



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

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO UPANO,  
TRAMO DE LA CIUDAD DE MACAS MEDIANTE EL ANÁLISIS  
DE MACROINVERTEBRADOS**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto Técnico

Presentado para optar el grado académico de:

**INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTORA:**

**GABRIELA ALEJANDRA RODRIGUEZ VEGA**

Macas – Ecuador

2021



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

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO**  
**UPANO, TRAMO DE LA CIUDAD DE MACAS**  
**MEDIANTE EL ANÁLISIS DE MACROINVERTEBRADOS**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto Técnico

Presentado para optar el grado académico de:

**INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTOR:** GABRIELA ALEJANDRA RODRIGUEZ VEGA

**DIRECTOR:** Ing. PATRICIO VLADIMIR MENDEZ ZAMBRANO Msc.

Macas – Ecuador

2021

© 2021, **Gabriela Alejandra Rodríguez Vega**

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 del Autor.

Yo, GABRIELA ALEJANDRA RODRÍGUEZ VEGA, 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 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, 17 de septiembre de 2021




**Gabriela Alejandra Rodríguez Vega**

**140118436-9**

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

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: proyecto técnico, **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO UPANO, TRAMO DE LA CIUDAD DE MACAS MEDIANTE EL ANÁLISIS DE MACROINVERTEBRADOS**, realizado por la señorita: **GABRIELA ALEJANDRA RODRIGUEZ VEGA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Miguel Ángel Osorio Rivera Mcs. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 Firmado electrónicamente por: <b>MIGUEL ANGEL OSORIO RIVERA</b>	2021-09-17
Ing. Patricio Vladimir Méndez Zambrano Mcs. <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>	 Firmado electrónicamente por: <b>PATRICIO VLADIMIR MENDEZ ZAMBRANO</b>	2021-09-17
Ing. Ximena Rashell Cazorla Vinueza Mcs. <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	 Firmado electrónicamente por: <b>XIMENA RASHELL CAZORLA VINUEZA</b>	2021-09-17

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo con todo mi amor y cariño primeramente a Dios por regalarme cada día la salud, y fuerza para salir adelante. A mis padres por ser de ejemplo y guía en mi camino, quienes con amor y paciencia me apoyaron en todas las decisiones tomadas a lo largo de mi vida, las cuales me han llevado a cumplir con mis sueños y metas. A mi hermano por siempre darme el ánimo para seguir adelante. A mi abuelito por ser quien me enseñó la importancia de ser valiente para afrontar los desafíos de la vida y a mi abuelita por su ejemplo de lucha y constancia.

**Gabriela**

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente, agradezco a Dios por la vida y por haberme regalado una familia maravillosa que me ha apoyado a lo largo de todo el camino de mi vida. A mi director de tesis por su paciencia y enseñanzas que me han ayudado a culminar este importante trabajo. Gracias a cada uno de mis profesores y compañeros que me han acompañado a lo largo de este camino para cumplir con esta importante meta. Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por darme la oportunidad de educarme y convertirme en una profesional en esta carrera que tanto me apasiona.

A todos quienes fueron parte de este importante logro en mi vida les extiendo un sentido agradecimiento. Dios les pague

**Gabriela**

## TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. <i>Objetivo General</i> .....	3
1.3.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	3

### CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	4
2.1. Antecedentes.....	4
2.2. Bases teóricas.....	4
2.2.1. <i>El agua</i> .....	4
2.2.2. <i>Ciclo hidrológico</i> .....	5
2.2.3. <i>Ríos</i> .....	5
2.2.4. <i>Hidrografía de la provincia de Morona Santiago</i> .....	5
2.2.5. <i>Contaminación del agua</i> .....	6
2.2.6. <i>Contaminantes del agua</i> .....	6
2.2.7. <i>Tipos de contaminantes del agua</i> .....	6
2.2.7.1. <i>Contaminantes físicos</i> .....	6
2.2.7.2. <i>Contaminantes químicos</i> .....	7
2.2.7.3. <i>Contaminantes orgánicos</i> .....	7
2.2.7.4. <i>Contaminantes biológicos</i> .....	7
2.2.8. <i>Impacto Ambiental</i> .....	7
2.3. Bases conceptuales.....	8



