p. 26).

- *pH*

Es la cantidad de iones de hidrógeno presentes en una muestra, este se representa mediante valores mismos que van del 1 al 14, los cuales determinan la acidez o alcalinidad, si el valor resultante es  $< 7$  son aguas ácidas mientras si el valor es  $> 7$  son aguas alcalinas y un Ph neutro es óptimo para el desarrollo de la biodiversidad acuática (Chuqui et al., 2021: p. 24).

- *Nitratos*

El nitrato es un parámetro que indica la descomposición de la materia orgánica en las fuentes hídricas procedente de diversas fuentes naturales o antropogénicas, especialmente provenientes de la agricultura por el uso de fertilizantes y descargas de aguas residuales urbanas (Gil-Marín & y González, 2020, p. 164), los nitratos son compuestos con alto contenido de óxido de compuestos nitrogenados contribuyente a las floraciones de algas que privan a los peces y otros organismos acuáticos de oxígeno produciéndose el fenómeno conocido como eutrofización por exceso de nutrientes (Díaz et al., 2005: p. VI-12).

- *Fosfatos*

Los fosfatos pueden llegar a ser una de las sustancias más peligrosas en la contaminación del agua, son esenciales para el crecimiento de las plantas, pero cuando se encuentran en altas concentraciones en el agua ocasionarían la eutrofización, llegando así a disminuir la vida acuática, por el aumento de la población de algas que son dependientes del fósforo (León ,2014, p. 61).

*La presencia de fosfatos indica que se han añadido al agua detergentes y fertilizantes artificiales, ya que contiene un 12-13% de fósforo procedente de aguas residuales sin tratamiento previo. El exceso de nutrientes, como nitratos y fosfatos, puede provocar un*

*crecimiento excesivo de la biomasa de algas y plantas acuáticas y reducir la disponibilidad de oxígeno disuelto para otras especies* (Gualdrón, 2016, p.89; Raffo y Ruiz, 2014: p. 75).

- *DBO 5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno)*

La demanda bioquímica de oxígeno indica la cantidad de oxígeno requerida por los microorganismos para descomponer la materia orgánica presente en el agua, bajo condiciones aerobias durante 5 días a 20 °C.

*Cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar la materia orgánica en el agua. La DBO nos indica la cantidad de oxígeno que utilizan los microorganismos para degradar la materia orgánica, el exceso de materia provoca el aumento de la población de los microorganismos que consumen el oxígeno disponible para el resto de las especies de los ecosistemas acuáticos* (Gualdrón, 2016, p. 75).

### 2.3.2.3 *Parámetros microbiológicos*

- *Coliformes fecales*

Las bacterias coliformes son microorganismos capaces de producir enfermedades y están asociados a los vertidos fecales, siendo sus fuentes principales las explotaciones ganaderas, agrícolas y las zonas urbanas, los coliformes fecales se encuentran diluidos en el agua y nos permite detectar la presencia de heces provenientes de animales y seres humanos (León , 2014, p. 63).

### 2.3.3 *Calidad biológica*

Los ecosistemas acuáticos se evalúan según la estructura y composición de los organismos, estos organismos nos indican los contaminantes que afectan a la calidad del agua durante largos periodos de tiempo y a la diversidad de las especies como los macroinvertebrados y los peces(Alba , 1996, p. 205)(Cevallos, 2020, p. 21).

#### 2.3.3.1 *Bioindicadores*

Son un gran número de especies vegetales, fúngicas y animales cuya presencia y condición en el medio ambiente, brindan información sobre ciertos aspectos del medio ambiente o información sobre el impacto de ciertas actividades en el medio ambiente.

*Los bioindicadores son especies de plantas y animales cuya presencia o ausencia determina el estado de conservación o degradación de los ecosistemas acuáticos, es importante realizar análisis de los cambios producidos en la comunidad de las diferentes especies dentro de un*

*ecosistema, para obtener información sobre alguna perturbación antrópica o natural. Estos indicadores son de creciente interés y utilidad por su capacidad para integrar los cambios que ha sufrido el ecosistema a lo largo de la vida del organismo* (Fernandez, 2012, p. 25 ).

### 2.3.4 *Macroinvertebrados acuáticos*

Estos son organismos que viven en ambientes acuáticos sobre los troncos, hojas, arena y rocas. Se les llama macroinvertebrados porque se pueden ver a simple vista, varían en tamaño de 0,5 a 5,00 mm, sus principales poblaciones son platelmintos, insectos, moluscos y crustáceos (Roldán, 2016, p. 254).

#### 2.3.4.1 *Ventajas de los macroinvertebrados en el biomonitoreo*

Según Álvarez (2005) las ventajas que los macroinvertebrados benthicos proporcionan en el biomonitoreo son las siguientes.

**Tabla 2-2:** Ventajas de los macroinvertebrados en el biomonitoreo

<b>Ventajas de los macroinvertebrados en el biomonitoreo</b>
Son visibles a simple vista.
Son abundantes y de amplia distribución
Bajos costos en equipos de monitoreo
Reflejan las condiciones en la que se encuentran los recursos hídricos a lo largo de tiempo por el largo
Como son tan diversos, presentan una gama muy grande de tolerancia frente a diferentes parámetros de contaminación.
Varían poco genéticamente.
Relativamente fáciles de identificar en el laboratorio.
La sensibilidad bien conocida de muchos taxa a diferentes tipos de contaminación.

**Realizado por:** Bermeo, Jhander, 2022

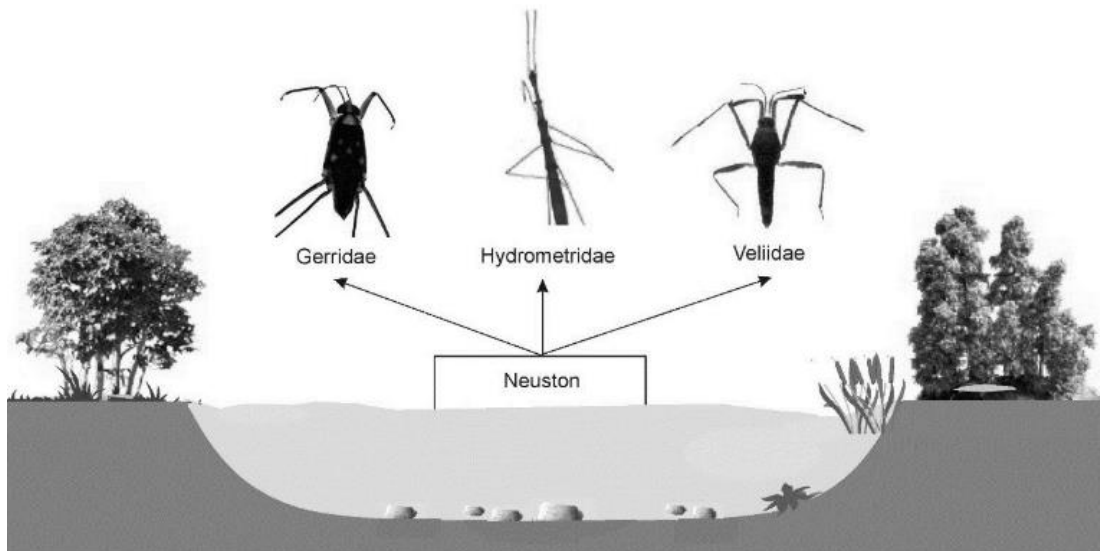
### 2.3.5 *Modos de vida de los macroinvertebrados acuáticos*

Los macroinvertebrados se clasifican de acuerdo al tipo de adaptación que presenten al lugar en el que habitan, pues, pueden vivir en el fondo, en la superficie o nadar libremente por los recursos hídricos:



- *Neuston*

Son organismos que se encuentran caminando, patinando o brincando sobre la superficie del agua. Sus uñas, sus patas y su exoesqueleto están recubiertos por una especie de cera que los hace impermeables, permitiéndoles flotar en el agua. Entre los representantes están las familias *Gerridae*, *Hydrometridae* y *Veliidae* del Orden *Hemiptera* (figura 1-1) (Gualdrón, 2016, pp. 89-90).

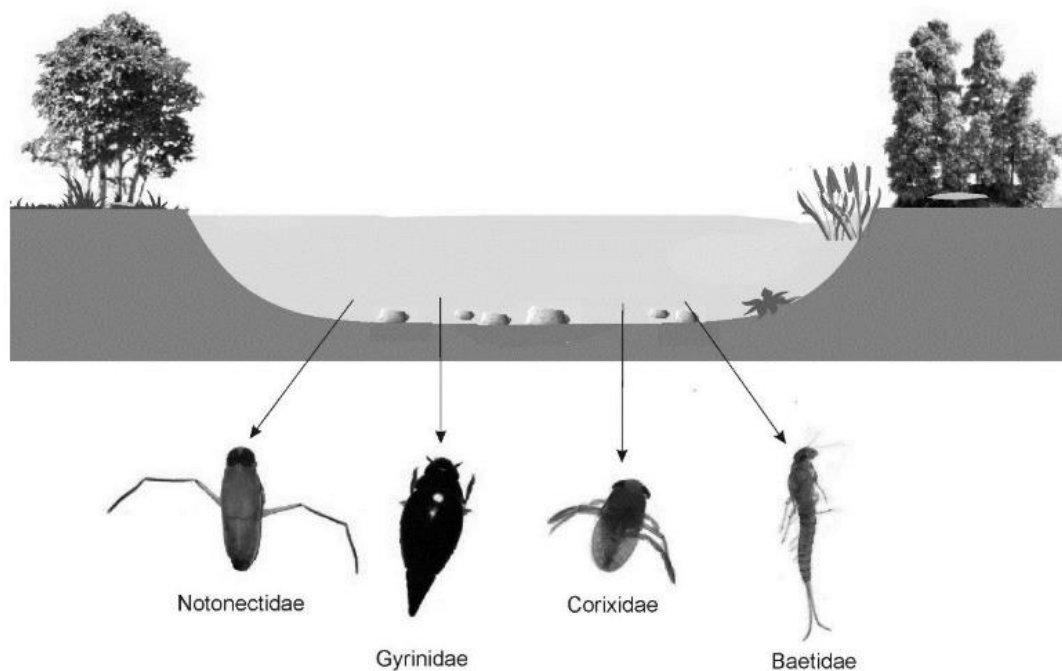


**Ilustración 1-2:** Representantes de macroinvertebrados Neuston en un ecosistema acuático

Fuente: (Álvarez, 2005, p. 11)

- *Necton*

Son los organismos que nadan libremente en el agua, pueden ser muy abundantes en lagos y lagunas. Entre ellos se encuentran las familias *Corixidae* y *Notonectidae* del orden *Hemiptera* (*Heteroptera*); *Dytiscidae*, *Gyrinidae* e *Hydrophilidae* del orden *Coleoptera* y *Baetidae* del orden *Ephemeroptera* ( figura2-1) (Álvarez ,2005, p. 11) (Gualdrón, 2016, p. 90).

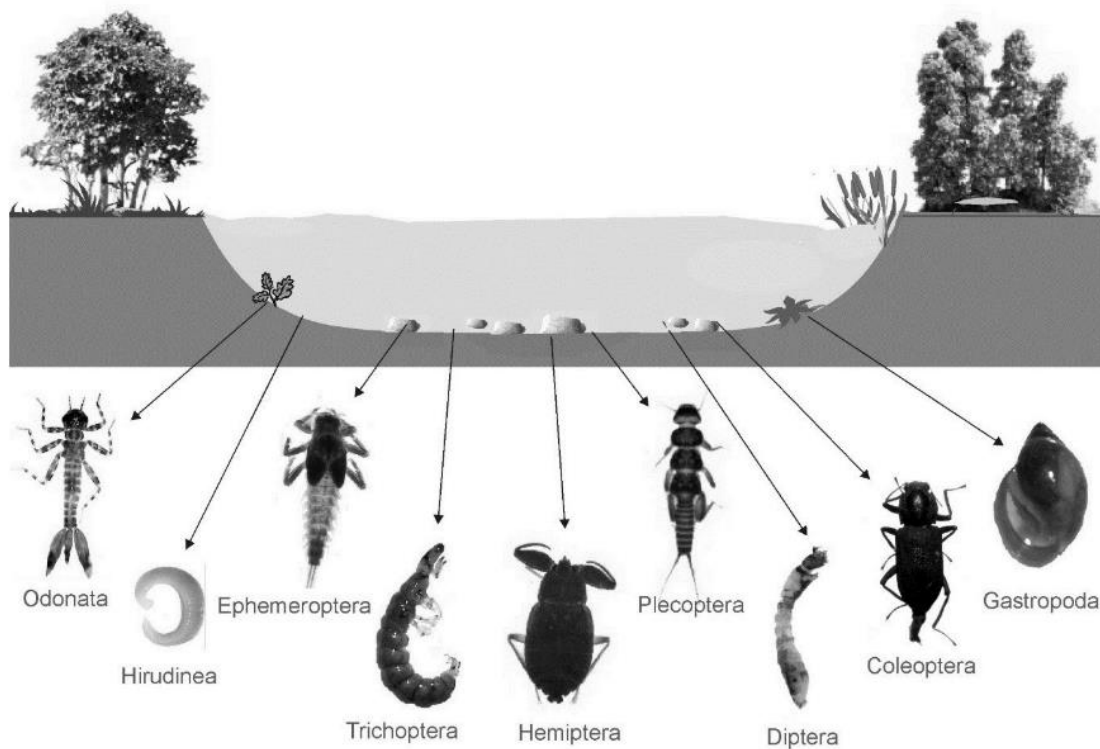


**Ilustración 2-2:** Representantes de macroinvertebrados Necton en un ecosistema acuático

**Fuente:** (Álvarez, 2005, p. 12)

- *Bentos*

Son los macroinvertebrados que viven en el fondo, adheridos a piedras, rocas, troncos, restos de vegetación y otros sustratos. Los principales representantes son: Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Megaloptera, Diptera, Mollusca y algunos Hemiptera, entre otros. También pueden encontrarse algunos enterrados en el fondo a varios centímetros de profundidad, como la familia Euthyplociidae (Ephemeroptera) ( figura 2-3) (Hanson et al., 2010: p. 5 ; Álvarez, 2005, p. 12).



**Ilustración 3-2:** Representantes de macroinvertebrados Bentos en un ecosistema acuático

Fuente: (Álvarez, 2005, p. 13)

### 2.3.6 Índice de calidad de agua

Los índices de calidad del agua nos brindan información del nivel de deterioro de los recursos hídricos, producidos por las actividades naturales o humanas que afectan su calidad.

*Un ICA es una herramienta que expresa la calidad del recurso hídrico mediante las mediciones de determinados parámetros de calidad del agua en un único valor numérico, permitiéndonos una rápida interpretación y reconocimiento de las perturbaciones en la calidad del cuerpo de agua en un determinado espacio y tiempo* (García, 2012, p. 14).

#### 2.3.6.1 Índices fisicoquímicos

Se basan en el análisis de parámetros para describir la calidad del agua, para conocer las causas específicas que pueden provocar de contaminación de las fuentes hídricas, a través de una expresión simple de fácil interpretación con valores numéricos. (Valcarcel et al., 2008: p. 2).

- *ICA-NSF*

Es un método que nos permite obtener información sobre las propiedades físicas y químicas del agua, gracias al análisis de determinados parámetros, es posible determinar cuantitativamente el grado de contaminación del agua

*El Índice de Calidad del Agua NSF fue creado por la Fundación Nacional de Saneamiento de EE. UU. Para su aplicación, teniendo en cuenta las variables identificadas por algunos expertos como de mayor impacto en la contaminación del agua, los parámetros básicos para la aplicación del índice son: oxígeno disuelto, temperatura, pH, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos totales, nitratos, fosfatos, coliformes fecales y turbidez ( Forero, 2017, p. 33; León, 2014, p. 56).*

### **2.3.6.2** *Índices biológicos*

Son índices que utilizan organismos vivos para evaluar la calidad de agua, debido a que nos indican las perturbaciones ocurridas a lo largo del tiempo en sus comunidades generalmente producidas por agentes extraños provenientes actividades antropogénicas y naturales (Alba, 1996, p. 204)

- *Biological Monitoring Working Party/Colombia*

El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP ) se estableció por primera vez en el Reino Unido en 1970 como un método simple y rápido de evaluación de la calidad del agua utilizando macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos, permitiendo determinar la calidad del agua asignándoles puntajes a los macroinvertebrados de acuerdo a su sensibilidad a la contaminación (Roldán, 2003, pp. 30-31).

## CAPÍTULO III

### 3 MARCO METODOLÓGICO

La investigación se desarrolló basándose en varios tipos de investigación como son: la investigación descriptiva, investigación documental, investigación bibliográfica e investigación de campo.

#### 3.1 Enfoque de investigación

El enfoque de la investigación fue mixto debido a los análisis cualitativos y cuantitativos, debido a que se ejecutó por el método de recolección e identificación de macroinvertebrados, observando las cualidades de los mismos mediante las guías de identificación taxonómica, para realizar un conteo y clasificación de los individuos recolectados de acuerdo a sus características taxonómicas obteniendo un valor de numérico que determina la calidad del agua. También para el análisis fisicoquímico y microbiológico se realizó por el método de recolección e análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en trabajo de campo y de laboratorio, obteniendo valores numéricos mediante el software IQA-DATA versión 2015, que por rangos de calidad determinaremos el estado de la calidad del agua del río estudiado. Se realizó el muestreo en tres puntos de estudios georreferenciados, durante un tiempo definido, en los meses de abril, mayo y junio del año 2022.

#### 3.2 Nivel de la investigación

De acuerdo al nivel de investigación a desarrollar, el presente estudio se encuentra en la investigación descriptiva, ya que se caracterizó un fenómeno, con el fin de establecer la calidad del agua del recurso hídrico estudiado. Además, se utilizó una investigación explicativa, debido a que se busca las causas que generan la contaminación del río Wuapula mediante los índices de calidad fisicoquímicos y biológicos con el fin de determinar el estado que se encuentra el recurso hídrico.

#### 3.3 Diseño de la investigación

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

Dado que no se realizó ninguna manipulación de las variables de investigación, el estudio fue no experimental debido a que se observó e identificó las variables independientes en el entorno natural del desarrollo del recurso hídrico.

#### 3.3.1.1 *Variable dependiente*

- Calidad del agua

#### 3.3.1.2 *Variables independientes*

- Parámetros fisicoquímicos
- Parámetros microbiológicos
- Macroinvertebrados

### 3.3.2 *Según las intervenciones en el trabajo de campo*

En esta investigación se involucró la investigación de campo transversal debido a que el estudio se realizó en un tiempo corto, específicamente en los meses de abril, mayo y junio del año 2022, en donde se recolectaron datos in situ en los diferentes puntos de estudio del río Wuapula, sin alterar las condiciones naturales de la fuente hídrica, para el índice ICA-NSF se recolectaron muestras simples de 1 litro en recipientes de plástico esterilizados y para el índice biológico se tomó muestras en los 3 puntos de estudio, con una distancia de 50 metros aguas abajo, que fueron almacenadas en recipientes con alcohol al 70%.

### 3.4 **Tipo de estudio**

Se utilizó un estudio mixto es decir documental y de campo debido que se recolecto información bibliográfica a través de la lectura de documentos, libros, revistas, artículos científicos, tesis de grado etc., con el fin de escoger la metodología más adecuada para poder determinar la calidad de agua del río Wuapula. También se utilizó la técnica de campo, en donde se obtuvieron y estudiaron datos reales tal y como se presentan en la naturaleza del río Wuapula, en donde se tomaron muestras en los diferentes puntos de estudio de muestreo con los dos índices utilizados en la investigación.

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

#### 3.5.1 *Localización del estudio*

El presente proyecto se realizó en la parroquia Sevilla Don Bosco, provincia de Morona Santiago, en la microcuenca del río Wuapula, esta fuente hídrica atraviesa la comunidad de Santa Rosa y terrenos dedicados a la agricultura y ganadería, influyendo en la calidad del agua el mismo.

El trabajo de campo se realizó en cada sitio de estudio seleccionado y se analizó en el laboratorio de la ESPOCH para determinar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, así como la identificación de las diferentes familias de macroinvertebrados en la ciudad de Macas.

### **3.5.2 Población de estudio**

La población de estudio de esta investigación es accesible, tiene una distancia lineal de 2 km del río Wuapula, conformada por el total de agua recolectada en cada punto de estudio y la cantidad de los macroinvertebrados encontrados en los puntos de estudio localizada en la microcuenca del río Wuapula, ubicada en la parroquia Sevilla Don Bosco, provincia de Morona Santiago.

### **3.5.3 Tamaño de la muestra**

El tamaño de la muestra del estudio es los 3 puntos de monitoreo identificados de manera aleatoria y al azar por criterio del investigador e importancia de evaluar la calidad de agua del río Wuapula para la comunidad de Santa Rosa, en donde se realizaron nueve análisis fisicoquímicos y microbiológicos, también se obtuvieron nueve muestras de macroinvertebrados para su respectivo análisis en el laboratorio.

### **3.5.4 Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo**

Se escogieron tres puntos de muestreo georreferenciados en la microcuenca del río Wuapula, seleccionados por el investigador con base en los criterios que se detallan a continuación para cada sitio de monitoreo.

#### **3.5.4.1 Punto Wuapula 1**

Se encuentra a 500 metros de la comunidad de Santa Rosa, fue elegido por su representatividad, lo que significa que este punto se utiliza como referencia para conocer la calidad del agua antes de pasar por la comunidad de Santa Rosa y terrenos aledaños a la comunidad dedicados a la ganadería intensiva y agricultura.

#### **3.5.4.2 Punto Wuapula 2**

El punto de monitoreo 2 está ubicado en la entrada a la comunidad de Santa Rosa, con mayor interacción en esta zona por parte de los pobladores, está ubicado a 100 m de la vía y fue elegido debido a que el área ha sido interferida por actividades humanas alrededor del cauce natural del río.

### 3.5.4.3 Punto Wuapula 3

El punto 3 de monitoreo se encuentra a 1 km del punto 2, este punto seleccionado de estudio nos brindara datos de calidad de la salida del recurso después de pasar por la comunidad de Santa Rosa.

**Tabla 1-3:** Coordenadas de los puntos de Monitoreo

Puntos de monitoreo	Altitud m.s.n.m	Coordenadas UTM WGS84	
		y	x
Punto Wuapula 1	1163	9757577,92 S	826223,66 W
Punto Wuapula 2	1132	9756849,02 S	826014,33 W
Punto Wuapula 3	1138	97560375,15 S	826384,43 W

Realizado por: Bermeo, Jhander, 2022



**Ilustración 1-3:** Mapa de ubicación de los puntos de monitoreo del río Wuapula

Realizado por: Bermeo, Jhander, 2022



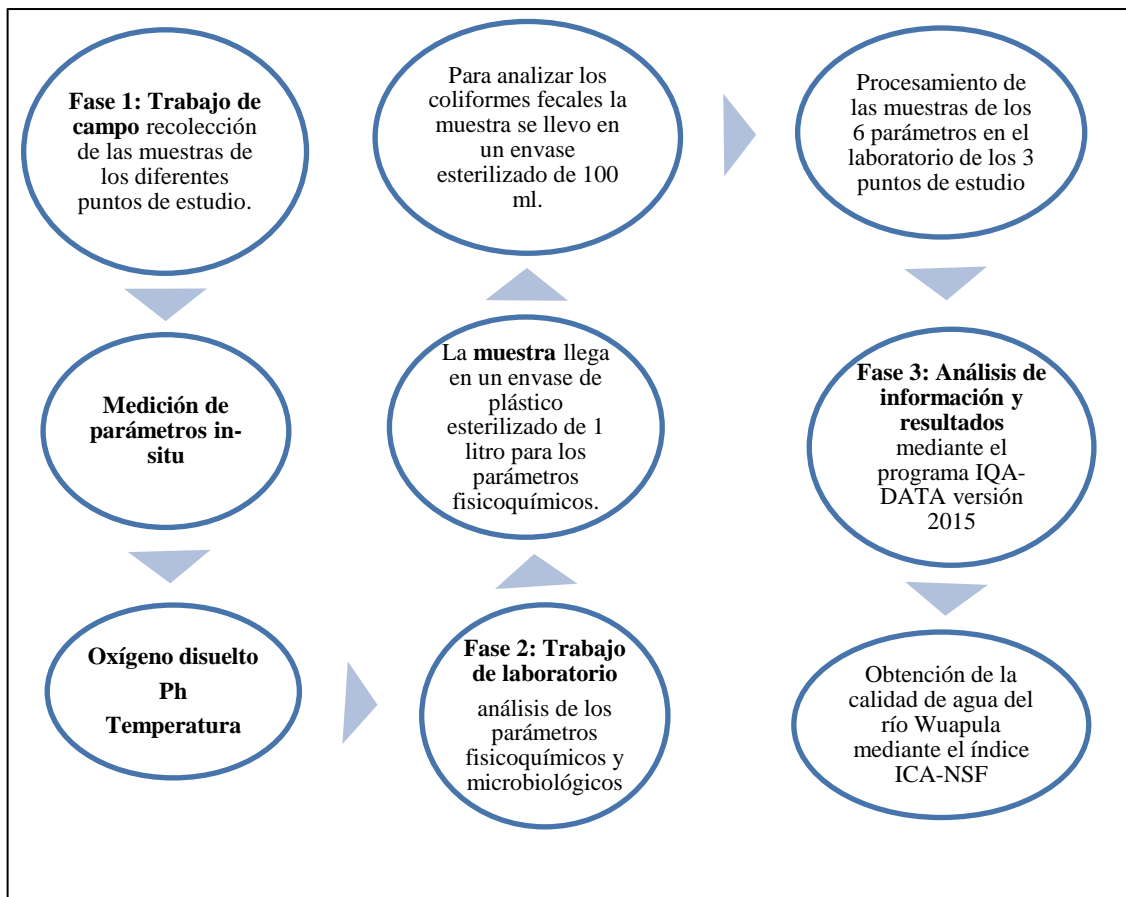
### 3.6 Métodos, técnicas e instrumentos de investigación

#### 3.6.1 Técnicas de recolección de datos

Para el índice (ICA-NSF) se tomó una muestra simple de 1 litro de agua durante los meses de abril (2022), mayo (2022) y junio (2022), para cada punto de monitoreo, debido a que las condiciones en los puntos de estudio son contantes en el espacio y tiempo, es decir representan las condiciones del recurso hídrico al momento de tomar las muestra, para la recolección de las muestras se utilizó las indicaciones propuestas por la norma NTE INEN 2169:2013 ; el monitoreo biológico se ejecutó con la metodología propuesta por Álvarez (2005) de recolección de los macroinvertebrados en campo para su posterior análisis en el laboratorio.

#### 3.6.2 Metodología para la aplicación del índice fisicoquímico (ICA-NSF)

El tipo investigación que se desarrolló para la aplicación del índice fisicoquímico (ICA-NSF) está basada en los siguientes parámetros:



**Ilustración 2-3:** Parámetros de investigación para el índice fisicoquímico (ICA-NSF)

Realizado por: Bermeo, Jhander, 2022

En la figura 2-3, queda recogido que en esta investigación se aplicó ciertos métodos como:

### 3.6.2.1 Trabajo de campo

Los valores de los parámetros físicos como la temperatura, oxígeno disuelto y pH se realizaron en campo, en cada una de los puntos de monitoreo utilizando un multiparamétrico y un peachimetro.

Después se realizó la toma de muestras de cada punto de estudio, se tomó una muestra de 1 litro de agua en un recipiente de plástico para analizar en el laboratorio los parámetros: Sólidos Totales, Nitratos, Fosfatos, Turbidez, DBO5. De la misma manera, para analizar el parámetro de coliformes fecales se tomó la muestra en envases esterilizados de plástico de alta densidad con un volumen de 100 ml de capacidad. Para el manejo y transporte de las muestras al laboratorio se siguió las recomendaciones de la norma NTE INEN 2169:2013(Instituto Ecuatoriano de Normalizacion, 2013, p.1-7 ).

**Tabla 2-3:** Instrumentos de campo para la toma de muestras de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

TIPO DE INSTRUMENTO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
<b>Primarios</b>	Cooler	Para mantener la calidad de las muestras.
	Multiparamétrico marca APERA y un medidor de pH marca PHYME	Para medir los parámetros in situ: temperatura, Ph y Oxígeno disuelto.
	GPS	Para georreferenciar los puntos de estudio.
	Libretas de campo, etiquetas y esfero.	Permitirán anotar valores obtenidos en campo y etiquetar las muestras en los muestreos.
	3 envases de plástico esterilizados de 1 litro	Para tomar las muestras de los 3 puntos de estudio.
	3 envases esterilizados de 100 ml	Para tomar las muestras para analizar coliformes fecales.
	Cámara fotográfica	Permitirá conocer y tener un registro de todas las actividades
	Agua destilada	Para limpiar los equipos utilizados en campo.
	<b>Secundarios</b>	Botas de caucho
Mochila		Para llevar los materiales primarios.
Guantes		Para no contaminar las muestras tomadas.

**Realizado por:** Bermeo, Jhander, 2022

### 3.6.2.2 Análisis de laboratorio

Para la aplicación del ICA-NSF se realizó análisis de laboratorio mediante la metodología propuesta por “Método Estandarizado para la Examinación de Agua y Aguas Residuales, 23ava. Edición, 2017” de los siguientes parámetros: nitratos, fosfatos, DBO<sub>5</sub>, coliformes fecales, sólidos totales y turbidez. Para realizar los análisis es necesario cumplir con las reglas de laboratorio: utilizar mandil, guantes, mascarilla, llevar materiales básicos como franelas para limpiar y agua destilada. En la tabla 3-3 se especifica que método y equipo se aplicó para cada parámetro.

**Tabla 3-3:** Parámetros de caracterización para los análisis de laboratorio

Parámetro	Métodos normalizados. APHA, AWWA, WPCF	Equipos
Sólidos Totales	Standard Methods 2540 B	Balanza analítica Horno de secado a 103-105 °C
Nitratos	Standard Methods 4500- NO <sub>3</sub> -E	Espectrofotómetro marca HANNA HI83399
Fosfatos	Standard Methods 4500-P-D	Espectrofotómetro marca HANNA HI83399
Turbidez	Standard Methods 2130-B	Espectrofotómetro marca HANNA HI83399
DBO <sub>5</sub>	Standard Methods 5210-B	Incubadora REBELK para medir DBO <sub>5</sub>
Coliformes fecales	Standard Methods 9221- E	Bomba de vacío de laboratorio, marca: Rocker, modelo: R300 Equipo de filtración completo Incubador de laboratorio marca: Rebelk, modelo: RI130P

**Fuente:** (American Public Health Association et al., 2017)

**Realizado por:** Bermeo, Jhander, 2022

### 3.6.2.3 Análisis estadístico

Luego de obtener los valores de los 9 parámetros de estudio, se realizó la determinación de la calidad del agua utilizando la versión 2015 del software IQA-DATA, el cual brinda una evaluación de la calidad del agua asignando valores a los parámetros analizados de acuerdo a la metodología establecido por la NSF, permitiéndonos identificar los parámetros que están influyendo directamente en la calidad del agua del río Wuapula (Méndez et al., 2020: p. 740).

**Tabla 4-3:** Parámetros y peso específico que constituyen el ICA-NSF

Parámetros	Unidad	Peso NSF
Temperatura	°C	0,10
Oxígeno Disuelto	mg O2/L	0,17
DBO	mg O2/L	0,10
Sólidos disueltos totales	mg/L	0,08
Turbidez	UNT	0,08
Fosfatos	mg PO4/L	0,10
Nitratos	mg N-NO3/L	0,10
pH	unidades	0,12
Coliformes fecales	NMP/100mL	0,15


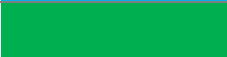



Fuente: (Forero, 2017, p. 34)

Realizado por: Bermeo, Jhander, 2022.

### 3.6.2.4 Determinación del índice de calidad del agua (ICA-NSF)

Después de evaluar la calidad del agua en el software IQA-DATA y obtener los valores de calidad en un rango del 0-100, debemos tomar en cuenta la escala de clasificación de calidad de agua ICA-NSF establecida mediante rangos por (Brown et al., 1970) para determinar la calidad del agua del río Wuapula.

**Tabla 5-3:** Clasificación de la calidad de agua en función del índice NSF-WQI

Rango	Calidad de Agua	Color
91-100	Excelente	
71-90	Buena	
51-70	Regular	
26-50	Mala	
0-25	Muy mala	

Fuente: (Brown et al., 1970)

Realizado por: Bermeo, Jhander, 2022.

### 3.6.3 Metodología para la aplicación del índice biológico BMWP/Col

El tipo investigación que se desarrollara para la aplicación del índice biológico BMWP/Col está basada en los siguientes parámetros:



**Ilustración 3-3:** Parámetros de Investigación para la aplicación del índice biológico BMWP/Col.

**Realizado por:** Bermeo, Jhander, 2022

En la figura 3-3, queda recogido que en esta investigación se aplicó ciertos métodos como:

#### 3.6.3.1 Trabajo de campo

La recolección de macroinvertebrados se llevó a cabo aguas abajo de cada punto de estudio, más o menos unos 50 metros lineales y el muestreo fue continuo hacia arriba para evitar el enturbiamiento del agua. Para capturar a los macroinvertebrados se utilizó una red de tipo Surber, primero se movió con ayuda de los pies todo el sustrato vegetal (hojas y ramas), piedras, y cualquier otro sustrato que forma parte de los hábitats de macroinvertebrados, una vez removido el material los macroinvertebrados se desprenden de sus hábitats y por la corriente son atrapados en la red (Rodríguez,2021, p.20)(Álvarez, 2005)

Luego se procedió a colocar el contenido de la red en una charola blanca para identificar visualmente a los macroinvertebrados que se encuentran en la muestras tomadas, con ayuda de una pinza fueron colocados en un frasco de vidrio con alcohol al 70% para su conservación y posterior identificación en laboratorio(Alba, 1996, p. 210).

**Tabla 6-3:** Instrumentos de campo para la toma de muestras de los macroinvertebrados

<b>TIPO DE INSTRUMENTO</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Primarios</b>	Cooler	Para mantener la calidad de las muestras.
	3 envases de plástico para tomar las muestras	Para tomar las muestras de los 3 puntos de estudio de macroinvertebrados.
	Red tipo Surber	Para capturar los macroinvertebrados presentes en el río estudiado.
	Alcohol al 70%	Para mantener y conservar a los macroinvertebrados.
	Pinzas entomológicas	Para poner los macroinvertebrados en los frascos de la muestra.
<b>Secundarios</b>	Botas de caucho	Para proteger los pies del investigador.
	Mochila	Para llevar los materiales primarios.
	Guantes	Para no contaminar las muestras tomadas.

**Realizado por:** Bermeo, Jhander, 2022

### 3.6.3.2 Trabajo de laboratorio

En el laboratorio se analizó las muestras de cada punto de monitoreo, para lo cual, cada individuo se colocó en una caja Petri y se ubicó la muestra en el estereoscopio para la obtención de imágenes, con la finalidad de identificar las diferentes familias de macroinvertebrados presentes en el tramo de estudio del río Wuapula

Las familias encontradas de macroinvertebrados se identificaron mediante la descripción detallada de cada individuo para la determinación de los macroinvertebrados propuesta en la guía por Roldán (2003), Álvarez (2005), para obtener el valor de tolerancia de las familias a perturbaciones en los ecosistemas acuáticos aplicando de índice biológico para la calidad del agua “Biological Monitoring Working Party/Colombia”(Roldán ,2003, p. 29).

**Tabla 7-3:** Instrumentos de laboratorio para la identificación taxonómica de los macroinvertebrados

TIPO DE INSTRUMENTO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
Primarios	Estereoscopio	Para identificar los macroinvertebrados a mayor escala.
	Computador	Para capturar las imágenes de las diferentes familias de macroinvertebrados para su posterior identificación.
	Guantes, Caja Petri , mascarilla, agua destilada y alcohol	Instrumentos necesarios dentro del laboratorio para identificar los macroinvertebrados.
	Guía de identificación de macroinvertebrados	La guía para identificar las familias de macroinvertebrados de acuerdo a su tolerancia a los contaminantes propuesta por Roldán ( 2003).

**Realizado por:** Bermeo, Jhander, 2022

### 3.6.3.3 Aplicación del índice biológico BMWP/Col

Los macroinvertebrados tienen diversos grados de tolerancia a las perturbaciones en los ecosistemas acuáticos y es por esta razón que las sensibilidades de los macroinvertebrados se han establecido en base a la tolerancia a los contaminantes, como se detalla a continuación (Carrera y Fierro, 2001: p.30).

**Tabla 8-3:** Sensibilidad de los macroinvertebrados a la contaminación

Sensibilidad	Calidad del agua	Calificación
No aceptan contaminantes	Muy buena	9-10
Aceptan muy pocos contaminantes	Buena	7-8
Aceptan pocos contaminantes	Regular	5-6
Aceptan mayor cantidad de contaminantes	Mala	3-4
Aceptan muchos contaminantes	Muy mala	1-2

**Fuente:** (Carrera y Fierro, 2001: p.30)

**Realizado por:** Bermeo, Jhander, 2022.

La metodología utilizada para obtener la valorización de los macroinvertebrados de acuerdo al grado de contaminación que toleran las familias de macroinvertebrados es la propuesta por (Roldán, 2003, p. 5), a continuación se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 9-3:** Valoración por familias del Biological Monitoring Working Party/Colombia

Familias	Puntaje
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hidridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemerae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelphusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohephidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Hydropsychidae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolycopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydraenidae, Hydrometridae, Noteridae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae,	2
Tubificidae	1

**Fuente:** (Roldán ,2016, p. 262)

**Realizado por:** Bermeo, Jhander, 2022

Los valores obtenidos de las tolerancias presentadas por cada familia encontrada en los puntos de monitoreo del río Wuapula, nos ayudarán a obtener la suma de los valores de tolerancia para obtener un valor BMWP/Col representativo para la calidad del agua del río Wuapula utilizando el método BMWP/Col.

#### 3.6.3.4 Determinación de las clases de calidad del agua mediante el índice biológico

Se realizó la suma de las tolerancias obtenidas de cada familia de macroinvertebrados identificadas en cada punto de monitoreo del río Wuapula, obteniendo un valor total BMWP/Col para cada punto de estudio y mediante la tabla 10-3 se puede determinar la calidad del agua utilizando los macroinvertebrados.



**Tabla 10-3:** Clases de calidad del agua para método BMWP para Colombia.

Clase	Calidad	BMWP/Col	Significado	Color
I	Buena	>150, 101-120	Aguas muy limpias a limpias	Azul
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy crítica	<15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: Roldán, 2003, p. 32

Realizado por: Bermeo, Jhander, 2022

### **3.6.4 Análisis estadístico para comparar los resultados obtenidos de ambos índices**

Los análisis estadísticos realizados nos ayudaron a comparar los resultados obtenidos de la calidad de agua del río Wuapula mediante el índice ICA-NSF y el índice biológico, aunque se tiene en cuenta diferentes variables, se pueden comparar por que la clasificación de la calidad de agua establece categorías con rangos similares de calidad para ambas metodologías aplicadas en la investigación. Se utilizó el software informático RStudio versión 2.15.2, para obtener la relación que existe entre ambas metodologías aplicadas en la presente investigación.

### **3.6.5 Socialización de la información obtenida de la presente investigación**

Los resultados obtenidos de la calidad del río Wuapula mediante los dos índices aplicados en el objeto de estudio nos permitió realizar un dialogo entre los habitantes de la comunidad de Santa Rosa y autoridades invitadas, informando que la comunidad de Santa Rosa como las actividades antropogénicas que se realizan a lo largo del cauce del río Wuapula tienen influencia sobre la calidad del río Wuapula, con el fin de concientizar a la comunidad y autoridades de que se generen medidas de protección del recurso hídrico.

Durante la socialización se realizó un dialogo con los moradores de la comunidad, en donde expresaban las dudas y decían desde su punto de vista cuales son las actividades que están deteriorando la calidad del agua del río, además del abandono por parte de las autoridades hacia la comunidad para mejorar su calidad de vida y por ende proteger a las fuentes hídricas.

#### **3.6.5.1 Charla de conocimientos y resultados de la presente investigación**

La charla se ejecutó con el fin de dar a conocer conceptos principales, que orientaron a los participantes a comprender como se realiza una evaluación de la calidad de un recurso hídrico a través del índice ICA-NSF y el índice biológico BMWP/Col. Para ello fue necesario contar con

un parlante y un micrófono para poder dialogar de manera clara. En el río Wuapula se encontraron residuos sólidos como bolsas, juguetes, y plásticos, por ende, se dialogó sobre la importancia de gestionar los residuos sólidos generados en el hogar.

Finalmente se dialogó para que actividades se puede utilizar el agua del río Wuapula, para uso agrícola, para actividades pecuarias, para fines recreativos como la natación, recalando que es agua no apta para consumo humano por la presencia de coliformes fecales, también se dio a conocer que el punto 2 y 3 estaban siendo afectadas por la comunidad en donde la moradores de la zona se comprometieron a cumplir las actividades propuestas de mejora implementadas en la investigación para cuidar esta fuente hídrica.