2.3.1.	<i>Calidad del agua</i> .....	8
2.3.2.	<i>Análisis fisicoquímico del agua</i> .....	8
2.3.2.1.	<i>Parámetros físicos</i> .....	8
2.3.2.2.	<i>Parámetros químicos</i> .....	9
2.3.2.3.	<i>Parámetros microbiológicos</i> .....	10
2.3.3.	<i>Calidad biológica</i> .....	10
2.3.4.	<i>Monitoreo biológico</i> .....	10
2.3.5.	<i>Bioindicadores</i> .....	10
2.3.6.	<i>Macroinvertebrados acuáticos</i> .....	11
2.3.6.1.	<i>Características de los principales órdenes de macroinvertebrados acuáticos</i> .....	11
2.3.6.2.	<i>Impactos al ecosistema fluvial que alteran la comunidad de macroinvertebrados</i> .....	12
2.3.7.	<b>Índice de calidad del agua</b> .....	13
2.3.7.1.	<b>Índices fisicoquímicos</b> .....	13
2.3.7.2.	<b>Índices biológicos</b> .....	14

### CAPÍTULO III

3.	<b>METODOLOGÍA</b> .....	15
3.1.	<b>Tipo de Investigación</b> .....	15
3.2.	<b>Diseño de la Investigación</b> .....	15
3.3.	<b>Tecnológico</b> .....	15
3.3.1.	<i>Localización del proyecto</i> .....	15
3.3.2.	<i>Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo</i> .....	16
3.3.2.1.	<i>Estación Upano 1</i> .....	16
3.3.2.2.	<i>Estación Upano 2</i> .....	16
3.3.2.3.	<i>Estación Upano 3</i> .....	16
3.3.3.	<i>Población de estudio o tamaño de la muestra</i> .....	17
3.3.4.	<i>Técnicas de recolección de datos</i> .....	17
3.3.5.	<i>Ingeniería del proyecto</i> .....	18
3.3.5.1.	<i>Metodología para la aplicación del índice fisicoquímico (ICA-NSF)</i> .....	18
3.3.5.2.	<i>Metodología para la aplicación del índice biológico BMWP/Col</i> .....	20
3.3.6.	<i>Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria</i> .....	22

### CAPÍTULO IV

4.	<b>RESULTADOS</b> .....	24
4.1.	<b>Resultados del índice de calidad del agua (ICA-NSF)</b> .....	24

**4.2. Resultados del índice biológico Biological Monitoring Working Party/Colombia** 28

**CONCLUSIONES**.....34

**RECOMENDACIONES**.....35

**GLOSARIO**

**BIBLIOGRAFÍA**

**ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Características de los principales órdenes de macroinvertebrados .....	11
<b>Tabla 1-3:</b>	Coordenadas de las estaciones de monitoreo .....	16
<b>Tabla 2-3:</b>	Parámetros de caracterización para los análisis de laboratorio .....	18
<b>Tabla 3-3:</b>	Parámetros y peso específico que constituyen el ICA-NSF .....	19
<b>Tabla 4-3:</b>	Clasificación de la calidad de agua en función del índice NSF-WQI.....	19
<b>Tabla 5-3:</b>	Sensibilidad de los macroinvertebrados a la contaminación .....	21
<b>Tabla 6-3:</b>	Valoración por familias del Biological Monitoring Working Party/Colombia....	21
<b>Tabla 7-3:</b>	Clases de calidad del agua para método BMWP para Colombia.....	22
<b>Tabla 8-3:</b>	Equipos utilizados para el análisis físicoquímico y microbiológico .....	22
<b>Tabla 9-3:</b>	Equipos y materiales utilizados para la identificación de macroinvertebrados....	23
<b>Tabla 1-4:</b>	Análisis físicoquímicos y microbiológicos de la estación Upano 1 .....	24
<b>Tabla 2-4:</b>	Análisis comparativos de indicadores de calidad de agua superficial .....	24
<b>Tabla 3-4:</b>	Análisis físicoquímicos y microbiológicos de la estación Upano 2.....	25
<b>Tabla 4-4:</b>	Análisis físicoquímicos y microbiológicos de la estación Upano 3 .....	26
<b>Tabla 5-4:</b>	Resumen de la clasificación ICA-NSF de las estaciones de estudio.....	27
<b>Tabla 6-4:</b>	Promedios de los parámetros físicoquímicos y microbiológicos .....	27
<b>Tabla 7-4:</b>	Resultados del índice biológico en la estación Upano 1 .....	28
<b>Tabla 8-4:</b>	Índice de calidad Biological Monitoring Working Party/Colombia .....	28
<b>Tabla 9-4:</b>	Resultados del índice biológico en la estación Upano 2 .....	29
<b>Tabla 10-4:</b>	Resultados del índice biológico en la estación Upano 3 .....	29
<b>Tabla 11-4:</b>	Resumen de la clasificación de la calidad del agua según el índice biológico.....	30
<b>Tabla 12-4:</b>	Promedios del índice biológico BMWP/Col .....	31
<b>Tabla 13-4:</b>	Comparación de valores de calidad entre índice BMWP/Col e ICA-NSF.....	31