#### 3.6.5.2 *Participación ciudadana*

Después de compartir los resultados obtenidos en la presente investigación, se realizó un diálogo entre los participantes acerca de los resultados de calidad de agua obtenidos del río Wuapula, para poder identificar los posibles focos de contaminación considerados por parte de los moradores de la comunidad de Santa Rosas y elaborar estrategias de prevención, mitigación y control de los impactos generados en el cauce del río Wuapula conjuntamente con la comunidad.

## CAPÍTULO IV

### 4 MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se muestra los resultados obtenidos en el área de estudio tanto la fase de campo y laboratorio, los mismos que fueron realizados de acuerdo a los objetivos planteados.

#### 4.1 Resultados del índice de calidad del agua (ICA-NSF)

Los análisis de los 9 parámetros del ICA-NSF se realizaron en los meses de abril, mayo y junio del año 2022 con el fin de determinar la calidad del agua en los 3 puntos de estudio seleccionados. En total se analizaron 3 muestras por cada punto de estudio, en donde se obtuvieron los valores de los 9 parámetros por cada mes de estudio, estos valores fueron interpretados mediante el programa IQA DATA para determinar la calidad del agua del río Wuapula para cada punto de estudio.

**Tabla 1-4:** Análisis fisicoquímicos y microbiológicos del punto Wuapula 1

Punto Wuapula 1					
No	Parámetros	Unidad	Abril 2022	Mayo 2022	Junio 2022
1	Temperatura	°C	19,6	19,5	19,7
2	pH	-	6,95	7,15	6,92
3	Oxígeno Disuelto	mg/l	9,58	8,87	9,64
4	Nitratos	mg/l	3	0	0
5	Fosfatos	mg/l	0,1	0,25	0,45
6	Turbidez	NTU	0,88	14,7	13,1
7	Sólidos Totales	mg/l	92	600	400
8	DBO5	mg/l	3	1	1
9	Coliformes Fecales	NMP/100 ml	200	100	100
<b>Valor ICA-NSF</b>			<b>72,43</b>	<b>70,25</b>	<b>70,49</b>

Realizado por: Bermeo, Jhander, 2022.

En la tabla 1-4 se obtiene los valores de los 9 parámetros para el punto 1 de estudio, en el mes de abril se obtuvo un valor del ICA-NSF de 72,43, para el mes de mayo se obtuvo un valor del ICA-NSF de 70,25 y para el mes de junio se obtiene un valor del ICA-NSF de 70,49. Los parámetros que más influenciaron en la calidad del agua del punto Wuapula 1 en los 3 meses de monitoreo son los *coliformes fecales* (50%), *nitratos*, *fosfatos* (25-50%) y *solidos totales* (10-24%).

Según menciona (Carrillo y Urgilés, 2016, p.49) las bacterias coliformes fecales más comunes son las *Escherichia Coli*, tienen la capacidad de crecer a temperaturas elevadas y permiten detectar la existencia de heces en el agua de los animales y seres humanos, provenientes generalmente de vertidos de aguas residuales sin tratamiento, en conjunto con aguas residuales provenientes de la

ganadería y agricultura (Alvarez et al., 2006: p.77). En el punto 1 del río Wuapula en el mes de abril, mayo y junio se obtuvo un valor de 200, 100, 100 NMP/100 ml de coliformes fecales respectivamente, siendo un indicador de que existe contaminación con material orgánico de origen fecal, es decir, por bacterias o virus de carácter patógeno perjudiciales para los ecosistemas acuáticos y para la salud de los seres humanos (Gutiérrez, 2019, p.49).

Cuando existen actividades antrópicas las aguas superficiales pueden tener hasta 5 mg  $\text{NO}_3$  /L, pero normalmente son menores a 1 mg  $\text{NO}_3$ /L, en el punto 1 del río Wuapula en los meses de abril, mayo y junio se obtuvo 3 mg/L, 0 mg/L, 0 mg/L de nitratos respectivamente, en el mes de abril se evidencia la presencia de contaminación por nitratos, pero en los meses siguientes no se evidencia valores de nitratos, debido a que estos compuestos son la forma más oxidada del nitrógeno que se pueden encontrar en las fuentes hídricas, formadas por la descomposición de sustancias orgánicas nitrogenadas, (Sierra, 2011, p.72), provenientes generalmente de la ganadería, aguas residuales, detergentes, desechos de animales y a el aumento del uso de fertilizantes en la agricultura, generando un aumento de la concentración de nitratos en las aguas superficiales, por la gran solubilidad de este compuesto, llegando a través de las escorrentías a las fuentes hídricas afectando a su calidad (Alvarez et al., 2006: p.79), (Martínez, 2005, p.9) (Bolaños-Alfaro et al., 2017: p. 17). Cuando existe un exceso de nitrógeno en las fuentes hídricas, se desarrolla un proceso de eutrofización provocando un alto crecimiento de algas y plantas acuáticas, que consumen el oxígeno disuelto presente en el agua afectando a la biodiversidad acuática como los macroinvertebrados (Chacón, 2017, p. 22).

Según (Park y Lee, 2002: pp. 66-67) citado en (Alvarez et al. 2006: pp.78-79) reportaron que la  $\text{DBO}_5$ , es un indicador del contenido de la materia orgánica, la cual incluye sólidos que provienen del reino animal o vegetal, o de actividades humanas relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos. La  $\text{DBO}_5$  indica la cantidad de oxígeno necesaria para destruir, estabilizar o degradar la materia orgánica presente en una muestra de agua por la acción bacteriológica (Sierra, 2011, p.74), cuando no existe grandes cantidades de materia orgánica la  $\text{DBO}_5$  será menor y el oxígeno disuelto será mayor, según (Alvarez et al., 2006: p.79) la calidad de agua es mejor cuando la DBO es baja. En el punto Wuapula 1 en el mes de abril, mayo y julio se obtuvo un valor de 3 mg/l, 1 mg/l, 1 mg/l de  $\text{DBO}_5$  respectivamente, en donde podemos observar que no existe grandes cantidades de materia orgánica por los valores bajos de  $\text{DBO}_5$  obtenidos en los tres meses de estudio en el punto Wuapula 1.

Los fosfatos son compuestos esenciales en toda forma de vida acuática y es un limitante del crecimiento de plantas, su presencia en exceso genera la eutrofización en las fuentes hídricas, causando la acumulación de sólidos y reduciendo la cantidad de oxígeno para la biodiversidad acuática (Carrillo y Urgilés, 2016: p.48) (Gutiérrez, 2019, p. 11). En el punto Wuapula 1 en el mes de abril, mayo y julio se obtuvo un valor de 0,10 mg/L, 0,25 mg/L, 0,45 mg/L de fosfatos respectivamente,

este parámetro nos indica que existe una leve contaminación en el punto 1 por residuos de detergentes o fertilizantes que son productos ricos en fosfatos (Sierra ,2011, p. 423), derivadas de las actividades antropogénicas que se realizan en las cercanías del río, como la agricultura, la ganadería y descarga de aguas residuales (Aldana y Zacarias, 2014: p. 32).

Según (Argandoña y Macías 2013, p. 34) citado en (Gil-Marín y González, 2020: p. 163) los sólidos disueltos totales son aquellos de naturaleza inorgánica (arenas, arcillas, etc.) originados por el arrastre de sedimentos y pequeñas cantidades de materia orgánica que están disueltas en el agua, provenientes de fuentes naturales, aguas residuales, escorrentía urbana y por la erosión de las orillas del río (Gutiérrez, 2019, p. 49).

En el punto Wuapula 1 en el mes de abril, mayo y julio se obtuvo un valor de 92 mg/L, 600 mg/L, 400 mg/L de sólidos totales respectivamente, las altas concentración de sólidos disueltos totales en el punto 1 en los meses de mayo y junio se debe a las alteraciones de origen natural o antrópico (actividades humanas), como las relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos (productos químicos de uso agrícola), por el arrastre de sedimentos, la escorrentía y por la ganadería que ser realizan cerca del cauce natural del río (Park y Lee, 2002) citado en (Coello et al., 2015: p. 69).

**Tabla 2-4:** Análisis fisicoquímicos y microbiológicos del punto Wuapula 2

Punto Wuapula 2					
No	Parámetros	Unidad	Abril 2022	Mayo 2022	Junio 2022
1	Temperatura	°C	20,4	20,2	19,9
2	pH	-	7,09	6,50	7,04
3	Oxígeno Disuelto	mg/l	9,40	9,07	9,67
4	Nitratos	mg/l	2,7	1	1
5	Fosfatos	mg/l	0,11	0,42	2,34
6	Turbidez	NTU	1,22	14,9	12,8
7	Sólidos Totales	mg/l	140	600	200
8	DBO5	mg/l	4,1	2	2
9	Coliformes Fecales	NMP/100 ml	200	200	250
<b>Valor ICA-NSF</b>			<b>71,37</b>	<b>61,37</b>	<b>56,87</b>

Realizado por: Bermeo, Jhander, 2022.

Se detallan los valores obtenidos de los 9 parámetros y del ICA-NSF en la tabla 2-4. En el mes de abril del 2022 obtuvo un valor del ICA-NSF de 71,37, para el mes de mayo se obtuvo un valor del ICA-NSF de 61,37 y para el mes de junio se obtiene un valor del ICA-NSF de 56,87. Los parámetros que más influenciaron en la calidad del agua del punto Wuapula 2 en los 3 meses de monitoreo son los *coliformes fecales* (50%), *nitratos*, *fosfatos*, *DBO5*(25-50%) y *sólidos totales* (10-24%).

En el punto Wuapula 2 en los meses de abril, mayo y junio los valores de coliformes fecales son de 200, 200, 250 NMP/100 ml respectivamente, además tenemos valores de nitratos de 2,7 mg/L, 1 mg/L, 1 mg/L y de  $DBO_5$  4,1 mg/L, 2 mg/L, 2 mg/L para cada mes. Se determina que debido a estos tres parámetros en el punto 2 de estudio existe contaminación por materia orgánica proveniente de actividades antropogénicas como la ganadería, descargas de aguas residuales, descargas de aguas pecuarias, mal manejo de desechos sólidos de la comunidad de Santa Rosa y por la falta de mantenimiento de las cunetas de la vía E-45 Macas-Puyo (Alvarez et al., 2006: pp. 78-79).

En el punto Wuapula 2 en los meses de abril, mayo y junio se obtiene valores 0,11 mg/L, 0,42 mg/L, 2,34 mg/L de fosfatos respectivamente, en donde se evidencia un incremento del valor de fosfatos desde mayo hasta el mes de junio, según (Sierra, 2011, p.423) cuando se evidencia altos niveles de fosfatos en las aguas superficiales nos indica que existe contaminación por residuos de detergentes y fertilizantes utilizados en cultivos cercanos al cauce del río, en conjunto con las descargas de aguas residuales sin tratamiento.

**Tabla 3-4:** Análisis fisicoquímicos y microbiológicos del Punto Wuapula 3

Punto Wuapula 3					
No	Parámetros	Unidad	Abril 2022	Mayo 2022	Junio 2022
1	Temperatura	°C	21,4	20,6	20,3
2	pH	-	6,40	6,50	6,92
3	Oxígeno Disuelto	mg/l	9,18	9,10	9,40
4	Nitratos	mg/l	2,2	1	0
5	Fosfatos	mg/l	0,09	0,10	0,89
6	Turbidez	NTU	0,71	19,30	16,1
7	Sólidos Totales	mg/l	80	800	600
8	$DBO_5$	mg/l	2,8	1	1
9	Coliformes Fecales	NMP/100 ml	100	100	150
<b>Valor ICA-NSF</b>			<b>71,74</b>	<b>68,83</b>	<b>60,98</b>

Realizado por: Bermeo, Jhander, 2022.

A continuación, se detallan los valores obtenidos de los 9 parámetros y del ICA-NSF en la tabla 3-4. En el mes de abril del 2022 obtuvo un valor del ICA-NSF de 71,74, para el mes de mayo se obtuvo un valor del ICA-NSF de 68,83 y para el mes de junio se obtiene un valor del ICA-NSF de 60,98. Los parámetros que más influenciaron en la calidad del agua del punto Wuapula 3 en los 3 meses de monitoreo son los *coliformes fecales* (25-50%), *nitratos*, *pH*, *DBO5* y *solidos totales* (10-24%).

En el punto Wuapula 3 en los meses de abril, mayo y junio los valores de coliformes fecales son de 100, 100, 150 NMP/100 ml respectivamente, además tenemos valores de nitratos de 2,2 mg/L, 1 mg/L, 0 mg/L y de  $DBO_5$  2,8 mg/L, 2 mg/L, 2 mg/L para cada mes, estos parámetros nos ayudan

a identificar que existe en este punto contaminación por materia orgánica, provenientes por actividades antropogénicas y naturales. En cuanto al pH se obtuvo que los valores aumentaron considerablemente desde el mes de abril a junio, para abril tuvimos un Ph de 6,40, para mayo 6,50 y para junio de 6,92, el pH en el punto 3 del río Wuapula indican que son aguas neutras a ligeramente acidas (Aldana y Zacarias, 2014: p. 31).

En el punto Wuapula 3 en los meses de abril, mayo y junio se obtiene valores 0,09 mg/L, 0,10 mg/L, 0,89 mg/L de fosfatos respectivamente, en donde se evidencia un incremento del valor de fosfatos desde mayo hasta el mes de junio, determinando que existe contaminación por actividades antropogénicas como los residuos de detergentes, fertilizantes y descarga de aguas residuales (Cuaspud y Paredes 2017: p. 39).

**Tabla 4-4:** Resumen de la clasificación ICA-NSF de las estaciones de estudio

Mes de estudio	Puntos de estudio	Valor ICA-NSF	Categoría	Color
<b>Abril</b>	Punto Wuapula 1	72,43	Buena	
	Punto Wuapula 2	71,37	Buena	
	Punto Wuapula 3	71,74	Buena	
<b>Mayo</b>	Punto Wuapula 1	70,25	Regular	
	Punto Wuapula 2	61,37	Regular	
	Punto Wuapula 3	68,83	Regular	
<b>Junio</b>	Punto Wuapula 1	70,49	Regular	
	Punto Wuapula 2	56,87	Regular	
	Punto Wuapula 3	60,98	Regular	

Realizado por: Bermeo, Jhander, 2022.

**Tabla 5-4:** Análisis comparativos de indicadores de calidad de agua superficial

<b>Excelente</b> <b>91-100</b>	<b>Buena</b> <b>71-90</b>	<b>Regular</b> <b>51-70</b>	<b>Mala</b> <b>26-50</b>	<b>Muy mala</b> <b>0-25</b>
-----------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	--------------------------------

Fuente: (Jiménez y Vélez , 2006: p. 63)

Realizado por: Bermeo, Jhander, 2022.

En la tabla 4-5 se obtiene el resumen de los valores obtenidos del ICA-NSF durante los meses de abril, mayo y junio de acuerdo al rango de calidad de agua superficial según la tabla 5-4 en el mes de abril en los 3 puntos de estudio se obtiene una calidad de “Buena”, en el mes de mayo y junio en los 3 puntos de estudio tienen una calidad de “Regular”.

**Tabla 6-4:** Promedios de análisis fisicoquímicos y microbiológicos del río Wuapula

<b>Promedios de resultados</b>					
<b>No</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Punto 1</b>	<b>Punto 2</b>	<b>Punto 3</b>
1	Temperatura	°C	19,60	20,17	20,77
2	pH	-	7,01	6,88	6,61
3	Oxígeno Disuelto	mg/l	9,36	9,38	9,23
4	Nitratos	mg/l	1,00	1,57	1,07
5	Fosfatos	mg/l	0,27	0,96	0,36
6	Turbidez	NTU	9,56	9,64	12,04
7	Sólidos Totales	mg/l	364,00	313,33	493,33
8	DBO5	mg/l	1,67	2,70	1,60
9	Coliformes				
	Fecales	NMP/100 ml	133,33	216,67	116,67
	<b>Valor ICA-NSF</b>		<b>71,65</b>	<b>62,46</b>	<b>66,25</b>

Realizado por: Bermeo, Jhander, 2022.

Los valores promedios del ICA-NSF nos permiten determinar la calidad de agua en este punto de acuerdo a los rangos de clasificación perteneciente a calidad “Buena”, en el punto de estudio 2 de acuerdo al valor obtenido del ICA-NSF se determina una calidad de agua de “Regular”, lo cual indica principalmente que existe una mayor variación entre el punto 1 y punto 2 de estudio debido a actividades antropogénicas como la ganadería, el uso de plaguicidas y fertilizantes en la agricultura, descargas de aguas residuales sin tratamiento, un mal manejo de los residuos sólidos y la falta de mantenimiento de las cunetas de la vía E-45 Macas-Puyo, nos indican de que la afectación a la calidad del agua del río Wuapula ocurre en el tramo seleccionado de estudio, este problema se agrava cuando existen escorrentías superficiales que arrastran nutrientes, fertilizantes de uso agrícola y en especial sustratos y sedimentos suspendidos (Carrillo y Urgilés, 2016: p. 109). En el punto 3 se evidencia una mejora de la calidad de agua, pero sigue teniendo una calificación de “Regular” debido a que existe grandes extensiones de terreno dedicadas a la ganadería y agricultura, pero las fuentes hídricas tienen la capacidad de autodepurarse cuando la contaminación no es muy alta (León, 2014, p. 2).



**Tabla 7-4:** Límites máximos permisibles del Acuerdo Ministerial 097-A

Parámetros	Unidad	Criterio	Límite máximo permisible	Referencias
<b>Temperatura</b>	°C	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.	Condición natural +/- 3.	A.M. 097-A, Anexo 1, tabla 9.
<b>Oxígeno Disuelto</b>	mg /L	Preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y estuarios.	>80 No menor a 6 mg/l	A.M. 097-A, Anexo 1, tabla 2.
<b>DBO</b>	mg /L	Preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y estuarios.	20	A.M. 097-A, Anexo 1, tabla 2.
		Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.	100	A.M. 097-A, Anexo 1, tabla 9.
<b>Sólidos Totales</b>	mg/L	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce	1600	A.M. 097-A, Anexo 1, tabla 9.
<b>Turbidez</b>	NTU	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce	Condición natural entre 0 y 50	A.M. 097-A, Anexo 1, tabla 2.
<b>Nitratos</b>	mg N-NO3/L	Preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y estuarios.	13	A.M. 097-A, Anexo 1, tabla 2.
<b>pH</b>	unidades de pH	Preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y estuarios.	6,5 – 9	A.M. 097-A, Anexo 1, tabla 2.
		Calidad de aguas para fines recreativos mediante contacto primario.	6,5 – 8,3	A.M. 097-A, Anexo 1, tabla 6.
<b>Coliformes fecales</b>	NMP/100mL	Calidad de aguas para fines recreativos mediante contacto primario.	200	A.M. 097-A, Anexo 1, tabla 6.
		Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce	2000	A.M. 097-A, Anexo 1, tabla 9.

Fuente: (MAE, 2015)

Elaborado por: Bermeo, Jhander, 2022.

**Tabla 8-4:** Comparación de los promedios de análisis fisicoquímicos y microbiológicos del río Wuapula con el Acuerdo Ministerial 097-A

Promedios de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de los 3 puntos de estudio del río Wuapula						
Parámetros	Unidad	PW1- Abril (2022)	PW2- Mayo (2022)	PW3- Junio (2022)	A.M. 097-A	Cumple / no cumple
Temperatura	°C	19,60	20,17	20,77	Condición natural +/- 3.	Cumple
pH	-	7,01	6,88	6,61	6,5 – 9 6,5 – 8,3	Cumple
Oxígeno Disuelto	mg/l	9,36	9,38	9,23	>80 No menor a 6 mg/l	Cumple
Nitratos	mg/l	1,00	1,57	1,07	13	Cumple
Fosfatos	mg/l	0,27	0,96	0,36	10	Cumple
Turbidez	NTU	9,56	9,64	12,04	Condición natural entre 0 y 50	Cumple
Sólidos Totales	mg/l	364,00	313,33	493,33	1600	Cumple
DBO5	mg/l	1,67	2,70	1,60	20 100 200	Cumple
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	133,33	216,67	116,67	2000	Cumple

*Nota.* PW1 = Punto Wuapula 1, PW2 = Punto Wuapula 2 y PW3 = Punto Wuapula 3




**Elaborado por:** Bermeo, Jhander, 2022.





En la tabla 7-4 se identifican los límites máximos permisibles de los parámetros de calidad del ICA-NSF de acuerdo a las tablas 2,6 y 9 del Acuerdo ministerial 097-A. Según la tabla 8- 4 se realiza la comparación entre los promedios de los resultados obtenidos para cada punto de estudio y los límites permisibles de la norma de calidad ambiental y descarga de efluentes al recurso agua del Acuerdo Ministerial 097-A, en donde podemos observar que los parámetro tomados en cuenta en la presente investigación cumplen con los límites máximos permisibles, permitiéndonos determinara el uso que se le puede dar al agua del río Wuapula, podría ser utilizado para agua de riego, para actividades pecuarias y recreativas de contacto primario como natación. La calidad de agua del río Wuapula obtenida en los 3 puntos de estudios nos indican que son aguas que permiten la preservación de la vida acuática y silvestre como por ejemplo los macroinvertebrados y peces.





#### 4.2 Resultados del índice biológico (Biological Monitoring Working Party/Colombia)



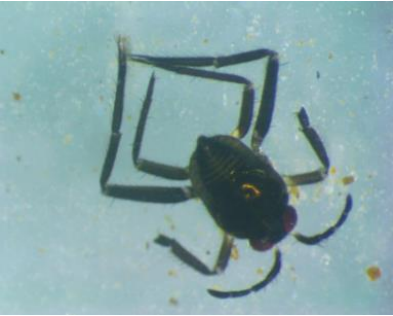
Mediante trabajo de campo y de laboratorio se ha identificado las familias de macroinvertebrados presentes en el tramo de estudio del río Wuapula en sus 3 puntos.



**Tabla 9-4:** Familias de macro invertebrados encontrados en los 3 puntos de estudio del río Wuapula.

N o	FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS	CARACTERÍSTICAS
1	<p><b>Orden:</b> Amphipoda <b>Familia:</b> Hyalellidae <b>Género:</b> Hyalella</p> <p><b>Tolerancia BMWP/Col = 7</b></p> 	<p>-Viven en aguas corrientosas y remansos de quebradas asociado a materia orgánica endescomposición, donde se forman densas poblaciones.</p> <p>- Miden entre 5.0 y 10.0 mm.</p> <p>-Coloración blanquesina o amarillenta. (Roldán, 2003, p. 88).</p> <p>-Son detritívoras y depredadoras de zooplancton y larvas de quironómidos, también pueden ser omnívoros (Hanson et al., 2010, p. 18).</p>
2	<p><b>Orden:</b> Hemiptera <b>Familia:</b> Naucoridae <b>Género:</b> Limnocoris</p> <p><b>Tolerancia BMWP/Col = 7</b></p> 	<p>-Viven en los sedimentos de ecosistemas lóticos, en las rocas, sustratos barrocos y troncos.</p> <p>- Miden de 5.0-10.0 mm.</p> <p>- Color amarillo y castaño.</p> <p>- Márgenes internos de los ojos divergen en su extremo anterior (Roldán, 2012, p. 92).</p> <p>- Patas medias y posteriores con flecos de pelos nadadores; carecen de ocelo.</p> <p>- Cuerpo dorsoventralmente más o menos aplanado y son depredadores (Álvarez, 2005).</p>
3	<p><b>Orden:</b> Odonata <b>Familia:</b> Coenagrionidae <b>Género:</b> Telebasis sp</p> <p><b>Tolerancia BMWP/Col = 7</b></p> 	<p>-Viven en agua lóticas moderadas, entre piedras y vegetación.</p> <p>-Miden entre 12.0 y 13.0 mm (Roldán,1996, p.43).</p> <p>-Las agallas son laminares o ligeramente triédricas; tienen dos bandas indistintas, transversales y arqueadas cerca de la parte media de cada agalla.</p> <p>- El primer segmento de la antena no es alargado (Álvarez, 2005).</p>

<p><b>4</b></p>	<p><b>Orden:</b> Coleoptera  <b>Familia:</b> Ptilodactylidae  <b>Género:</b> Psephenops</p> <p><b>Tolerancia BMWP/Col = 10</b></p> 	<p>-Viven en aguas lóaticas, sobre arena, cascajo y residuos vegetales.</p> <p>- Miden de 3 a 15 mm, son convexos, alargados y ovalados.</p> <p>-Las larvas son cilíndricas y alargadas.</p> <p>-Tienen color rojo ladrillo.</p> <p>-Antenas filiformes, presentan pubescencia sobre sus cuerpos(Álvarez, 2005).</p> <p>-Tienen de 8 a 10 segmentos, generalmente son herbívoros y detritívoros (Roldán, 1996).</p>
<p><b>5</b></p>	<p><b>Orden:</b> Ephemeroptera  <b>Familia:</b> Euthyplociidae  <b>Género:</b> Euthyplocia sp.</p> <p><b>Tolerancia BMWP/Col = 9</b></p> 	<p>-Viven en aguas de frías a cálidas, normalmente enterradas en el fondo de las corrientes de fondos arenosos o lodosos (Roldán, 2012, p. 71).</p> <p>- Miden entre 20.0 y 40.0 mm con mandíbulas con proyecciones como colmillos más largos que la cabeza.</p> <p>-Tienen numerosas setas largas; agallas muy ramificadas y desarrolladas con antenas muy largas(Álvarez , 2005).</p>
<p><b>6</b></p>	<p><b>Orden:</b> Hemiptera  <b>Familia:</b> Veliidae  <b>Género:</b> Rhagovelia</p> <p><b>Tolerancia BMWP/Col = 8</b></p> 	<p>-Son organismos que viven en la fase aérea sobre la película de agua, conocidos como chinches.</p> <p>-Prefieren aguas con mucha corriente, pero también en aguas quietas, son indicadores de aguas oligotróficas(Roldán ,2012, p. 82). -Miden de 4.5-5.2 mm; amplia gama de coloración.</p> <p>- Abanico de pelos en el tercer segmento de la segunda pata.</p> <p>- Se pueden encontrar en la orillas arenosas y barrosas, en la vegetación y en musgos que se encuentren en piedras y troncos(Domínguez y Fernández 2009, p. 161).</p>
<p><b>7</b></p>	<p><b>Orden:</b> Odonata  <b>Familia:</b> Gomphidae  <b>Género:</b> Phyllogomphoides</p> <p><b>Tolerancia BMWP/Col = 10</b></p> 	<p>-Viven en ecosistemas lénticos como lóaticos (ríos y quebradas).</p> <p>-Siempre se entierran entre el sustrato, prefiriendo fondos arenosos o lodosos (Walteros, 2018).</p> <p>-Son depredadores que miden entre 17.0-22.0 mm.</p> <p>-Protuberancia cerca de la base de la antena.</p> <p>- Último par de patas muy largas y su labio es aplanado y solo visible en vista ventral (Roldán, 1996, p. 42).</p>

8	<p><b>Orden:</b> Odonata  <b>Familia:</b> Libellulidae  <b>Género:</b> Brechmorhoga. Sp</p> <p><b>Tolerancia BMWP/Col = 6</b></p> 	<p>-Viven en remansos y aguas corrientes sobre fondos de arena y grava.</p> <p>-Miden entre 12.0 y 15.0 mm (Roldán, 2012, p. 102).</p> <p>-El prementón y los lóbulos palpaes del labio forman una estructura en forma de cuchara.</p> <p>-Se arrastran en la superficie del sustrato, ya sea encima de las rocas (incluso la superficie inferior), sedimentos, hojarasca o madera (Hanson et al., 2010, p. 6; Álvarez, 2005).</p>
9	<p><b>Orden:</b> Trichoptera  <b>Familia:</b> Hydropsychidae  <b>Género:</b> Leptonema</p> <p><b>Tolerancia BMWP/Col = 7</b></p> 	<p>-Habitan en ambientes lóticos, toleran aguas con un poco de contaminación; son muy abundantes donde construyen refugios fijos ubicados en los intersticios entre rocas.</p> <p>- Son omnívoros, colectores filtradores, se alimentan de pequeños animales y material vegetal que capturan en sus redes. (Walteros, 2018)</p> <p>- Las larvas miden de 15.0-17.0 mm; agallas abdominales y en los dos últimos segmentos torácicos, formadas por un tallo central.</p> <p>-Tienen casas en forma de red para capturar alimento(Roldán, 1996, p. 148).</p>
10	<p><b>Orden:</b> Odonata  <b>Familia:</b> Libellulidae  <b>Género:</b> Erythemis sp</p> <p><b>Tolerancia BMWP/Col = 6</b></p> 	<p>-Viven en aguas quietas y fondos lodosos, soportan condiciones extremas de altas temperaturas y aguas eutrofizadas.</p> <p>-Miden entre 15.0 y 17.0 mm.</p> <p>-Los segmentos abdominales carecen de ganchos dorsales; paraproctos muy curvados en sus extremos (Roldán, 2012, p. 101).</p> <p>- El aparato bucal está modificado en un labium o labio retráctil con forma de máscara y equipado con grandes colmillos(Andino et al. 2017, p. 39).</p> <p>-Son depredadores.</p>
11	<p><b>Orden:</b> Glossiphoniiformes  <b>Clase:</b> Hirudinia  <b>Familia:</b> Glossiphoniidae  <b>Género:</b> Dacnobjella</p> <p><b>Tolerancia BMWP/Col = 3</b></p> 	<p>-Las sanguijuelas (Hirudinea) son depredadores y se alimentan de pequeños gusanos, gasterópodos, crustáceos, larvas, renacuajos, y alevines.</p> <p>- Tienen tamaños que varían desde 5 mm a 45 cm de longitud (Roldán, 1996, p. 18).</p> <p>-Toleran bajas concentraciones de oxígeno, se encuentran donde hay abundante materia orgánica en descomposición.</p> <p>- Se consideran, por lo tanto, indicadores de aguas eutrofizadas por efectos de contaminación orgánica (Andino et al. 2017, p. 10).</p>

<p>1 2</p>	<p><b>Orden:</b> Megaloptera  <b>Familia:</b> Corydalidae  <b>Orden:</b> Corydalus sp  <b>Tolerancia BMWP/Col = 6</b></p> 	<p>-Viven en aguas corrientes debajo de restos de vegetación, troncos, piedras y entre raíces de vegetación sumergida.  - Miden entre 10.0 y 80.0 mm.  -Son larvas muy grandes y llamativas.  -Las mandíbulas son muy prominentes; tienen un par de propatas anales.  Tienen las agallas abdominales muy desarrolladas (Roldán, 2012, p. 105).  -Estos insectos son depredadores muy agresivos y pueden morder, pero rara vez su mordida es dolorosa para los seres humanos (Walteros, 2018)</p>
<p>1 3</p>	<p><b>Orden:</b> Odonata  <b>Familia:</b> Calopterygidae  <b>Orden:</b> Hetaerina  <b>Tolerancia BMWP/Col = 7</b></p> 	<p>-Viven en aguas lóxicas, en las orillas de los ríos sobre troncos en descomposición.  -Son indicadores de aguas oligomesotróficas (Roldán, 1996, p. 43).  -Tienen ninfas con un primer segmento antenal extremadamente alargado.  -El labio tiene una incisión media muy profunda en el prementon.  -La coloración puede variar entre verde y marrón claro a oscuro, miden entre 18.0 y 23.0 mm y son depredadores (Walteros, 2018)</p>
<p>1 4</p>	<p><b>Orden:</b> Hemiptera  <b>Familia:</b> Gerridae  <b>Género:</b> Trepobates  <b>Tolerancia BMWP/Col = 8</b></p> 	<p>-Son cosmopolitas, pues habitan ecosistemas lénticos y lóxicos dulceacuícolas, aunque también se les conoce en ambientes salobres y marinos (Walteros, 2018).  -Miden entre 3.4-4.0 mm; color amarillo y negro.  -Tarso primera pata con el primer segmento muy reducido; fémur pata media mucho más corto que la tibia (Roldán, 1996, p. 87).  -Habitan en la fase aérea sobre la película de agua.  -Son depredadores de microcrustáceos y pequeños insectos (Hanson et al., 2010, p. 5).</p>
<p>1 5</p>	<p><b>Orden:</b> Diptera  <b>Familia:</b> Tipulidae  <b>Género:</b> Hexatoma (Eriocera) sp</p>	<p>-Viven en aguas lóxicas sobre fondos arenosos y materia orgánica en descomposición, entre las hojas o troncos podridos (Flores, 2014, p. 32).  - Son comunes en aguas con media o mucha cantidad de desechos orgánicos.  -Miden entre 12.0 y 15.0 mm; el disco espiracular se encuentra sobre una superficie muy abultada.  -Los lóbulos laterales son alargados y están traspasados por cerdas endurecidas (Roldán, 2012, p. 118).</p>

	<p><b>Tolerancia BMWP/Col = 3</b></p> 	<p>-La característica más importante de las larvas de los dípteros es la ausencia de patas torácica.(Roldán, 1996, p. 171)</p>
<b>16</b>	<p><b>Orden:</b> Trichoptera <b>Familia:</b> Philopotamidae <b>Género:</b> Chimarra <b>Tolerancia BMWP/Col = 9</b></p> 	<p>- Las larvas habitan en ambientes lóticos, con cauce rocoso y cubierto de musgo y/o hojarasca (Walteros, 2018). -Miden entre 9.0 y 10.0 mm; poseen una depresión asimétrica en el margen anterior del clípeo. -La coxa anterior presenta un proceso subapical largo y delgado. -Fabrican redes tubulares como de seda sobre rocas y piedras para barrer el alimento retenido en las redes(Roldán, 2012, p. 73 ). -Se caracterizan por su labro membranoso, ensanchado en el extremo con forma de T (Domínguez y Fernández ,2009, p. 280).</p>

**Tabla 10-4:** Resultados del índice biológico en el punto Wuapula 1

Punto Wuapula 1								
No	Orden	Familia	Abril 2022	Mayo 2022	Junio 2022	Número total de individuos	Porcentaje (%)	Tolerancia
1	<i>Coleoptera</i>	<i>Ptilodactylidae</i>	10	8	12	30	19,87	10
2	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Euthyplociidae</i>	5	8	6	19	12,58	9
3	<i>Hemiptera</i>	<i>Veliidae</i>	5	0	4	9	5,96	8
4		<i>Gerridae</i>	3	2	0	5	3,31	8
5		<i>Naucoridae</i>	8	4	4	16	10,60	7
6	<i>Odonata</i>	<i>Gomphidae</i>	3	0	2	5	3,31	10
7		<i>Coenagrionidae</i>	3	5	2	10	6,62	7
8		<i>Calopterygidae</i>	0	2	2	4	2,65	7
9		<i>Libellulidae</i>	4	3	0	7	4,64	6
10	<i>Trichoptera</i>	<i>Philopotamidae</i>	0	3	3	6	3,97	9
11		<i>Hydropsychidae</i>	4	3	3	10	6,62	7
12	<i>Glossiphoniiformes</i>	<i>Glossiphoniidae</i>	2	0	0	2	1,32	3
13	<i>Megaloptera</i>	<i>Corydalidae</i>	3	4	4	11	7,28	6
14	<i>Diptera</i>	<i>Tipulidae</i>	0	2	3	5	3,31	3
15	<i>Amphipoda</i>	<i>Hyaellidae</i>	6	4	2	12	7,95	7
<b>Valor del índice BMWP/Col</b>			<b>88</b>	<b>86</b>	<b>82</b>	151	100	

Realizado por: Bermeo, Jhander, 2022.

**Tabla 11-4:** Índice de calidad Biological Monitoring Working Party/Colombia

Clase I Buena >150	Clase II Aceptable 61-100	Clase III Dudosa 36-60	Clase IV Crítica 16-35	Clase V Muy crítica <15
--------------------------	---------------------------------	------------------------------	------------------------------	-------------------------------

Fuente: (Roldán, 2003, p.32)

Realizado por: Bermeo, Jhander, 2022.

En la tabla 10-4 se detallan los valores obtenidos del índice BMWP/Col en el punto Wuapula 1, la calidad para el mes de abril, mayo y junio obtienen un valor BMWP/Col de 88, 86, 82 respectivamente, según la tabla 11-4 la calidad de agua del río Wuapula en base al valor BMWP/Col le corresponde una calidad de clase II denominada como “aceptable”, por qué se encuentra en el rango de 61-100 puntos. La mayor diferencia que se pudo evidenciar entre los puntos de estudios es las familias presentes y el número de individuos encontrados.

En punto de estudio 1 se encontraron 151 individuos, repartidos en 9 órdenes y 15 familias de macroinvertebrados, de las cuales 4 familias pertenecen a aguas muy limpias por tener una sensibilidad a perturbaciones en su hábitat de 10-9 (*Ptilodactylidae*, *Euthyplociidae*, *Gomphidae*, *Philopotamidae*), 7 de ellas corresponden aguas limpias con presencia de pocos contaminantes de acuerdo a la sensibilidad a las perturbaciones en su hábitat de 7-8 (*Veliidae*, *Gerridae*, *Naucoridae*, *Coenagrionidae*, *Calopterygidae*, *Hydropsychidae*, *Hyaellidae*), 2 de ellas pertenecen a aguas moderadamente contaminadas por tener un rango de sensibilidad de 6-5 (*Libellulidae*, *Corydalidae*) y 2 de ellas a aguas contaminadas con un rango de sensibilidad 3-4 (*Glossiphoniidae*, *Tipulidae*). Debido a su versatilidad, el índice biológico BMWP/Col es útil para la gestión de la calidad del agua, ya que permite una evaluación rápida y precisa ponderada por la sensibilidad al rango de tolerancia a perturbaciones en el hábitat de los macroinvertebrados en los ecosistemas acuáticos, de acuerdo a las diferentes familias encontradas el agua está ligeramente contaminada por la abundancia de organismos muy sensibles a los contaminantes, a bajos niveles de oxígeno disuelto y a altas concentraciones de nutrientes (Mosquera et al., 2008: p. 136). Según (Ariza, 2016, p.15) las fuentes hídricas están ligeramente contaminadas debido a las múltiples actividades antropogénicas y naturales que se realizan cerca de la fuente hídrica como descarga de aguas residuales, la ganadería intensiva, la agricultura (el uso de plaguicidas y herbicidas), la deforestación y procesos de erosión que producen el aumento de sedimentos en el agua.



**Tabla 12-4:** Resultados del índice biológico en el punto Wuapula 2

Punto Wuapula 2								
No	Orden	Familia	Abril 2022	Mayo 2022	Junio 2022	Número total de individuos	Porcentaje (%)	Tolerancia
1	<i>Coleoptera</i>	<i>Ptilodactylidae</i>	25	12	8	45	25,57	10
2	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Euthyplociidae</i>	5	7	9	21	11,93	9
3	<i>Hemiptera</i>	<i>Veliidae</i>	3	3	4	10	5,68	8
4		<i>Gerridae</i>	3	0	0	3	1,70	8
5		<i>Naucoridae</i>	7	2	3	12	6,82	7
6	<i>Odonata</i>	<i>Gomphidae</i>	0	0	2	2	1,14	10
7		<i>Coenagrionidae</i>	5	4	2	11	6,25	7
8		<i>Calopterygidae</i>	0	0	2	2	1,14	7
9		<i>Libellulidae</i>	0	3	4	7	3,98	6
10	<i>Trichoptera</i>	<i>Philopotamidae</i>	8	4	0	12	6,82	9
11		<i>Hydropsychidae</i>	3	5	2	10	5,68	7
12	<i>Glossiphoniiformes</i>	<i>Glossiphoniidae</i>	4	3	6	13	7,39	3
13	<i>Megaloptera</i>	<i>Corydalidae</i>	5	0	3	8	4,55	6
14	<i>Diptera</i>	<i>Tipulidae</i>	4	3	5	12	6,82	3
15	<i>Amphipoda</i>	<i>Hyalellidae</i>	3	5	0	8	4,55	7
<b>Valor del índice BMWP/Col</b>			<b>84</b>	<b>76</b>	<b>83</b>	176	100	

Realizado por: Bermeo, Jhander, 2022

En la tabla 12-4 se detallan los valores obtenidos del índice BMWP/Col en el punto Wuapula 2, la calidad para el mes de abril, mayo y junio obtienen un valor BMWP/Col de acuerdo al total de puntos obtenidos de 84, 76, 83 respectivamente, según la tabla 11-4 la calidad de agua del río Wuapula en base al valor BMWP/Col le corresponde una calidad de clase II denominada como “aceptable” por qué se encuentra en el rango de 61-100 puntos

En el punto de estudio 2 en los tres monitoreos se encontraron 176 macroinvertebrados, en donde las familias más representativas son: *Ptilodactylidae*, *Euthyplociidae*, con un porcentaje de abundancia de 25,57 y 11,93 %, estas 2 familias de macroinvertebrados según su sensibilidad a los contaminantes son bioindicadores de aguas limpias. Pero existen familias que también se encontraron que son indicadores de aguas moderadamente contaminadas como: *Libellulidae*, *Corydalidae* y 2 familias indicadoras de aguas contaminadas (*Glossiphoniidae*, *Tipulidae*). En este punto se recolectaron mayor cantidad de individuos y variedad obteniendo un resultado de calidad de agua según el índice biológico de aceptable, es decir aguas ligeramente contaminadas especialmente por las actividades antropogénicas que se realizan en la zona de estudio.