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-3:</b> Mapa de ubicación de las estaciones de monitoreo.....	17
--	----

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-4:</b>	Relación entre índice biológico BMWP/Col e índice ICA-NSF .....	32
<b>Gráfico 2-4:</b>	Comparación de los resultados obtenidos para los índices de calidad del agua..	33

## ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** RECORRIDO E 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 LABORATORIO
- ANEXO F:** MATERIALES Y EQUIPOS PARA LA RECOLECCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS
- ANEXO G:** RECOLECCIÓN DE MACROINVERTEBRADOS
- ANEXO H:** OBSERVACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LAS FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS
- ANEXO I:** FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS PRESENTES EN EL TRAMO DE ESTUDIO
- ANEXO J:** RESULTADOS DEL ICA-NSF EN EL SOFTWARE IQA-DATA

## RESUMEN

El propósito de este trabajo fue evaluar la calidad del agua del río Upano de Morona Santiago, Ecuador, mediante la aplicación del índice biológico *Biological Monitoring Working Party* (BMWP) de Colombia. La investigación tuvo un enfoque cuali-cuantitativo, puesto que se realizaron descripciones de las especies de los macroinvertebrados encontrados, además se establecieron valores numéricos, como el caso de los indicadores de la calidad del agua debido a la sensibilidad que estos presentan a ciertas perturbaciones ambientales. También se aplicó el Índice de Calidad del Agua de la *National Sanitation Foundation* (ICA-NSF) para realizar una comparación de la calidad del agua obtenida en los dos diferentes índices. El estudio consistió en seleccionar tres estaciones de muestreo en un periodo de tres meses desde noviembre 2020 hasta enero 2021. Para el índice biológico se determinó un total de 225 individuos, distribuidos en 16 familias y 6 órdenes. Como resultados, en el índice biológico se obtuvo: una valoración de calidad aceptable para la estación Upano 1, dudosa para la estación 2 y crítica para la estación 3. Mientras que, para el índice físicoquímico (ICA-NSF) se obtuvo resultados de una calidad de agua Mala para las tres estaciones de monitoreo. En conclusión, se presentaron diferencias significativas entre los dos métodos de estudio, pues, el índice biológico arrojó resultados de una calidad superior con respecto a los resultados del índice físicoquímico. El índice físicoquímico expresa los resultados dados en un lugar y tiempo determinados, mientras que el índice biológico es el resultado de la variación de las condiciones de calidad del agua a lo largo de un periodo de tiempo. Se recomienda nuevos estudios con la utilización de más estaciones de monitoreo.

**Palabras clave:** <BIONDICADORES>, <CALIDAD DEL AGUA>, <*BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY*>, <ICA-NSF>.

Inés  
Zapata

Firmado digitalmente por Inés Zapata  
DN: cn=Inés Zapata, gn=Inés Zapata  
c=ES Spain, e=ES Spain, o=ESPOCH  
ou=DBRA  
e=inés.zapata@esPOCH.edu.ec  
Motivo: Aprobado este documento  
Ubicación:  
Fecha: 2022-01-25 14:55:05.00