**Tabla 13-4:** Resultados del índice biológico en el punto Wuapula 3

Punto Wuapula 3								
No	Orden	Familia	Abril 2022	Mayo 2022	Junio 2022	Número total de individuos	Porcentaje (%)	Tolerancia
1	<i>Coleoptera</i>	<i>Ptilodactylidae</i>	8	4	8	20	16,95	10
2	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Euthyplociidae</i>	9	4	6	19	16,10	9
3	<i>Hemiptera</i>	<i>Veliidae</i>	5	0	4	9	7,63	8
4		<i>Gerridae</i>	0	2	2	4	3,39	8
5		<i>Naucoridae</i>	0	2	3	5	4,24	7
6	<i>Odonata</i>	<i>Gomphidae</i>	0	2	0	2	1,69	10
7		<i>Coenagrionidae</i>	2	0	2	4	3,39	7
8		<i>Calopterygidae</i>	2	4	0	6	5,08	7
9		<i>Libellulidae</i>	4	0	4	8	6,78	6
10		<i>Trichoptera</i>	<i>Philopotamidae</i>	2	0	0	2	1,69
11		<i>Hydropsychidae</i>	3	5	5	13	11,02	7
12	<i>Glossiphoniiformes</i>	<i>Glossiphoniidae</i>	0	2	4	6	5,08	3
13	<i>Megaloptera</i>	<i>Corydalidae</i>	2	0	3	5	4,24	6
14	<i>Diptera</i>	<i>Tipulidae</i>	0	3	0	3	2,54	3
15	<i>Amphipoda</i>	<i>Hyaellidae</i>	0	8	4	12	10,17	7
<b>Valor del índice BMWP/Col</b>			<b>69</b>	<b>71</b>	<b>78</b>	118	100	

Realizado por: Bermeo, Jhander, 2022

En el punto Wuapula 3 se obtienen los valores del índice BMWP/Col para cada mes detallados en la tabla 13-4, la calidad para el mes de abril, mayo y junio obtienen un valor BMWP/Col de acuerdo al total de puntos obtenidos de 69, 71, 78 respectivamente, según la tabla 11-4 la calidad de agua del río Wuapula en base al valor BMWP/Col le corresponde una calidad de clase II denominada como “aceptable” por qué se encuentra en el rango de 61-100 puntos.

En el punto de estudio 3 en los tres monitoreos se encontraron 118 macroinvertebrados, en donde las familias más representativas son: *Ptilodactylidae*, *Euthyplociidae*, con un porcentaje de abundancia de 16,95 y 16,10 %, estas 2 familias de macroinvertebrados según su sensibilidad a los contaminantes son bioindicadores de aguas limpias. Pero existen familias que también se encontraron que son indicadores de aguas moderadamente contaminadas como: *Libellulidae*, *Corydalidae* y 2 familias indicadoras de aguas contaminadas (*Glossiphoniidae*, *Tipulidae*). En este punto se evidencia una disminución de calidad el agua, pero según los rangos de calidad del agua del índice biológico nos mantenemos en una calidad de agua aceptable, es decir aguas ligeramente contaminadas especialmente por las actividades antropogénicas que se realizan en la zona de estudio.

**Tabla 14-4:** Resultados del índice biológico en el mes de abril, mayo y junio

Mes de monitoreo	Puntos de estudio	Valor BMWP/Col	Clase	Categoría	Significado
<b>Abril</b>	Punto Wuapula 1	88	II	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas
	Punto Wuapula 2	84	II	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas
	Punto Wuapula 3	69	II	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas
<b>Mayo</b>	Punto Wuapula 1	86	II	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas
	Punto Wuapula 2	76	II	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas
	Punto Wuapula 3	71	II	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas
<b>Junio</b>	Punto Wuapula 1	82	II	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas
	Punto Wuapula 2	83	II	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas
	Punto Wuapula 3	78	II	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas

**Realizado por:** Bermeo, Jhander, 2022

En la tabla 14-4 se tiene en resumen detallado de los valores obtenidos BMWP/Col de la calidad del agua para los 3 puntos de estudio. Para el punto Wuapula 1 en los meses de abril, mayo y junio del año 2022 se obtiene una calidad de aceptable, los valores obtenidos son 88,84,82 para cada mes de monitoreo, permitiéndonos conocer que el agua en el punto 1 del tramo de estudio seleccionado está ligeramente contaminado.

En el punto Wuapula 2 según los valores obtenidos de la tolerancia de las familias identificadas para cada mes de monitoreo tenemos una calidad de agua aceptable. Para el punto Wuapula 3 de acuerdo a los valores obtenidos detallados en la tabla 14-4 se determina que son aguas aceptables o aguas ligeramente contaminadas por las múltiples actividades antropogénicas y naturales.

**Tabla 15-4:** Promedios del índice biológico BMWP/Col

<b>Punto de muestreo</b>	<b>BMWP/Col</b>
<b>Punto Wuapula 1</b>	85,33
<b>Punto Wuapula 2</b>	81,00
<b>Punto Wuapula 3</b>	72,67

Realizado por: Bermeo, Jhander, 2022

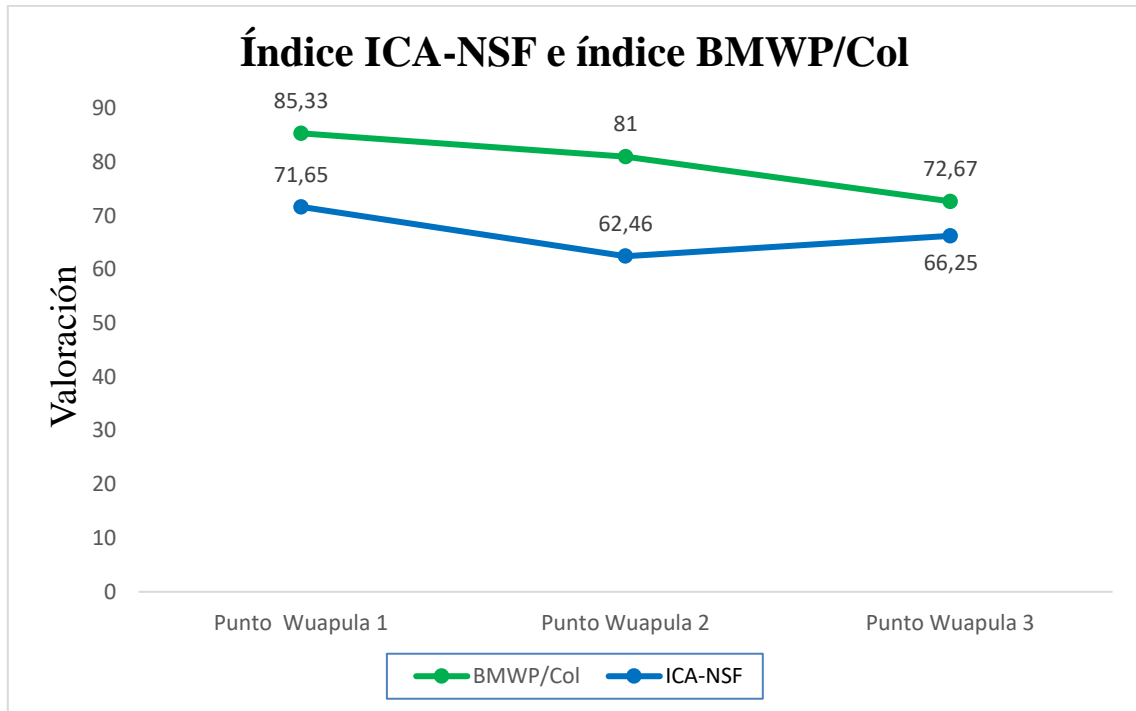
En la tabla 15-4 se detalla los valores promedios obtenidos para cada punto de estudio del índice biológico. En el punto Wuapula 1 se obtuvo un valor BMWP/Col de 85,33, mientras que en el punto Wuapula 2 y 3 se obtuvo un valor de 81 y 72,67 respectivamente, en donde en los 3 puntos de estudio se encuentran en rangos de calidad de agua de 61-100 obteniendo una calidad de agua de clase II (aceptable), en donde en todos los puntos existe una leve contaminación en el río Wuapula provenientes de actividades antropogénicas y naturales.

#### 4.3 Comparación del índice BMWP/Col con el ICA-NSF

**Tabla 16-4:** Comparación de valores de calidad entre índice BMWP/Col e ICA-NSF.

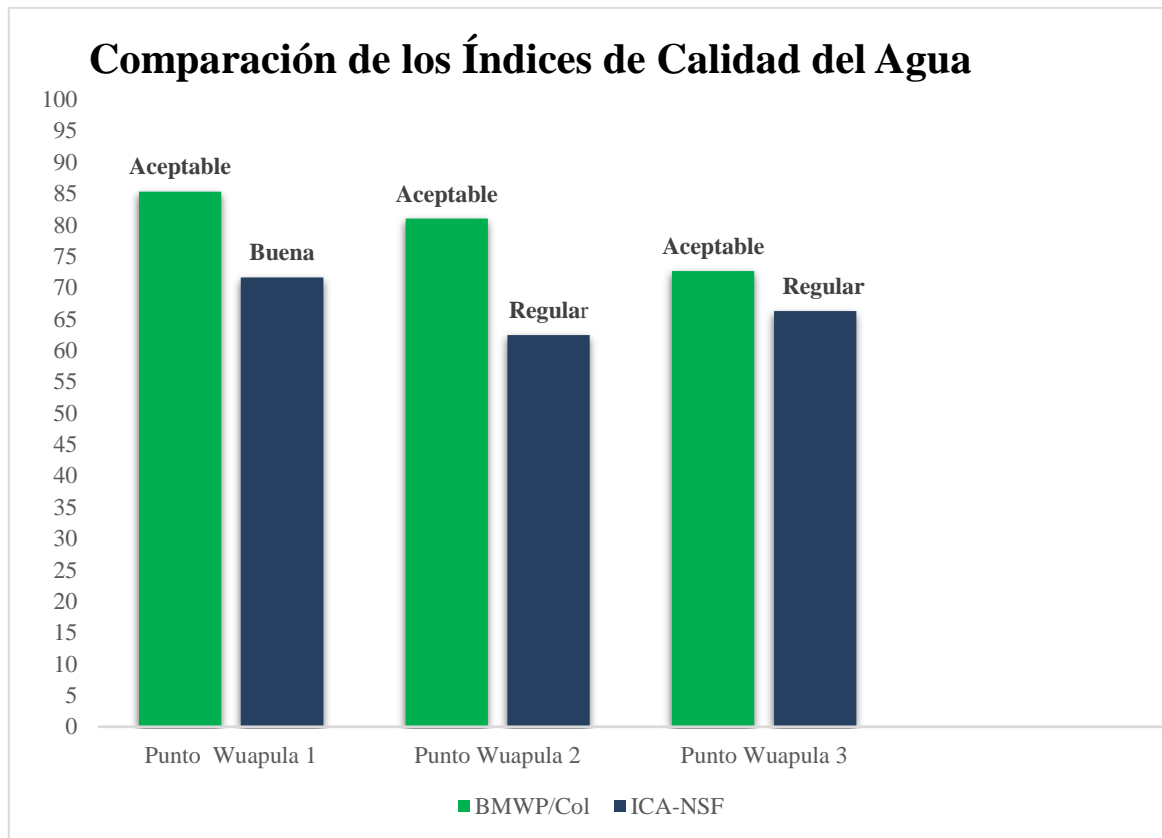
<b>Puntos de muestreo</b>	<b>BMWP/Col</b>	<b>ICA-NSF</b>
<b>Punto Wuapula 1</b>	85,33	71,65
<b>Punto Wuapula 2</b>	81,00	62,46
<b>Punto Wuapula 3</b>	72,67	66,25

Realizado por: Bermeo, Jhander, 2022



**Ilustración 1-4:** Relación entre índice biológico BMWP/Col e índice ICA-NSF  
**Realizado por:** Bermeo, Jhander, 2022

Se obtienen los datos promedios del ICA-NSF y BMWP/Col para los puntos de estudio seleccionados, que se encuentran detallados en la tabla 16-4. En el gráfico 1-4 se observa que existe una ligera relación de disminución de la calidad del agua para ambas metodologías aplicadas en la investigación, es decir que en el punto Wuapula 1 los valores de calidad del agua son de buena calidad para los dos índices mientras que en el punto Wuapula 3 se obtiene una valoración de calidad regular para el índice ICA-NSF y de aceptable para el índice biológico, en bases a estos resultados ambos índices aplicados en el estudio nos evidencian que en el río Wuapula tiene aguas poco contaminadas por las actividades antropogénicas y naturales que se realizan en el río y cerca del cauce natural como descarga de aguas residuales, por la ganadería y agricultura y por actividades de recreación (Ollage, 2021, pp. 20-23).



**Ilustración 2-4:** Comparación de los resultados obtenidos para los índices de calidad del agua  
**Realizado por:** Bermeo, Jhander, 2022

A pesar de considerar diferentes variables, los índices de calidad del agua considerados para este estudio pueden compararse debido a que las categorías de clasificación establecidas tienen rangos y grados de calidad del agua similares.

Según el gráfico 2-4 para el punto Wuapula 1, se observa que mediante el índice ICA-NSF se obtiene una clasificación de calidad de agua de Buena y con el método del índice biológico BMWP/Col se obtiene una calidad de agua aceptable.

Mediante la metodología del índice ICA-NSF para el punto Wuapula 2 del tramo seleccionado de estudio se obtiene una calidad regular y con el índice BMWP/Col tenemos una calidad de agua de aceptable. En el punto 3 con la metodología del índice ICA-NSF recibe una clasificación de Regular y aceptable para el índice biológico BMWP/Col, es importante tomar en cuenta que para el índice biológico la calidad se ha mantenido en un rango de calidad de aceptable para los 3 puntos de estudio, pero el valor de BMWP/Col ha ido bajando desde el punto 1 hasta el punto 3.

## CAPÍTULO V

### 5 MARCO PROPOSITIVO

En este capítulo se realiza la propuesta de mitigación para la conservación y manejo del recurso hídrico de acuerdo a los resultados obtenidos de la investigación, proponiendo medidas de prevención y reducción de la contaminación del río Wuapula provenientes de actividades antropogénicas que se realizan a lo largo del cauce natural del río, también se tomaran en cuenta la opinión de las personas que participaron en la charla de concientización sobre la importancia de proteger las fuentes hídricas.

Las actividades propuestas a continuación se enfocan a incitar acciones para la conservación del recurso agua, además buscan el compromiso y apoyo de la comunidad de Santa Rosa junto con las autoridades de los gobiernos locales de ejecutar todas las actividades propuestas en el plan de mitigación de los impactos ambientales que están perjudicando la calidad del agua del río Wuapula. Los siguientes planes de conservación y manejo, están dirigidos a las comunidades, pero principalmente a los gobiernos locales de la parroquia de Sevilla Don Bosco del cantón Morona, encargados de su administración y desarrollo.

Los programas que se proponen son:

**Programa de Prevención y Mitigación de Impactos:** en este programa entran las medidas de mitigación y prevención que involucra procedimientos específicos para el control de los impactos que deterioran la calidad del recurso hídrico.

## 5.1 Propuesta de prevención y mitigación

### PROGRAMA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS

**Objetivo: Prevenir y minimizar los impactos existentes en la microcuenca del Río Wuapula.**

**Lugar de Aplicación: Microcuenca del río Wuapula.**

<b>Impacto Actividades</b>	<b>Medida</b>	<b>Indicador</b>	<b>Medios de verificación</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Responsable y Actores</b>
	Realizar los estudios necesarios para implementar un sistema de alcantarillado para la comunidad de Santa Rosa.	$\frac{N^{\circ} \text{ de estudios realizados}}{N^{\circ} \text{ de estudios planificados}} * 100$	Informes de estudios/ Fotografías	1 año	Gobierno municipal del cantón Morona
<b>Contaminación del agua por descargas de aguas residuales urbanas.</b>	Realizar un diseño para construir una planta de tratamiento de aguas residuales o pozos sépticos comunitarios en zonas donde no la posean.	$\frac{N^{\circ} \text{ de sistemas de aguas residuales implementadas}}{N^{\circ} \text{ de sistemas de aguas residuales totales}} * 100$	Diseño de la planta/ planos	1 año	Gobierno municipal del cantón Morona
	Realizar un programa de monitoreo de calidad de agua del río Wuapula.	$\frac{N^{\circ} \text{ de monitoreos ejecutados}}{N^{\circ} \text{ de monitoreos planificados}} * 100$	Programas de monitoreo/ Fotografías	6 meses	Gobierno municipal del cantón Morona



	Planificar programas limpieza y mantenimiento de las cunetas de las vía E-45 Macas-Puyo.	$\frac{N^{\circ} \text{ de programas ejecutados}}{N^{\circ} \text{ de programas planificados}} * 100$	Hoja de asistencia/ Fotografías	3 meses	GAD Provincial a través de la Junta Parroquial de Sevilla Don Bosco.
	Implementar contenedores para la recolección de los residuos sólidos en el balneario y esquinas principales de la Comunidad de Santa Rosa.	$\frac{N^{\circ} \text{ de contenedores implementados}}{N^{\circ} \text{ de contenedores planificados por instalar}} * 100$	Fotografías/ Factura de compra de contenedores	6 meses	Presidente de la comunidad de Santa Rosa
<b>Contaminación del agua por vertidos de residuos sólidos.</b>	Realizar mingas con la comunidad y la escuela para recoger la basura de las vías y alrededores del río Wuapula.	$\frac{N^{\circ} \text{ de mingas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ de mingas planificadas}} * 100$	Fotografías/ Hoja de asistencia	3 meses	Moradores y estudiantes de la escuela de Santa Rosa.
	Realizar capacitaciones a las escuelas sobre educación ambiental y la importancia de proteger los recursos hídricos.	$\frac{N^{\circ} \text{ de capacitaciones ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ de capacitaciones planificadas}} * 100$	Fotografías/ Hoja de asistencia	6 meses	Gobierno parroquial de Sevilla Don Bosco.

## CONCLUSIONES

En la presente investigación se realizó la evaluación de la calidad del agua del río Wuapula aplicando los métodos del índice ICA-NSF y índice biológico BMWP/Col, al emplear el Índice de Calidad de Agua de la Fundación Nacional de Sanitización (NSF) se obtuvieron resultados que indican que la calidad de agua del río Wuapula se encuentra en el rango de Buena para el punto 1 de estudio y de regular para el punto 2 y 3. La evaluación puntual de los 9 parámetros del ICA nos indican las condiciones y las posibles fuentes de contaminación que sufren los cuerpos hídricos; identificándose principalmente la influencia de actividades antropogénicas como: las actividades agrícolas, la ganadería intensiva y las descargas de agua residuales urbanas y pecuarias (Cuaspad y Paredes, 2017: p.39). La calidad de agua del río Wuapula aplicando índice biológico para los tres puntos de estudio nos indica una calidad aceptable, es decir, que en los tres puntos de estudio tenemos aguas ligeramente contaminadas según el índice BMWP/Col, el agua está ligeramente contaminada por las múltiples actividades antropogénicas que se realizan dentro y cerca del cauce del río Wuapula.

Mediante el análisis físico químico y microbiológico de los parámetros del ICA-NSF se determinó la calidad de agua del río Wuapula según los rangos de calidad de agua propuesta por Brown, en donde para el punto 1 se obtuvo una calidad de Buena y para el punto 2 y 3 se obtuvo una calidad de regular, en donde los parámetros más influyentes en el deterioro de la calidad de agua fueron: los nitratos, los fosfatos, sólidos totales y coliformes fecales. El agua del río Wuapula nos es apta para consumo humano, debido a que no cumple con los requisitos para ser agua potable según la NTE INEN 1108. Según la tabla 2 del Acuerdo Ministerial 097, los parámetros promedios de nitratos y  $DBO_5$  en los 3 puntos de estudio se encuentran dentro de los límites permisibles para el desarrollo de la vida acuática y silvestre en aguas dulces. En función a los parámetros coliformes fecales, Ph y nitratos el agua del río es apta para ser utilizado en actividades pecuarias y de regadío, debido a que los valores obtenidos cumplen con límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097.

En los 3 puntos de estudio del río Wuapula se encontraron 455 individuos, divididos en 9 órdenes y 15 familias de macroinvertebrados, en donde las familias predominantes fueron; *Ptilodactylidae*, *Euthyplociidae*, *Hydropsychidae*, *Hyalellidae* que son indicadores de aguas poco contaminadas por ser individuos muy sensibles a perturbaciones en el ecosistema acuático. Mediante el índice BMWP/Col en los 3 puntos de estudio del río Wuapula según los rangos de calidad de agua propuesta por Roldán (2003) se obtiene una calidad de aceptable ya que se

encuentran en los rangos de 61-100, en donde nos indica que en la fuente hídrica está ligeramente contaminada por actividades antropogénicas y naturales.

Se compararon los valores obtenidos de la calidad del agua de los métodos fisicoquímicos y biológicos, concluyendo que la clasificación del índice biológico (BMWP/Col) tiene una ligera relación con la clasificación del índice (ICA-NSF) en el punto Wuapula 1, esto se debe a que el índice fisicoquímico establece una clasificación Buena, mientras que el índice biológico establece una calidad aceptable, en el punto 2 y 3 tienen una diferencia de calidad de agua entre ambos índices de Regular y Aceptable, debido a que el índice del ICA-NSF establecen la calidad del recurso agua mediante el análisis de parámetros físicos y químicos en un espacio y tiempo determinado y los índices biológicos al utilizar los bioindicadores (macroinvertebrados) nos detallan una mejor descripción de la calidad de las fuentes hídricas a lo largo del tiempo (Rodríguez, 2021, p.33).

Se realizó una charla de socialización con la comunidad de Santa Rosa en donde se compartió los resultados obtenidos de la calidad del agua del río Wuapula, en los 3 puntos de monitoreo georreferenciados con una distancia de 2 km, los moradores de la comunidad dieron sus opiniones de las posibles soluciones que ellos creen que necesita la comunidad, entre ellas servicio de alcantarillado y una planta de tratamientos para evitar descargas de aguas residuales al río Wuapula. Todas las opiniones de los moradores han sido tomadas en cuenta por parte del investigador para realizar la propuesta de mitigación para la conservación y manejo del recurso hídrico, con el fin de reducir la contaminación del río Wuapula especialmente en el punto 2 donde se obtuvo un valor más bajo de la calidad del agua.

## **RECOMENDACIONES**

Proponer campañas para concientizar a la sociedad de la importancia de los cuidar las fuentes hídricas, además de servir como referencia para estudios posteriores.

Considerar un mayor número de puntos de monitoreo a lo largo de este cuerpo hídrico para determinar las fuentes puntuales de contaminación del río, con el fin de generar propuestas para controlar, reducir y mitigar la contaminación de los ecosistemas acuáticos.

Para futuros estudios implementar un mayor número de parámetros fisicoquímicos y biológicos, con la finalidad de generar suficiente información para determinar las diferencias entre la variación estacional y la contaminación antrópica o la combinación de ambas, para tomar mejores decisiones de conservación y protección de las fuentes hídricas.

## **GLOSARIO**

**pH.** – Potencial de Hidrógeno

**PO<sub>4</sub>.** – Fosfatos

**NO<sub>3</sub>.** – Nitratos

**ST.** – Sólidos Totales

**DBO<sub>5</sub>** - Demanda Bioquímica de Oxígeno

**NTU.** - Nephelometric Turbidity Unit

**L.** - Litros

**L/s.** - Litros por segundo

**m.** - Metros

**mg/L.** - Miligramos por litro

**A.M. 097-A.** - Acuerdo Ministerial 097

## BIBLIOGRAFÍA

**ALBA, J.** “Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos”. *IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA)* [en línea], 1996, (España, Granada), (2) pp. 202-213. [Consulta: 02 mayo 2022]. ISBN 84-7840-262-4. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/237225203\\_Macroinvertebrados\\_acuaticos\\_y\\_calidad\\_de\\_las\\_aguas\\_de\\_los\\_rios](https://www.researchgate.net/publication/237225203_Macroinvertebrados_acuaticos_y_calidad_de_las_aguas_de_los_rios).

**ALDANA, M. & ZACARIAS, E.** “Índices de calidad de agua del río Cucabaj ubicado en el municipio de Santa Cruz del Quiché, Quiché y la influencia en los costos de tratamientos de potabilización”. *Ciencia, Tecnología y Salud* [en línea], 2014, (Guatemala) 1(1), pp. 21-34. [Consulta: 05 junio 2022]. ISSN 2409-3459. DOI 10.36829/63cts.v1i1.2. Disponible en: <https://revistas.usac.edu.gt/index.php/cytes/article/view/2/749>.

**ALVAREZ, A.; et al.** “Índice de calidad del agua en la cuenca del río Amajac, Hidalgo, México: Diagnóstico y Predicción”. *Revista Internacional de Botánica Experimental* [en línea], 2006, (Argentina), pp. 72-83. [Consulta: 18 junio 2022]. ISSN 00319457. Disponible en: [https://www.academia.edu/es/4270863/Indice\\_de\\_calidad\\_del\\_agua\\_en\\_la\\_cuenca\\_del\\_río\\_Amajac\\_Hidalgo\\_México\\_Diagnóstico\\_y\\_Predicción](https://www.academia.edu/es/4270863/Indice_de_calidad_del_agua_en_la_cuenca_del_río_Amajac_Hidalgo_México_Diagnóstico_y_Predicción).

**ÁLVAREZ, L.** “Metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuático como indicadores de la calidad del agua”. *Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander Von Humboldt* [en línea], 2005, (Bogotá, Colombia) no.05, pp.1-263. [Consulta: 18 junio 2022]. Disponible en: <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/31357>.

**AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; et al.** *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* Academia [en línea], (United State of America), 2017. [Consulta: 05 junio 2022]. ISBN 9780123821652. Disponible en: <https://www.wef.org/resources/publications/books/StandardMethods/>.

**ANDINO, P.; et al.** “Cartilla de identificación de macroinvertebrados acuáticos: Guía para el monitoreo participativo” *Technical Report*. [en línea], 2020, (Quito, Ecuador), pp. 1-43. [Consulta: 15 junio 2022]. DOI 10.13140/RG.2.2.25555.81447. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/342248615>.

**ARGANDOÑA, L. & MACÍAS, R.** Determinación de sólidos totales, suspendidos, sedimentados y volátiles, en el efluente de las lagunas de oxidación situadas en la parroquia

Colón, cantón Portoviejo, provincia de Manabí, durante el período de marzo a septiembre 2013 [en línea] ( Trabajo de Titulación). (Ingeniería) Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador. 2013. pp. 1-211 [Consulta: 22 junio 2022]. Disponible en: [http://repositorio.utm.edu.ec/bitstream/123456789/137/1/DETERMINACION DE SOLIDOS TOTALES%2C SUSPENDIDOS%2C SEDIMENTADOS Y VOLATILES.pdf](http://repositorio.utm.edu.ec/bitstream/123456789/137/1/DETERMINACION%20DE%20SOLIDOS%20TOTALES%20SUSPENDIDOS%20SEDIMENTADOS%20Y%20VOLATILES.pdf).

**ARIZA, C.** “Determinación De La Calidad Del Agua a Través De La Identificación De Macroinvertebrados Acuáticos En La Microcuenca Arroyo La Quebrada, Departamento De La Guajira, Colombia”. *Scientific International Journal™* [en línea], 2016, ( Colombia) 13(2), pp. 5-16. [Consulta: 25 junio 2022]. Disponible en: [http://www.nperci.org/C. Ariza-Calidad del agua-V13N2.pdf](http://www.nperci.org/C.Ariza-Calidad%20del%20agua-V13N2.pdf).

**BOLAÑOS-ALFARO, J.D., CORDERO-CASTRO, G. & SEGURA-ARAYA, G.** “Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica)”. *Revista Tecnología en Marcha* [en línea], 2017, (Costa Rica) 30(4), pp. 15-27. [Consulta: 3 junio 2022]. ISSN 0379-3982. DOI 10.18845/tm.v30i4.3408. Disponible en: [doi: 10.18845/tm.v30i4.3408](https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408).

**BROWN, R.M.; et al.** *A-Water-Quality-Index-Do-we-dare-BROWN-R-M-1970* [en línea], 1970, pp. 339-343. [Consulta: 3 junio 2022]. Disponible en: <https://idoc.pub/documents/a-water-quality-index-do-we-dare-brown-rm-1970-6ng25k6e91lv>.

**CANTERA KINTZ, J., CARVAJAL, Y. & MABEL CASTRO, L.** Caudal ambiental: Conceptos, experiencias y desafíos [en línea], 2009, pp. 48-109 [Consulta: 1 junio 2022]. ISBN 9789587654486. Disponible en: <https://es.scribd.com/book/356051976/Caudal-ambiental-Conceptos-experiencias-y-desafios>.

**CARRERA, C. & FIERRO, K.** "Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua". *EcoCiencia* [en línea], 2001, (Quito, Ecuador), (1), pp. 1-57. [Consulta: 15 julio 2022]. ISBN 9978-41-964-0. Disponible en: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=56374>.

**CARRILLO, M. & URGILÉS, P.** Determinación del Índice de calidad de agua ICA-NSF de los ríos Mazar y Pindilig [en línea] ( Trabajo de Titulación). (Ingeniería) Universidad de Cuenca, Ecuador. 2016. pp. 126. Disponible en: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23518/1/tesis.pdf>.

**CEVALLOS, J.** Determinación de la calidad del agua, en la microcuenca Zaruma Urcu mediante la aplicación de un índice de calidad de agua ICA [en línea] ( Trabajo de Titulación). (Ingeniería) Universidad de Guayaquil. Ecuador. 2020. pp. 1-93. [Consulta: 23 julio 2022] Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/49923>.

**CHACÓN VÉLEZ, KATHERINE ELIZABETH.** Evaluación de la calidad del agua del río Copueno, tramo Paccha- Jardín del Upano, mediante macroinvertebrados bentónicos [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador. 2017. pp. 1-80. [Consulta: 23 julio 2022]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/8538/1/236T0319.pdf>.

**CHUQUI, A. & MANZABA, R.** Determinación de calidad de agua por bioindicadores (macroinvertebrados) en el río Machángara, del distrito metropolitano de Quito (DMQ), 2021 [en línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Técnica de Cotopaxi. Ecuador. 2021. pp. 1-130. [Consulta: 8 mayo 2022]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4501/1/PI-000727.pdf>.

**COELLO, J.R.; et al.** "Aplicación del ICA-NSF para determinar la calidad del agua de los ríos Ozogoché, Pichahuiña y Pomacochó-Parque Nacional Sangay-Ecuador". *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica* [en línea], 2015, (Ecuador) 15(30), pp. 66-71. [Consulta: 8 julio 2022].ISSN 1682-3087. Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/11281/10118>.

**CRIOLLO, M.** Evaluación de la calidad del agua, en un tramo de la microcuenca del río quebrada, cantón Morona utilizando macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador. 2018. pp. 1-108. [Consulta: 8 julio 2022]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/10560/1/236T0418.PDF>.

**CUASPUD, E. & PAREDES, K.** Determinación del índice de calidad del agua de la Quebrada de Yaznán, río Blanco, río Puluví y río Guachalá del cantón Cayambe [en línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Central del Ecuador . Ecuador. 2017. pp. 1-111. [Consulta: 8 mayo 2022]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/13428/1/T-UCE-0012-46.pdf>.



**DÍAZ, C., ESTELLER, M. & LÓPEZ, F.** *Recursos Hídricos: Conceptos Básicos y estudios de caso en Iberoamérica*. México, Piriguazú, 2005, ISBN 9974-7571-6-9, pp. 2-747. [Consulta: 8 mayo 2022]. Disponible en: [https://www.academia.edu/65836644/Recursos\\_Hídricos\\_Conceptos\\_básicos\\_y\\_estudios\\_de\\_caso\\_en\\_Iberoamérica](https://www.academia.edu/65836644/Recursos_Hídricos_Conceptos_básicos_y_estudios_de_caso_en_Iberoamérica).

**DIRECCIÓN DE PLANIFICACIÓN.** "Actualización del diagnóstico del PDOT 2011". Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Morona Santiago, [en línea], 2011, pp. 649. [Consulta: 23 junio 2022]. Disponible en: [https://moronasantiago.gob.ec/Descargas/rendiciondecuentas/2017/PDOT\\_2015-2019.pdf](https://moronasantiago.gob.ec/Descargas/rendiciondecuentas/2017/PDOT_2015-2019.pdf).

**DOMÍNGUEZ, E. & FERNÁNDEZ, H.** *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos Sistemática y biología* [en línea]. Tucumán- Argentina: *Fundación Miguel Lillo*, 2009. pp.1-656 [Consulta: 8 mayo 2022]. ISBN 9789506680152. Disponible en: <https://docer.com.ar/doc/8nxx8>.

**ENDARA, A.** "Identificación de macro invertebrados bentónicos en los ríos: Pindo Mirador, Alpayacu y Pindo Grande; determinación de su calidad de agua". *Enfoque UTE* [en línea], 2012, 3(2), , pp. 33-41. ISSN 1390-9363. DOI 10.29019/enfoqueute.v3n2.3. Disponible en: [https://www.scipedia.com/public/Endara\\_2012a](https://www.scipedia.com/public/Endara_2012a).

**FERNÁNDEZ, R.** "Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos". *Páginas de Información Ambiental* [en línea], 2012, (39), pp. 24-29. [Consulta: 15 mayo 2022]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4015812.pdf>.

**FLORES, D.** "Guía para la vigilancia Ambiental: el agua es vida". *AECID* [en línea], 2014, (Cajamarca, Perú)(1), pp. 1-63. [Consulta: 15 mayo 2022]. Disponible en: <https://docer.com.ar/doc/8nxx8>.

**FORERO, J.** *Macroinvertebrados bentónicos y su relación con la calidad del agua en la cuenca alta del Río Frío (Tabio, Cundinamarca)* [en línea]. (Trabajo de titulación). Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá-Colombia. 2017. pp. 1-78. [Consulta: 1 junio 2022]. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/34419/ForeroDuarteJulian2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**GARCÍA, T.V.** Propuesta de índices de calidad de agua para ecosistemas hídricos de Chile. [en línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad de Chile. Chile, 2012. pp.1-157. [Consulta: 1 junio 2022]. Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/112367>.

**GIL-MARÍN, J. & GONZÁLEZ, A.** "Modelo de calidad del agua de un río mediante el uso combinado de análisis de componentes principales (ACP) y regresiones lineales múltiples (RLM). Caso de estudio: Cuenca del río Guarapiche, Maturín, Monagas, Venezuela". *Anales Científicos* [en línea], 2020, (Venezuela) 80(1), pp. 152-172. [Consulta: 28 mayo 2022]. ISSN 2519-7398. Disponible en: [https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/1586/pdf\\_261](https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/1586/pdf_261).

**GÓMEZ, O.** "Contaminación del agua en países de bajos y medianos recursos, un problema de salud pública". *Revista Facultad de Medicina* [en línea], 2018, (United State of America) 66(1), pp. 7-8. [Consulta: 10 mayo 2022]. ISSN 01200011. DOI 10.15446/revfacmed.v66n1.70775.

**GUALDRÓN, L.** "Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros físicoquímicos y biológicos". *Dinámica ambiental* [en línea], 2016, 1, pp. 83-102. [Consulta: 18 junio 2022]. ISSN 2590-6704. DOI 10.18041/2590-6704/ambiental.1.2016.4593.

**GUTIÉRREZ, S.** Evaluación espacio temporal de la calidad del agua del río Monjas, sectores Pomasqui y San Antonio de Pichincha mediante ICA-NSF [en línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Central del Ecuador. Quito-Ecuador, 2019. pp.1-95. [Consulta: 1 junio 2022]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/20243/1/T-UCE-0012-FIG-155.pdf>.

**HANSON, P., SPRINGER, M. & RAMIREZ, A.** "Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos". *Revista de biología tropical*, [en línea], 2010, 58(4), pp. 1-38. [Consulta: 7 julio 2022]. ISSN-0034-7744. Disponible en: [https://www.academia.edu/es/47362943/Introducción\\_a\\_los\\_grupos\\_de\\_macroinvertebrados\\_acuáticos](https://www.academia.edu/es/47362943/Introducción_a_los_grupos_de_macroinvertebrados_acuáticos).

**IANAS.** *Calidad del Agua en las Américas Riesgos y Oportunidades* [en línea]. La Red Interamericana de Academias de Ciencias, 2019, pp. 1-661. [Consulta: 8 mayo 2022]. ISBN 9786078379330. Disponible en: [https://www.academia.edu/es/43169413/Calidad\\_del\\_Agua\\_en\\_las\\_Américas\\_Riesgos\\_y\\_Oportunidades](https://www.academia.edu/es/43169413/Calidad_del_Agua_en_las_Américas_Riesgos_y_Oportunidades).

**INTE INEN 2169:2013.** *Agua, Calidad de agua, Muestreo Manejo y Conservación de Muestras.* Instituto Ecuatoriano De Normalización [en línea], 2013. [Consulta: 22 mayo 2022] Disponible en: <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2169-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-MANEJO-Y-CONSERVACIÓN-DE-MUESTRAS.pdf>.

**JIMÉNEZ, M.A. & VÉLEZ, M.V.** "Análisis comparativo de indicadores de la calidad de agua superficial". *Avances en recursos hidráulicos* [en línea], 2006, (Colombia), 14, pp. 53-70. [Consulta: 1 julio 2022]. ISSN 01215701. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/5011/1/No.14-2006-2.pdf>.

**LEÓN, M.** Diagnóstico de la calidad del agua de la microcuenca del río Congüime y diseño de una propuesta de mitigación para la zona crítica establecida mediante el índice de calidad de agua (ICA BROWN) en la provincia de Zamora Chinchipe cantón Paquishi [en línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Central del Ecuador. Ecuador, 2014. pp.1-212. [Consulta: 1 junio 2022] Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2256/1/T-UCE-0012-296.pdf>.

**MAE.** *NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA. Libro VI, Anexo 1* [en línea], 2015 pp. 184. Disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112183.pdf> [http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria\\_Ambiente/red\\_monitoreo/informacion/norma\\_ecuato\\_calidad.pdf](http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/norma_ecuato_calidad.pdf).

**MARTÍNEZ, C.** Utilización de ultratrazas de metales pesados como trazadores de los efectos antropogénicos producidos en ecosistemas acuáticos Tesis Doctoral Carolina Mendiguchía Martínez [en línea]. (Trabajo de titulación). (Doctorado) Universidad de Cádiz. Cádiz-España, 2015. pp.1-373. [Consulta: 1 junio 2022] Universidad de Cádiz. Disponible en: <https://rodin.uca.es/bitstream/handle/10498/15641/mendiguchia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**MEDINA MEDINA, MERCY ELIZABETH, & ANDRADE RIASCOS, MARLON AUGUSTO.** Determinación de la calidad del agua del río Malacatos mediante fauna bentónica como bioindicadora y alternativas de mitigación de la contaminación [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Nacional de Loja, Ecuador. 2009. pp. 1-99 [Consulta: 23 julio 2022]. Disponible en: [https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5046/1/DETERMINACIÓN\\_DE\\_LA\\_CALIDAD\\_DEL\\_AGUA\\_DEL\\_RÍO\\_MALACATOS.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5046/1/DETERMINACIÓN_DE_LA_CALIDAD_DEL_AGUA_DEL_RÍO_MALACATOS.pdf).

**MÉNDEZ, P., ARCOS, J. & CAZORLA, X.** "Determinación del índice de calidad del agua (NSF) del río Copueno ubicado en Cantón Morona". *Revista Científica El Dominio de Las Ciencias* [en línea], 2020, (Ecuador) 6(2), pp. 734–746. [Consulta: 20 mayo 2022]. ISSN: 2477-8818. <https://doi.org/10.23857/dc.v6i3.1245>, pp. 734-746.

**MOSQUERA, D., PALACIOS, M. & SOTO, A.** Bioindicación de la calidad del agua del río Cali, valle del Cauca, Colombia usando macroinvertebrados Acuáticos. *Revista Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas* [en línea], 2008,(Colombia) 1(20) pp. 130-143.

**OLLAGE, G.** Evaluación de la calidad de agua en la reserva municipal de la microcuenca alta del río Santa Rosa mediante método de macroinvertebrados bentónicos[en línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, (Ecuador).2021. pp. 1-173. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21097?mode=full>.