0120-DBRA-UPT-2022

## ABSTRACT

This study aims to evaluate the water quality of Upano river in Morona Santiago, Ecuador, by applying the biological index *Biological Monitoring Working Party* (BMWP) from Colombia. The research was focused on a qualitative and quantitative approach, as species of spotted macroinvertebrates were described, and also numerical values were defined, as per, for example, the case of the water quality indexes due to their sensitivity to some environmental disturbances. Hence, the Water Quality Index of the *National Sanitation Foundation* (WQI-NSF) was applied to compare the two different kind of water quality indexes. Three monitoring stations were chosen in a period of time between November, 2020 and January, 2021. With reference to the biological index, 225 individuals were detected totally, divided into 16 families and 6 orders. As a result, the biological index determined an acceptable quality valuation related to the Upano 1 station, an uncertain one for station 2 and a critical one for station 3. Meanwhile, the physicochemical index (WQI-NSF) detected a bad water quality for the three monitoring stations. In conclusion, the research presented significant differences between the two methods, the biological index generated a superior quality results in comparison with the results of the physicochemical index. This one, shows the results obtained in a determined place and time, instead the biological index is the result of the variation of the conditions of the water quality over a period. It is recommended to develop new studies based on many more monitoring stations.

**Keywords:** <BIOINDICATORS>, <WATER QUALITY>, <BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY>, <WQI-NSF>.





## INTRODUCCIÓN

La contaminación causada por residuos domésticos e industriales es un problema que ha sido evidente desde hace tiempo, por este motivo en el siglo XIX ya se realizaron los primeros esfuerzos en determinar el daño ecológico causado por estas actividades antrópicas que deterioran la calidad del agua y afectan a los ecosistemas acuáticos (Roldán, 2003, p. 21).

Los primeros estudios en el que encontraron relaciones entre ciertas especies y el grado de calidad del agua fueron realizados por *Kolenati & Cohn*, 1848; un siglo después *Hynes*, 1959 presentó a los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua e integró la biología de la contaminación acuática (Roldán, 2003, p. 21).

El método Biological Monitoring Working Party fue establecido en Inglaterra en el año de 1983, el cual consistió en la identificación de macroinvertebrados de acuerdo a la tolerancia que presentan a la contaminación (Alba, 1996, p. 208). Posteriormente en el año 1992 realizó una adaptación del sistema BMWP para evaluar la calidad del agua en Colombia denominado BMWP para Colombia el cual puede ser adaptado a la mayoría de países neotropicales para el estudio de la calidad del agua basado en las familias de macroinvertebrados (Roldán, 2003, p. 30).

En el Ecuador se han realizado estudios de la calidad del agua mediante el empleo de macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua en diversos ríos del país, debido a la gran preocupación por el estado de calidad del agua destinada a diferentes usos.

En la provincia de Morona Santiago también existen estudios basados en los macroinvertebrados como es el proyecto de “Evaluación de la calidad del agua del río Copueno, tramo Paccha- Jardín Del Upano, mediante macroinvertebrados bentónicos”, en el cual se aplicaron índices biológicos y físicoquímicos para la determinación de la calidad del agua (Chacón, 2017, p. 1).

El área de estudio que ha sido seleccionada para este proyecto es un tramo de la subcuenca del río Upano, que se encuentra ubicado en la parroquia Macas, cantón Morona, provincia de Morona Santiago. El trayecto de este río atraviesa por la ciudad de Macas, existiendo actividades antropogénicas que pueden afectar la calidad biológica de este cuerpo hídrico.

Para llevar a cabo el estudio, el trabajo se estructuró en cuatro capítulos. En el capítulo I se aborda la problemática que engloba el tema de investigación, los objetivos y la justificación. En el capítulo II se mencionan los antecedentes de la investigación y los conceptos que se utilizaron para el desarrollo del proyecto. En el capítulo III se detalla específicamente el área de estudio y los métodos para la determinación de la calidad del agua y, finalmente, en el capítulo IV se establece los resultados obtenidos en cada uno de los monitoreos para la calidad del agua, tanto para el método físicoquímico, como para el método biológico.

## **CAPÍTULO I**

### **1.1. Planteamiento del problema**

El río Upano, en la provincia de Morona Santiago, es la fuente principal para el desarrollo de diversas especies tanto acuáticas como terrestres por lo que constituye la base fundamental para la producción sostenible.

La calidad del agua del río Upano es influenciada tanto por actividades naturales y antropogénicas que alteran sus características físicas, químicas y microbiológicas, las cuales son de gran importancia para el perfecto equilibrio del ecosistema.