**ORDOÑEZ, J.** "Contribuyendo al desarrollo de una cultura del agua y la gestión integral de recurso hídrico. *Sociedad Geográfica de Lima* [en línea], 2011, (1), Lima, p.p 1-44. [Consulta: 14 mayo 2022]. Disponible en: [https://www.academia.edu/36389158/\\_Contribuyendo\\_al\\_desarrollo\\_de\\_una\\_Cultura\\_del\\_Agua\\_y\\_la\\_Gestión\\_Integral\\_de\\_Recurso\\_Hídrico\\_LIMA\\_PERÚ\\_CICLO\\_HIDROLÓGICO\\_CICLO\\_HIDROLÓGICO](https://www.academia.edu/36389158/_Contribuyendo_al_desarrollo_de_una_Cultura_del_Agua_y_la_Gestión_Integral_de_Recurso_Hídrico_LIMA_PERÚ_CICLO_HIDROLÓGICO_CICLO_HIDROLÓGICO).

**ORTA, L.** "Contaminación de las aguas por plaguicidas químicos". *Fitosanidad* [en línea], 2002, 6(3), pp. 55-62. [Consulta: 19 junio 2022]. ISSN 18659039. DOI 10.1515/iber.1982.1982.16.129. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2091/209118292006.pdf>.

**ORTEGA, G.M.; et al.** "Water Quality Analysis in a Subtropical River with an Adapted Biomonitoring Working Party (BMWP) Index". *Diversity* [en línea],2021, 13(11), pp. 1-16. [Consulta: 19 junio 2022]. ISSN 14242818. DOI 10.3390/d13110606.

**PARK, S.S. & LEE, Y.S.** "A water quality modeling study of the Nakdong River, Korea". *Ecological Modelling* [en línea], 2002, 152(1), pp. 65-75. [Consulta: 19 julio 2022]. ISSN 03043800. DOI 10.1016/S0304-3800(01)00489-6. Disponible en: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0304380001004896?token=4AFBC7B42D531DA2227B57728736BB1A81E07F1B9CD8443E47758E7C16AA2468D7244675D1D885940AAE37295D21EA79&originRegion=us-east-1&originCreation=20220725204651>.

**PAUTA, G.; et al.** "Evaluación de la calidad del agua de los ríos de la ciudad de Cuenca, Ecuador". *Maskana* [en línea], 2019, 10(2), pp. 76-88. [Consulta: 2 julio 2022]. ISSN 13906143. DOI 10.18537/mskn.10.02.08. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18537/mskn.10.02.08>.

**QUIÑONES HUATANGARI, L.; et al.** "Red neuronal artificial para estimar un índice de calidad de agua". *Enfoque UTE* [en línea], 2020, 11(2), pp. 109-120.[Consulta: 2 julio 2022].ISSN 1390-9363. DOI 10.29019/enfoque.v11n2.633.

**RAFFO, E., & RUIZ, E.** "Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno". *Revista de la facultad de ingeniería industrial* [en línea], 2014, 17(1), pp. 71-80. [Consulta: 26 junio 2022]. ISSN: 1810-9993. [https://www.researchgate.net/publication/307181622\\_Caracterizacion\\_de\\_las\\_aguas\\_residuales\\_y\\_la\\_demanda\\_bioquimica\\_de\\_oxigeno](https://www.researchgate.net/publication/307181622_Caracterizacion_de_las_aguas_residuales_y_la_demanda_bioquimica_de_oxigeno)

**RODRIGUEZ, G.** Evaluación de la calidad del agua del río Upano, tramo de la ciudad de Macas mediante el análisis de macroinvertebrados [en línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador. 2021. pp. 1-74. [Consulta: 23 julio 2022] Disponible en: <http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/15438/1/236T0579.pdf>.

**ROLDÁN, G.** *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia [blog]. Medellín - Colombia: Universidad de Antioquia Primera.* Antioquia, 2003, pp. 2-62 . [Consulta: 12 mayo 2022] ISBN: 958-655-081-8. Disponible en:<https://books.google.com.co/books?id=ZEjgIKZTF2UC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

**ROLDÁN, G.** *Macroinvertebrados Como Bioindicadores De La Calidad Del Agua* [en línea]. Bogotá, 2012, pp. 1-148. [Consulta: 5 junio 2022] ISBN 9789588188195. Disponible en: <https://ianas.org/wp-content/uploads/2020/07/wbp12.pdf>.

**ROLDÁN, 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* [en línea], (Colombia), 2016, 40(155), pp. 254-274. [Consulta: 10 mayo 2022]. ISSN 0370-3908. DOI 10.18257/raccefyn.335.

**ROLDÁN, G.** *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia* [en línea]. Bogotá, 1996, pp.1-226. [Consulta: 23 mayo 2022] . ISBN 9589129048. Disponible en: <https://www.ianas.org/docs/books/wbp13.pdf>.

**SIERRA, C.** *Calidad del agua – Evaluación y diagnóstico* [en línea]. Universidad de Medellín, 2011, pp.1-460. [Consulta: 23 mayo 2022] ISBN 9789588692067. Disponible en: [https://biblioteca.usco.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=45529&shelfbrowse\\_itemnumber=71930](https://biblioteca.usco.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=45529&shelfbrowse_itemnumber=71930).

**TEIXEIRA DE SOUZA, A.; et al.** "Assessment of water quality using principal component analysis: a case study of the Marrecas stream basin in Brazil". *Environmental Technology (United Kingdom)* [en línea], 2014, (Brasil) 42(27), pp. 1-22. [Consulta: 15 mayo 2022] ISSN 1479487X. DOI 10.1080/09593330.2020.1754922.

**TORRES, F.** Desarrollo y Aplicación de un Índice de Calidad de Agua para ríos en Puerto Rico. [en línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad de Puerto Rico recinto universitario de Mayagüez, Puerto Rico. 2009. pp. 1-219. [Consulta: 23 julio 2022]. <https://scholar.uprm.edu/handle/20.500.11801/1753>

**VALCARCEL, L., ALBERRO, N. & FRIAS, D.** "El índice de calidad de Agua como herramienta para la gestión de los recursos hídricos". *Medio Ambiente y Desarrollo; Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente* [en línea], 2008,(Habana-Cuba)18(16), pp. 1-5. [Consulta: 30 julio 2022]. ISSN: 1683-8904. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>.

**WALTEROS, J.** "Fichas rápidas para la identificación de macroinvertebrados acuáticos". *ResearchGate* [en línea], 2018, pp. 1-117. [Consulta: 28 junio 2022]. DOI 10.13140/RG.2.2.24858.54721. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/326188106\\_Fichas\\_rapidass\\_para\\_la\\_identificacion\\_d\\_e\\_macroinvertebrados\\_acuaticos](https://www.researchgate.net/publication/326188106_Fichas_rapidass_para_la_identificacion_d_e_macroinvertebrados_acuaticos).

## ANEXOS

### ANEXO A: IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO



a)



b)



c)

<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL</b> Elaborado por: Bermeo, Jhander</p>	<p><b>Tema:</b> Identificación de los puntos de estudio del río Wuapula.</p>	<p><b>Ilustración</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>a) Punto Wuapula 1</li><li>b) Punto Wuapula 2</li><li>c) Punto Wuapula 3</li></ul>
--	--	--

## ANEXO B: EQUIPOS UTILIZADOS PARA ANÁLISIS IN SITU.



a)



b)



c)

<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL</b> Elaborado por: Bermeo, Jhander</p>	<p><b>Tema:</b> Equipos utilizados para el análisis de parámetros físicos( oxígenos disuelto, temperatura y Ph).</p>	<p><b>Ilustración</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>a) Multiparamétrico marca APERA</li><li>b) Un peachímetro marca PHYME</li><li>c) Agua destilada.</li></ul>
--	--	--



**ANEXO C: MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS IN SITU.**



a)



b)



c)



<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL Elaborado por: Bermeo, Jhander</b></p>	<p><b>Tema:</b> Proceso para obtener los valores de parámetros físicos( oxígeno disuelto, temperatura y Ph).</p>	<p><b>Ilustración</b></p> <p>a) Revisión de equipos (multiparametrico y peachimetro).</p> <p>b) Lavar las sondas con agua destilada.</p> <p>c) Introducir la sonda al agua, dejar que se estabilice y anotar el valor obtenido.</p>
--	--	---

**ANEXO D: RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA DE AGUA PARA ANÁLISIS DE LABORATORIO.**



a)



b)



c)



d)

**ESCUELA SUPERIOR  
POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
CARRERA DE  
INGENIERIA AMBIENTAL**

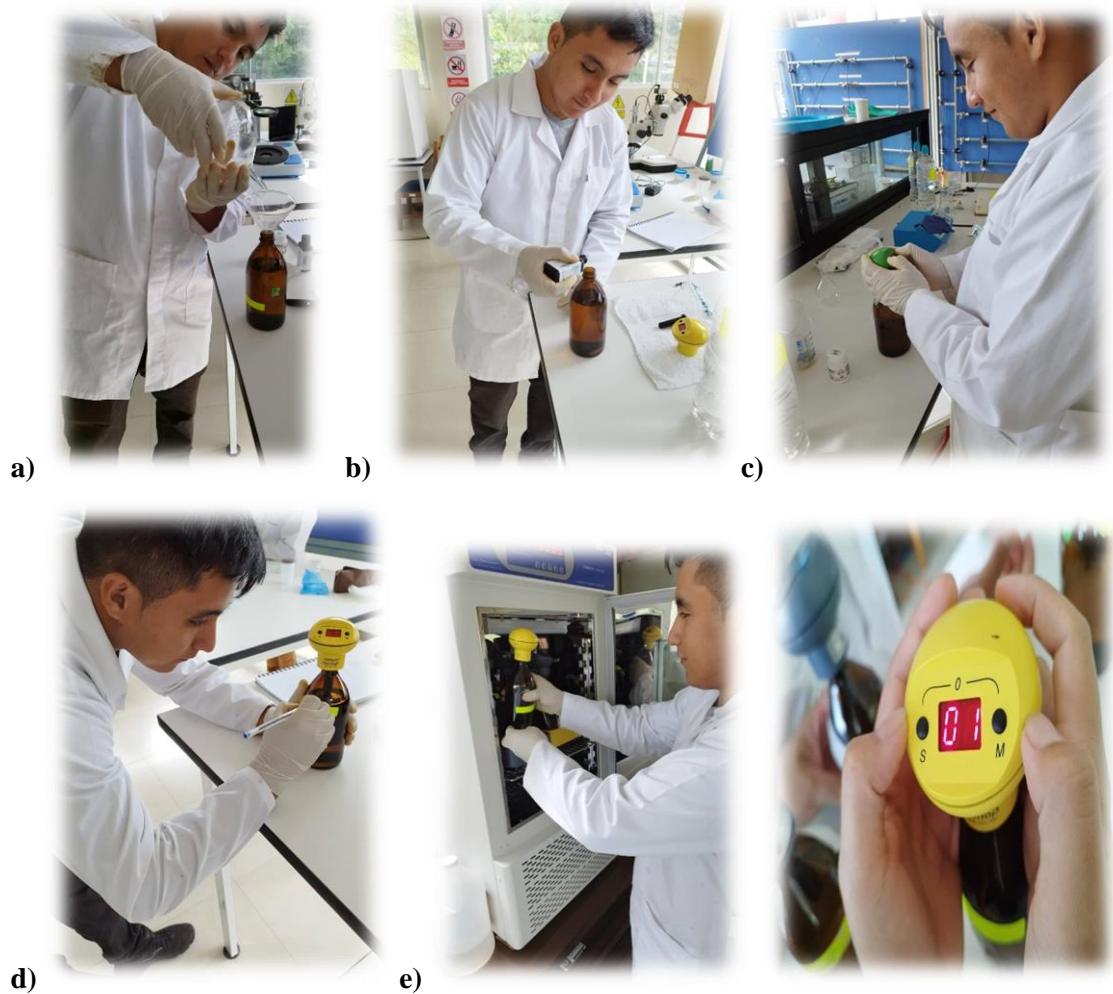
**Elaborado por:** Bermeo,  
Jhander

**Tema:** Recolección de muestras de agua de 1 l en una botella de plástico y 100 ml en un recipiente de plástico estéril.

**Ilustración**

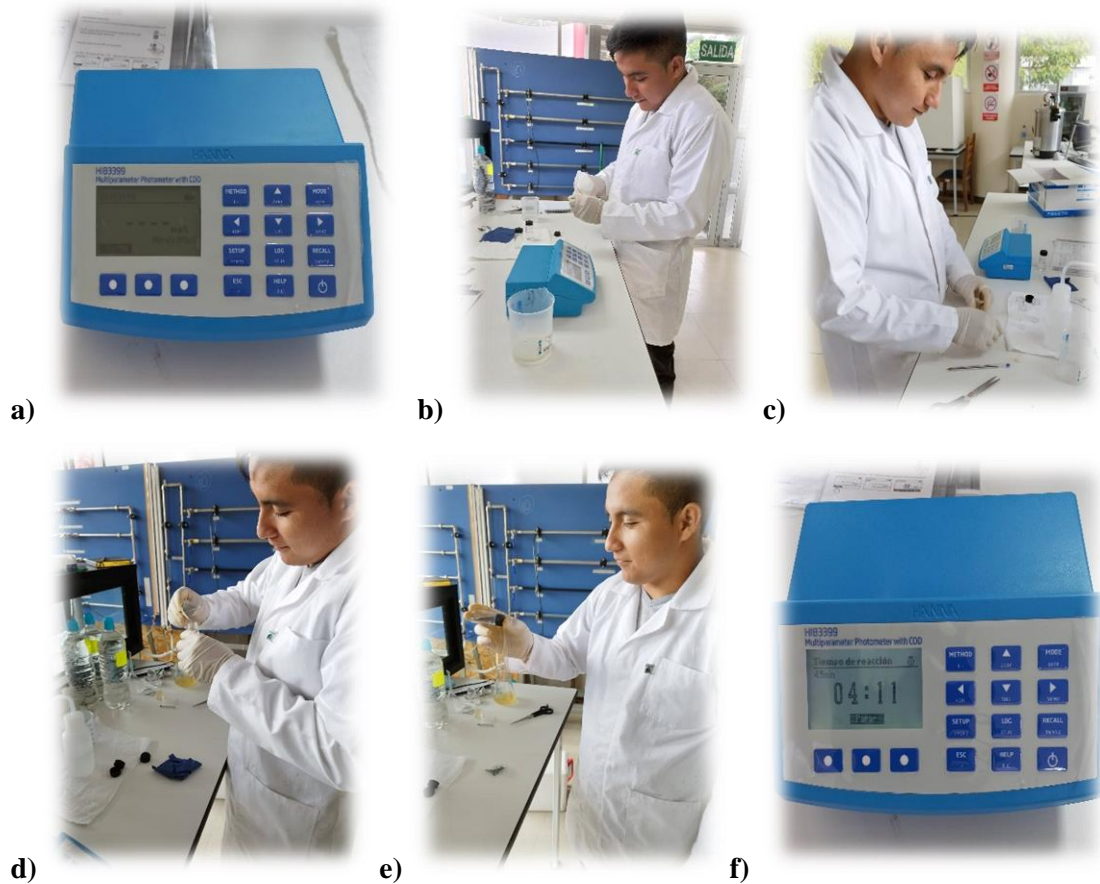
- a) Recoger la muestra en una botella de 1 litro.
- b) Recoger una muestra de 100 ml en un recipiente estéril para analizar los coliformes fecales.
- c) Etiquetar las muestras (lugar, fecha, hora).
- d) Colocar las muestras en el cooler.

**ANEXO E: PROCEDIMIENTOS PARA ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS EN LABORATORIO:  $DBO_5$  (Demanda Bioquímica de Oxígeno)**



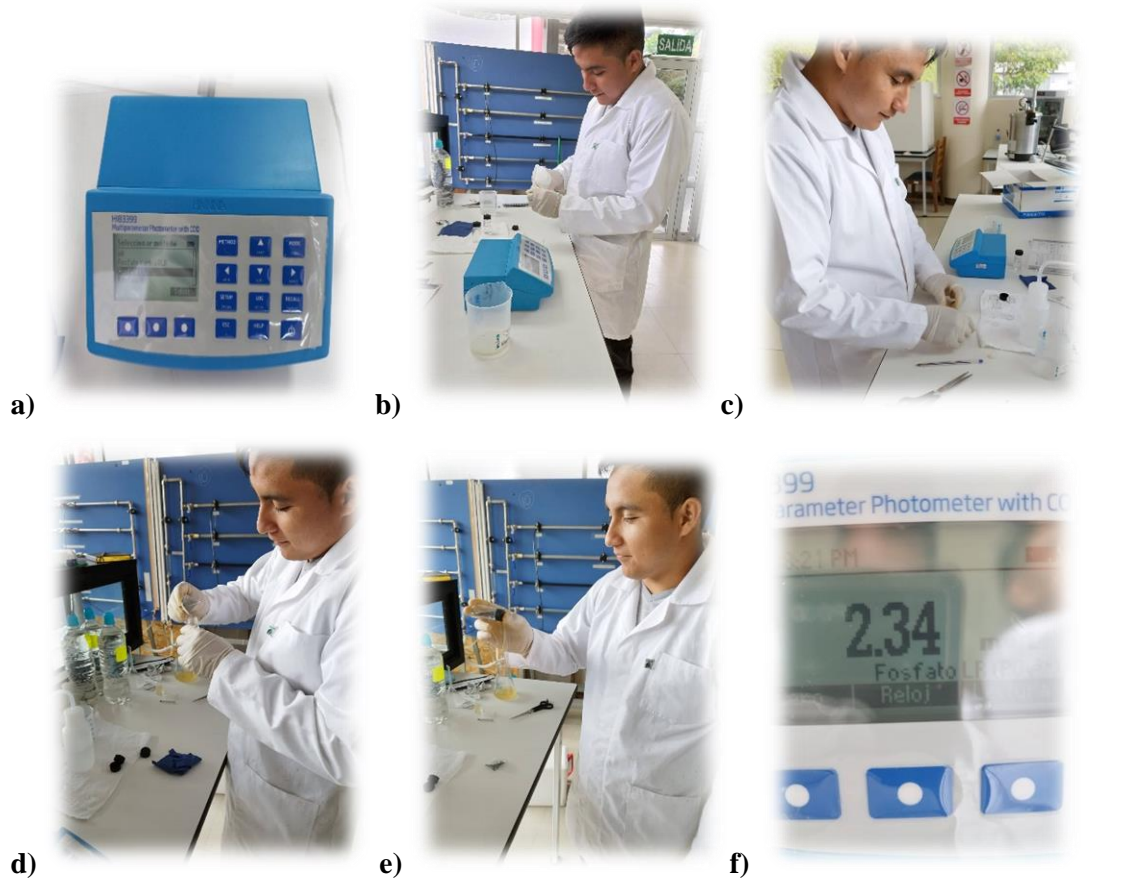
<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b>  <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>  <b>CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL</b>  <b>Elaborado por:</b> Bermeo, Jhander</p>	<p><b>Tema:</b> Proceso de análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno para las muestras de agua en el laboratorio.</p>	<p><b>Ilustración</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Determinar la muestra, tomar el balón de 432 ml y colocar el agua en la botella de ámbar.</li> <li>Colocar 3 gotas de agente desnitrificante, una pastilla de sosa caustica y el agitador.</li> <li>Cerrar la tapa de la botella ámbar y poner en cero.</li> <li>Etiquetar la muestra (nombre del autor, fecha, hora y punto de estudio)</li> <li>Colocar la botella ámbar en la Incubadora REBELK a una temperatura de 21 °C y esperar por 5 días para obtener los resultados.</li> </ol>
--	--	---

**ANEXO F: PROCEDIMIENTOS PARA ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS EN LABORATORIO:  $\text{NO}_3$  (Nitratos)**