El presente trabajo tiene como finalidad realizar un análisis en el río Upano en el tramo de la ciudad de Macas para determinar la influencia de las actividades que se realizan en esta subcuenca sobre el índice de la calidad del agua. Mediante el uso de herramientas como los análisis fisicoquímicos y bioindicadores se logrará determinar las posibles causas que lo están afectando y así presentar una base para futuras soluciones que mejoren la calidad de este recurso. En respuesta a lo anterior mencionado el estudio intenta responder a la siguiente interrogante: ¿Cuál es la calidad del agua de la subcuenca del río Upano, Morona Santiago-Ecuador, ¿con el uso de macroinvertebrados como bioindicadores en el tramo de la ciudad de Macas?

### **1.2. Justificación**

La calidad del agua ha sido un tema de gran relevancia actualmente para el conocimiento del estado actual de los recursos hídricos y la conservación de los mismos mediante planes de mitigación de los posibles impactos identificados.

Es por este motivo que el presente trabajo surge de la necesidad de conocer la calidad del agua de uno de los ríos más emblemáticos de la ciudad de Macas, debido a que posiblemente por motivos naturales y antrópicos ha cambiado sus características y es motivo de gran preocupación para toda la población.

A pesar de la gran preocupación que existe sobre el estado actual de este cuerpo hídrico pocos son los estudios que se han realizado del mismo en el tramo que corresponde a la ciudad de Macas, por lo cual este trabajo responderá a la necesidad de conocer cuáles son los parámetros de calidad del agua que se encuentran alterados y pueden afectar a la diversidad biológica del río Upano.

Este trabajo además busca generar una conciencia para la conservación de este importante recurso y todas las especies que de él dependen para el desarrollo de sus funciones biológicas.

### **1.3. Objetivos**

#### ***1.3.1. Objetivo General***

- Evaluar la calidad del agua del río Upano, tramo de la ciudad de Macas mediante el análisis de macroinvertebrados como bioindicadores.

#### ***1.3.2. Objetivos Específicos***

- Determinar el índice de calidad del agua (ICA-NSF).
- Identificar las familias de macroinvertebrados presentes en cada estación de monitoreo para la aplicación del método BMWP/Col.
- Comparar los resultados obtenidos del índice de calidad del agua (NSF) y el índice de calidad del agua mediante identificación de macroinvertebrados BMWP/Col.

## CAPÍTULO II

### 2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2.1. Antecedentes

El agua es un recurso importante tanto para el ser humano como para todas las especies de seres vivos, es por esto que en el Plan Nacional para el Buen Vivir se menciona que en la región Amazónica a pesar de tener una alta importancia hídrica por la disponibilidad del recurso, también se ve afectado por contaminación debido a la baja capacidad de tratamiento de aguas residuales (SENPLADES, 2017, p. 106).

El Ministerio del Ambiente realizó análisis en el río Upano y aseguró en respuesta oficial “en base a los resultados de los monitoreos físicoquímicos realizados por un laboratorio acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriana (SAE), se ha podido determinar que sí existe presencia de turbidez en el río Tablas, el mismo que agua abajo se une al río Upano y podría estar ocasionando la alteración de este parámetro que se evidencia en la apariencia física del mismo (Paz, 2019, p. 1).

A pesar de la gran problemática que existe en cuanto al estado actual del río Upano son pocos los estudios que se han realizado sobre el índice de calidad del agua mediante análisis físicoquímicos y bioindicadores que determinen los parámetros que se ven afectados y la implicación que tienen estos en el desarrollo del ecosistema y el medio ambiente.

#### 2.2. Bases teóricas

El análisis de la calidad del agua se realiza con el fin de determinar los parámetros que son alterados y la afectación que producen a la biodiversidad acuática, para el presente estudio de la subcuenca hidrográfica del río Upano se realizó la determinación de la calidad del agua por dos diferentes métodos, análisis físicoquímicos e identificación de macroinvertebrados para la aplicación del índice biológico Biological Monitoring Working Party/Colombia.

##### 2.2.1. *El agua*

El agua ha sido denominada hoy en día como un recurso no renovable debido a cambios bruscos naturales al igual que las alteraciones humanas, lo que ha provocado que vaya desapareciendo poco a poco este recurso de vital importancia.