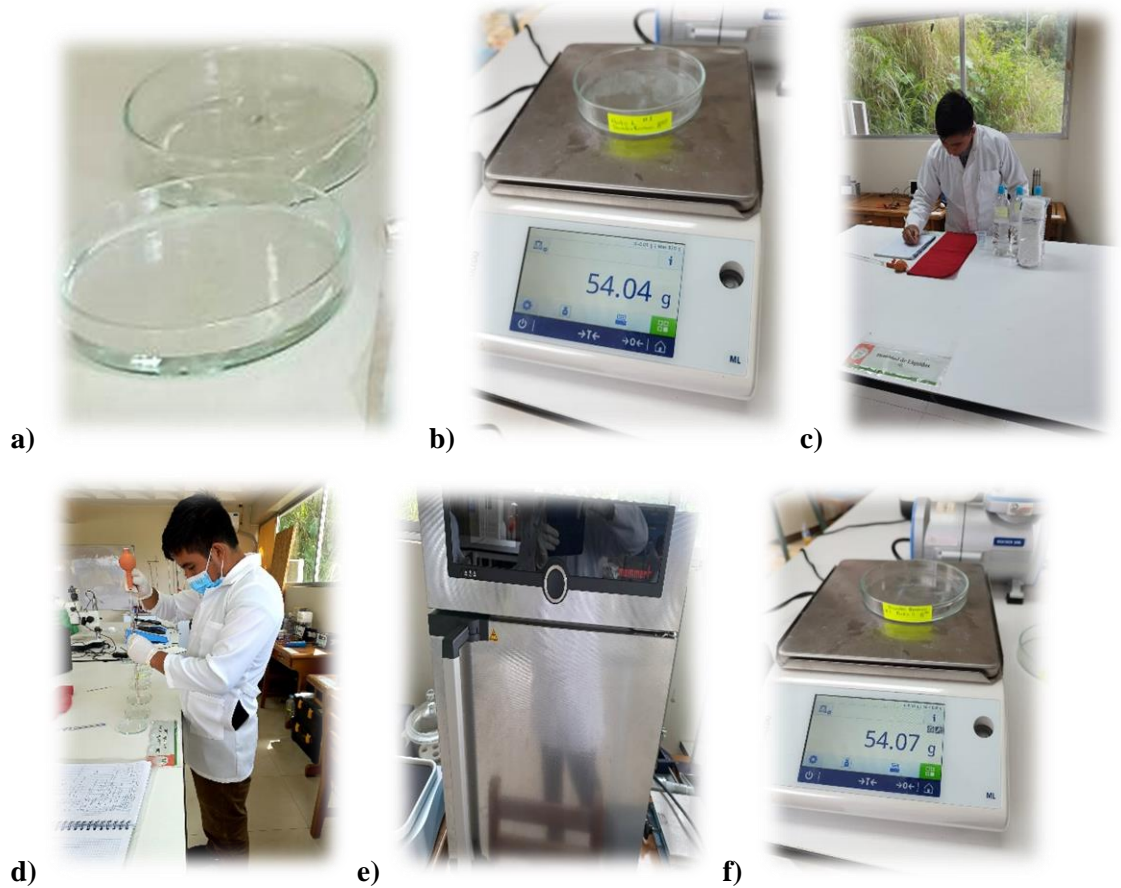
<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b>  <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>  <b>CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL</b>  <b>Elaborado por:</b> Bermeo, Jhander</p>	<p><b>Tema:</b> Proceso de análisis del parámetro nitratos para las muestras de agua en el laboratorio.</p>	<p><b>Ilustración</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Encender el Espectrofotómetro marca HANNA HI83399 y escogemos en métodos (nitratos).</li> <li>Se llenó una celda de vidrio con 10 ml de agua destilada (muestra blanca) y se colocó en el equipo para encerrarlo.</li> <li>Se llenó una celda de vidrio con 10 ml de la muestra agua.</li> <li>Se coloca en la muestra un reactivo de nitrato (HI93728-0).</li> <li>Se agita la muestra por 30 segundos.</li> <li>Se coloca la muestra en el equipo y se da en la opción reloj, y después de 4,30 minutos se obtiene el valor de nitratos de la muestra.</li> </ol>
--	---	--

**ANEXO G: PROCEDIMIENTOS PARA ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS EN LABORATORIO:  $PO_4$  (Fosfatos)**



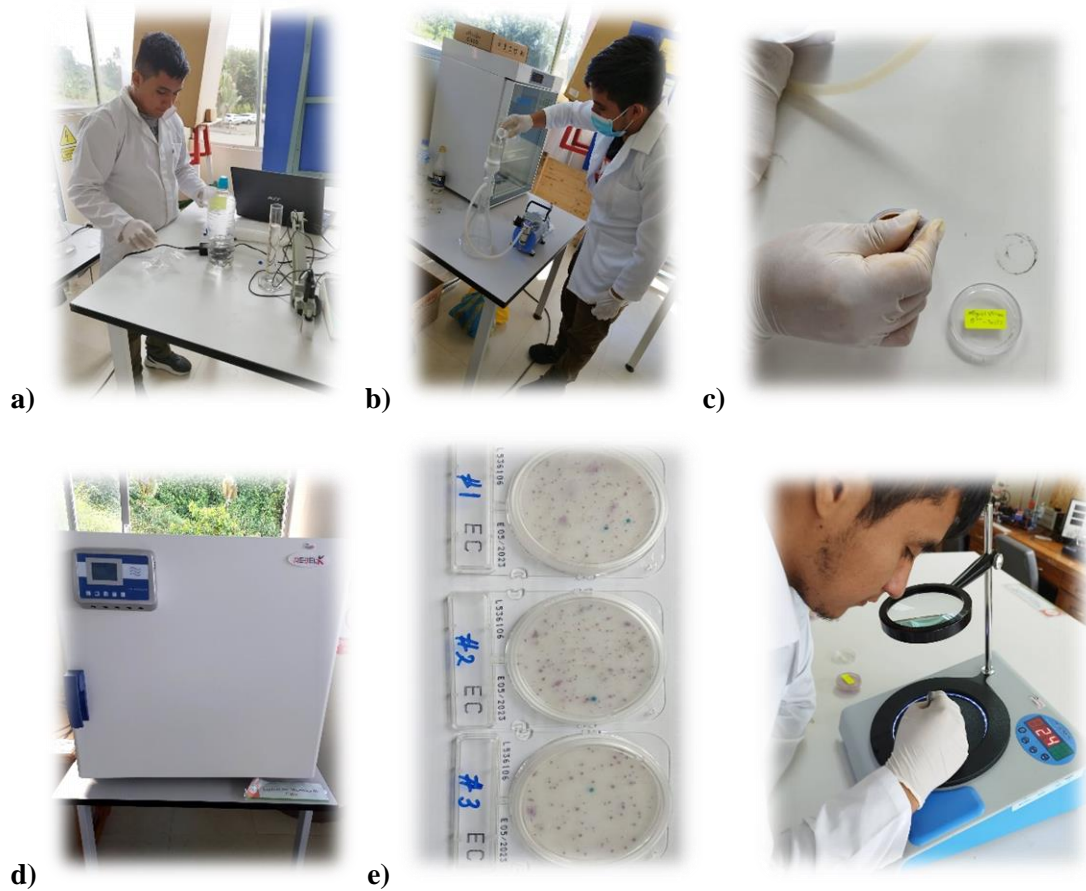
<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL</b> Elaborado por: Bermeo, Jhander</p>	<p><b>Tema:</b> Proceso de análisis del parámetro fosfatos para las muestras de agua en el laboratorio.</p>	<p><b>Ilustración</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Encender el Espectrofotómetro marca HANNA HI83399 y escogemos en métodos (Fosfatos LR).</li> <li>Se llenó una celda de vidrio con 10 ml de agua destilada (muestra blanca) y se colocó en el equipo para encerrarlo.</li> <li>Se llenó una celda de vidrio con 10 ml de la muestra agua.</li> <li>Se coloca en la muestra un reactivo de fosfato(HI93713-0).</li> <li>Se agita la muestra por 60 segundos.</li> <li>Se coloca la muestra en el equipo y se da en la opción reloj, y después de 2,30 minutos se obtiene el valor de fosfatos de la muestra.</li> </ol>
--	---	--

**ANEXO H: PROCEDIMIENTOS PARA ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS EN LABORATORIO: SOLIDOS TOTALES.**



<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b>  <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>  <b>CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL</b>  <b>Elaborado por:</b> Bermeo, Jhander</p>	<p><b>Tema:</b> Proceso de análisis del parámetro sólidos totales para las muestras de agua en el laboratorio.</p>	<p><b>Ilustración</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Caja Petri seca y esterilizada.</li> <li>b) Etiquetar las placas Petri y pesarla en una balanza analítica.</li> <li>c) Anotar el valor de peso obtenido.</li> <li>d) Prepara una muestra de 25 ml con una pipeta y la vertimos en la caja Petri.</li> <li>e) Colocamos la caja en la estufa a 105 °C durante 24 horas.</li> <li>f) Pesamos el peso obtenido de la caja Petri que será nuestro peso 2 necesario para calcular el peso total de los sólidos totales.</li> </ul>
--	--	---

**ANEXO I: PROCEDIMIENTOS PARA ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS EN LABORATORIO: COLIFORMES FECALES.**



<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b>  <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>  <b>CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL</b>  <b>Elaborado por:</b> Bermeo, Jhander</p>	<p><b>Tema:</b> Proceso de análisis del parámetro coliformes fecales para las muestras de agua en el laboratorio.</p>	<p><b>Ilustración</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Tomar una muestra de agua de 100 ml</li> <li>Colocamos el agua en la placa petrifilm y la filtramos.</li> <li>Dejamos reposar la placa petrifilm por 10 minutos, ponemos el reactivo y dejamos reposar por 20 minutos, por ultimo filtramos de nuevo la placa petrifilm.</li> <li>Colocamos las placas petrifilm en la incubadora Rebelk por 2 días a 37 °C.</li> <li>Sacamos de la incubadora las placas y procedemos a contar las colonias de coliformes fecales.</li> </ol>
--	---	---

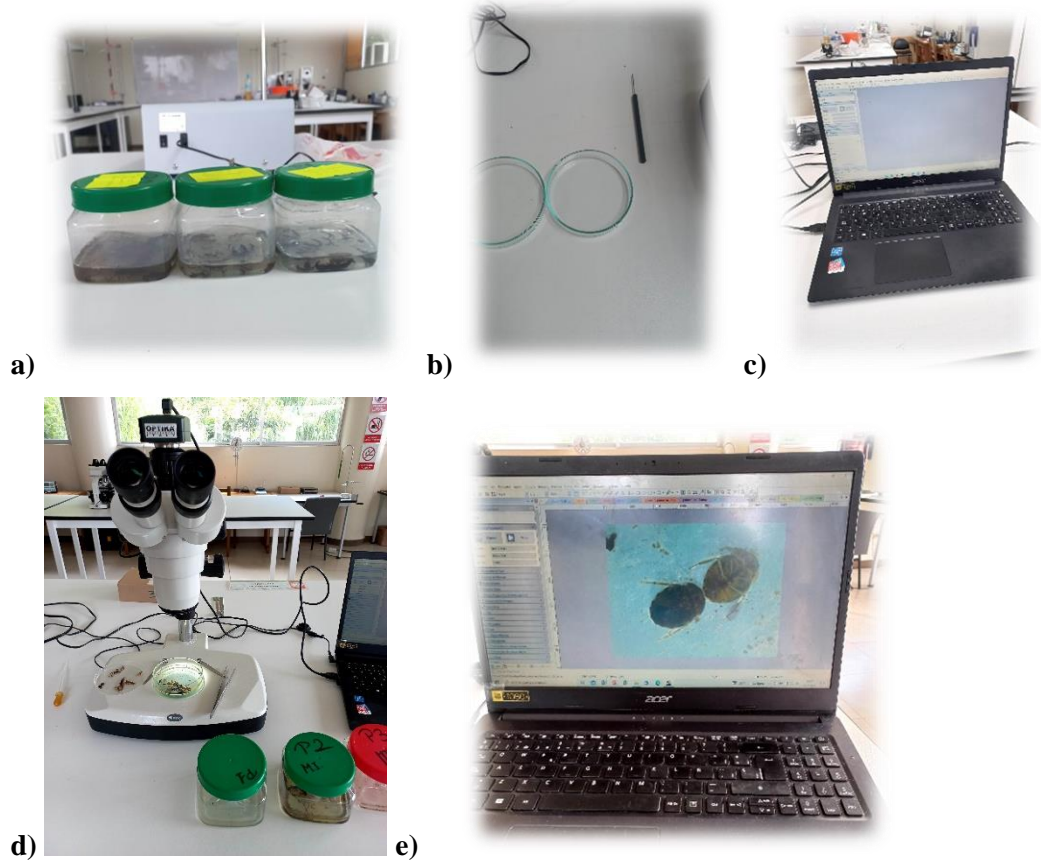
**ANEXO J: RECOLECCIÓN DE MACROINVERTEBRADOS EN LOS PUNTOS DE ESTUDIO.**



<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL</b></p> <p><b>Elaborado por:</b> Bermeo, Jhander</p>	<p><b>Tema:</b> Proceso de recolección de macroinvertebrados en campo.</p>	<p><b>Ilustración</b></p> <p>a) Se necesita un cooler, pinzas, alcohol al 70% y 3 recipientes de plástico para colocar los macroinvertebrados.</p> <p>b) Se utiliza una red surber y bandejas blancas para realizar el muestreo.</p> <p>c) Removemos en las piedras, vegetación y troncos de las orillas de los ríos para capturar los macroinvertebrados (50 m aguas arriba del punto de estudio)</p> <p>d) Colocamos las muestras de las redes en las bandejas blancas y con ayuda de unas pinzas buscamos a los macroinvertebrados.</p> <p>e) Finalmente colocamos los macroinvertebrados en los recipientes con alcohol al 70% y los guardamos en el cooler.</p>
--	--	--




**ANEXO K: OBSERVACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LAS FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS**



<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL</b> Elaborado por: Bermeo, Jhander</p>	<p><b>Tema:</b> Observación de macroinvertebrados en el laboratorio.</p>	<p><b>Ilustración</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Muestras de macroinvertebrados.</li> <li>Se necesita una caja Petri, una pinza y alcohol al 70%.</li> <li>En la computadora se conecta la cámara del Estereoscopio para guardar las imágenes obtenidas de las familias de macroinvertebrados.</li> <li>Con el estereoscopio se enfoca hasta poder visualizar claramente los macroinvertebrados.</li> <li>Se guardan las imágenes para luego identificar a que familia de macroinvertebrados pertenecen.</li> </ol>
--	--	---

## ANEXO L: RESULTADOS DEL ICA-NSF EN EL SOFTWARE IQA-DATA.

IQADATA::: ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA			
UNISC - Universidade de Santa Cruz do Sul			
Dirección: Av. Independência, 2293			
Barrio: Universitário			
Ciudad: Santa Cruz do Sul	Código postal: 96815-900		
Sitio: www.unisc.br	Teléfono: (51) 3717-7300		
Departamento: Eng. Produção	E-mail: adilson@unisc.br		
Contacto: Adilson			
Muestras de agua			
Local:	ABRIL PUNTO 1	Fecha:	29/06/2022
Corpo Hídrico:	RIO WUAPULA	Hora:	13:00:00
Bacia Hidrográfica:	Santiago	ICA:	NSF
Ciudad:	MACAS	Resultados:	72,43
Altitud (m):	1163	Clasificación	Buena
Local:	ABRIL PUNTO 2	Fecha:	29/06/2022
Corpo Hídrico:	RIO WUAPULA	Hora:	13:00:00
Bacia Hidrográfica:	Santiago	ICA:	NSF
Ciudad:	MACAS	Resultados:	71,37
Altitud (m):	1132	Clasificación	Buena
Local:	ABRIL PUNTO 3	Fecha:	29/06/2022
Corpo Hídrico:	RIO WUAPULA	Hora:	13:00:00
Bacia Hidrográfica:	Santiago	ICA:	NSF
Ciudad:	MACAS	Resultados:	71,74
Altitud (m):	1138	Clasificación	Buena
Local:	MAYO PUNTO 1	Fecha:	29/06/2022
Corpo Hídrico:	RIO WUAPULA	Hora:	13:00:00
Bacia Hidrográfica:	Santiago	ICA:	NSF
Ciudad:	MACAS	Resultados:	70,25
Altitud (m):	1163	Clasificación	Buena
Local:	MAYO PUNTO 2	Fecha:	29/06/2022
Corpo Hídrico:	RIO WUAPULA	Hora:	13:00:00
Bacia Hidrográfica:	Santiago	ICA:	NSF
Ciudad:	MACAS	Resultados:	61,37
Altitud (m):	1132	Clasificación	Regular
Local:	MAYO PUNTO 3	Fecha:	29/06/2022
Corpo Hídrico:	RIO WUAPULA	Hora:	13:00:00
Bacia Hidrográfica:	Santiago	ICA:	NSF
Ciudad:	MACAS	Resultados:	68,83
Altitud (m):	1138	Clasificación	Regular
Local:	PUNTO 1 MES DE JUNIO	Fecha:	21/07/2022
Corpo Hídrico:	RIO WUAPULA	Hora:	13:00:00
Bacia Hidrográfica:	Santiago	ICA:	NSF
Ciudad:	MACAS	Resultados:	70,49
Altitud (m):	1163	Clasificación	Buena
Local:	PUNTO 2 MES DE JUNIO	Fecha:	21/07/2022
Corpo Hídrico:	RIO WUAPULA	Hora:	13:00:00
Bacia Hidrográfica:	Santiago	ICA:	NSF
Ciudad:	MACAS	Resultados:	56,87
Altitud (m):	1132	Clasificación	Regular

### Muestras de agua

<b>Local:</b>	PUNTO 3 MES DE JUNIO	<b>Fecha:</b>	21/07/2022
<b>Corpo Hídrico:</b>	RÍO WUAPULA	<b>Hora:</b>	13:00:00
<b>Bacia Hidrográfica:</b>	Santiago	<b>ICA:</b>	NSF
<b>Ciudad:</b>	MACAS	<b>Resultados:</b>	60,98
<b>Altitud (m):</b>	1138	<b>Clasificación</b>	Regular
<b>Local:</b>	PROMEDIO PUNTO WUAPULA 1	<b>Fecha:</b>	22/07/2022
<b>Corpo Hídrico:</b>	RÍO WUAPULA	<b>Hora:</b>	13:00:00
<b>Bacia Hidrográfica:</b>	Santiago	<b>ICA:</b>	NSF
<b>Ciudad:</b>	MACAS	<b>Resultados:</b>	71,65
<b>Altitud (m):</b>	1163	<b>Clasificación</b>	Buena
<b>Local:</b>	PUNTO WUAPULA 2 PROMEDIO	<b>Fecha:</b>	22/07/2022
<b>Corpo Hídrico:</b>	RÍO WUAPULA	<b>Hora:</b>	13:00:00
<b>Bacia Hidrográfica:</b>	Santiago	<b>ICA:</b>	NSF
<b>Ciudad:</b>	MACAS	<b>Resultados:</b>	62,46
<b>Altitud (m):</b>	1132	<b>Clasificación</b>	Regular
<b>Local:</b>	PUNTO WUAPULA3	<b>Fecha:</b>	22/07/2022
<b>Corpo Hídrico:</b>	RÍO WUAPULA	<b>Hora:</b>	13:00:00
<b>Bacia Hidrográfica:</b>	Santiago	<b>ICA:</b>	NSF
<b>Ciudad:</b>	MACAS	<b>Resultados:</b>	66,25
<b>Altitud (m):</b>	1136	<b>Clasificación</b>	Regular

Contáctanos: 0998580374 - 032924417  
Av. 11 de noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

## INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Fecha: 02 de mayo del 2022

Análisis solicitado por: Sr. Jhander Bermeo

Tipo de muestras: Agua superficial Río Wualpula. Parroquia Sevilla Don Bosco

Localidad: Santa Rosa. Cantón Macas Provincia de Morona Santiago

### COORDENADAS DE UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO

Punto de muestreo código	X	Y	ALTITUD msnm
Punto 1	826223.66	9757577.92	1 163
Punto 2	826014.33	9756849.02	1 132
Punto 3	826384.43	97560375.15	1 138

### Análisis Físico – Químico

PARÁMETROS ANALIZADOS	Unidades	Muestra aPW-1	Muestra PW-2	Muestra PW-3
Nitratos	mg/L	3.0	2.7	2.2
Fosfatos	mg/L	0.1	0.11	0.09
Turbiedad	UTN	0.88	1.22	0.71
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5	mg/L	3.0	4.1	2.8
Sólidos totales	mg/L	92	140	80
Coliformes Totales	UFC/100mL	1.6 x 10 <sup>4</sup>	1.8 x 10 <sup>4</sup>	8.6 x 10 <sup>3</sup>
Coliformes Fecales	UFC/100mL	200	200	100

\*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF.

Atentamente.




Dra. Gina Álvarez R.

RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.



**esPOCH**

**Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje**

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL**

**REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

**Fecha de entrega:** 16 / 01 / 2023

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Jhander Josue Bermeo Panjon
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias
<b>Carrera:</b> Ingeniería Ambiental
<b>Título a optar:</b> Ingeniero Ambiental
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

0356-DBRA-UPT-2023