*El agua se puede definir como un recurso renovable y limitado el cual está constantemente en un proceso complejo denominado ciclo hidrológico, por lo que es un recurso de vital importancia para el desarrollo de todos los seres vivos, cubre más del 70% de la superficie del planeta y está distribuida en ríos, océanos, lagos, aire y suelo. Además de ser el sustento de la vida, el agua también participa en la regulación del clima y la modelación de la tierra (Fernández, 2012, pp. 148-149).*

### **2.2.2. Ciclo hidrológico**

Es la permanente transferencia de masas de agua como resultado del efecto de la energía solar y la gravedad que a su vez es responsable de los fenómenos de precipitación, infiltración y desplazamiento de los cuerpos de agua (Ordoñez, 2011, p. 6).

### **2.2.3. Ríos**

Las cuencas hídricas que componen los diferentes ríos, han encaminado a muchos investigadores a realizar varios estudios, ya sea para identificar su condición según su uso o para identificar los diferentes tipos de bioindicadores para su estudio.

*Los ríos se pueden definir como ecosistemas dinámicos complejos e integradores, los cuales conforman múltiples conexiones con otros ecosistemas en los cuales se presentan procesos como el transporte y procesamiento de materiales en suspensión, químicos y otros nutrientes que mantienen los ciclos biogeoquímicos del planeta. La gran importancia que tienen los ríos en el planeta se debe a que son esenciales para el funcionamiento de los ecosistemas y otros sistemas naturales dentro de la cuenca hidrográfica. Un río que conserva sus características tanto físicas como químicas inalteradas, es decir que posee una buena calidad es capaz de ser hábitat de gran diversidad de especies de flora y fauna, caso contrario sucede con un río que ha sido alterado sus características, el cual progresivamente va perdiendo su capacidad para albergar seres vivos de diferentes especies (Encalada, 2010, p. 42; Mendoza et al., 2014, p. 430).*

### **2.2.4. 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 siendo todos los anteriores afluentes del río Amazonas. Al encontrarse la provincia de Morona Santiago en la cuenca media de los ríos antes*

*mencionados recibe una gran cantidad de contaminación generada en las cuencas altas de estos ríos* (Dirección de Planificación, 2011, p. 72).

### **2.2.5. Contaminación del agua**

Para determinar la valoración de la calidad de agua en un cuerpo de agua dulce o salada, es importante conocer la evolución que este haya tenido a lo largo del tiempo, logrando de esta manera obtener valores de mayor relevancia sobre el estado del lugar de interés.

*En la naturaleza el agua no se encuentra en su estado puro al existir otros elementos que modifican su composición como son los componentes orgánicos e inorgánicos que son parte de los ecosistemas, es por esto que la contaminación se puede definir como la presencia de cualquier elemento o compuesto cuya concentración impida o limite su capacidad benéfica* (Orta, 2002, p. 56).

### **2.2.6. Contaminantes del agua**

Los contaminantes afectan principalmente el aspecto, debido que al relacionarse con el ambiente produce alteración en sus componentes.

*Existen gran variedad de contaminantes que alteran la composición química del agua, generando un riesgo para todos los seres vivos que dependen de ella para su supervivencia, entre ellos se encuentran materias orgánicas e inorgánicas que causan severos daños en los cuerpos hídricos por su capacidad para infiltrarse en los mismos y alterar sus características esenciales para el desarrollo de la vida* (Medina y Andrade, 2009, p. 20).

### **2.2.7. Tipos de contaminantes del agua**

#### **2.2.7.1. Contaminantes físicos**

Son aquellos que pueden ser evidentes a simple vista debido a que principalmente afectan al aspecto del agua al ser sólidos o líquidos y que no se sedimentan al fondo de los cuerpos hídricos generando graves problemas a la flora y fauna (Medina y Andrade, 2009, p. 11).

#### *2.2.7.2. Contaminantes químicos*

En este grupo se encuentran aquellos compuestos orgánicos e inorgánicos los cuales se encuentran disueltos en el agua, generalmente estos compuestos tienen su origen en actividades antrópicas como son descargas industriales, domésticas y agrícolas (Medina y Andrade, 2009, p. 11).

#### *2.2.7.3. Contaminantes orgánicos*

Estos compuestos al igual que los químicos se encuentran disueltos en el agua, pueden proceder de desechos domésticos, agrícolas e industriales. Estos desechos consumen el oxígeno disuelto del agua generando el fenómeno de eutrofización el cual afecta a todas las especies acuáticas (Medina y Andrade, 2009, p. 12).

#### *2.2.7.4. Contaminantes biológicos*

En este grupo se encuentran especies capaces de degradar la materia orgánica como son: hongos, bacterias, virus, algas y otras especies que su presencia puede ser nociva para la salud debido a su alta capacidad para provocar enfermedades (Medina y Andrade, 2009, p. 12).

#### **2.2.8. Impacto Ambiental**

El medio ambiente sufre constantes alteraciones, ya sea por actividades antropogénicas o por fenómenos naturales, que producen cambios significativos en el entorno, por lo que es importante identificarlos y determinar, su grado, magnitud e importancia para mitigar o reducir dichas modificaciones.

*Es una alteración que surge como resultado de actividades antrópicas en el medio ambiente, estas alteraciones pueden manifestarse de diferentes maneras en el medio afectando a los recursos como son el agua, aire, suelo y por consiguiente a los seres vivos que dependen de ellos para su subsistencia. En el caso del agua se puede denominar impacto a las actividades naturales o antrópicas que alteren las condiciones en las cuales se encuentra este recurso en la naturaleza y ocasionen un desequilibrio en el ecosistema (Cruz et al., 2008, p. 7).*

## **2.3. Bases conceptuales**

### **2.3.1. Calidad del agua**

Existen diversos métodos para conocer la calidad de un determinado cuerpo hídrico entre ellos está el análisis físico-químico, microbiológico y el análisis de componentes biológicos como son los bioindicadores.

*La calidad del agua es un término que define el estado de este recurso en cuanto a su capacidad para ser aprovechado en el ciclo de todos los seres vivos y diferentes actividades antrópicas. El deterioro constante que están sufriendo los cuerpos de agua hace que repentinamente este recurso pierda su capacidad de autodepuración produciendo así desequilibrio en los ecosistemas que lo requieren para su desarrollo (Pauta et al., 2019, p. 77).*

### **2.3.2. Análisis físicoquímico del agua**

Se refiere al estudio de aquellos parámetros físicos, químicos y microbiológicos, los cuales son considerados en el índice de calidad del agua para la evaluación de los cuerpos hídricos. Los parámetros considerados para el estudio de la calidad del agua de los cuerpos hídricos son los siguientes:

#### **2.3.2.1. Parámetros físicos**

##### **- Temperatura**

Es la medida del calor de las partículas en una sustancia, en el agua tiene gran importancia debido a que los organismos requieren de distintas condiciones en el medio para desarrollarse (Torres, 2009, p.48).

##### **- Sólidos totales**

Son aquellos residuos resultantes después de que una determinada muestra de agua ha sido evaporada y secada a una temperatura específica, cuyo resultado nos permite estimar el contenido de materias disueltas y suspendidas que se encuentran en la muestra (Argandoña y Macías, 2013, p. 33).

##### **- Turbidez**

La turbidez es una propiedad óptica que tiene una suspensión la cual hace que la luz se disperse y no se transmita a través de ella, es decir mide el grado en que el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión (Deloya, 2006, p. 31).



### 2.3.2.2. Parámetros químicos

#### - Oxígeno disuelto

Este parámetro indica la cantidad de oxígeno disponible en los cuerpos hídricos. Es un indicativo de la contaminación del agua y del soporte que este recurso puede dar para el crecimiento y la reproducción de los seres vivos (Gualdrón, 2016, p. 89).

#### - pH

Es la medida de los iones hidrógeno que posee el agua y representa la acidez o alcalinidad del cuerpo hídrico. En sistemas abiertos como los ríos es de gran importancia para la determinación de la calidad del agua (García et al., 2018, p. 60).

#### - Nitratos

El nitrato es un parámetro que indica la descomposición de la materia orgánica animal o vegetal en el cuerpo hídrico procedente de diversas fuentes naturales o antropogénicas, la presencia de nitratos en cuerpos hídricos superficiales o subterráneos también se puede deber al ciclo natural del nitrógeno (Gualdrón, 2016, p. 89).

#### - Fosfatos

Los fosfatos pueden llegar a ser una de las sustancias más peligrosas en la contaminación del agua, debido a que las altas concentraciones de nitratos y fosfatos combinados con los vertidos de sustancias de alta contaminación ocasionarían la eutrofización en las aguas, llegando así a disminuir la vida acuática.

*La presencia de fosfatos es un indicador de la cantidad de detergentes sintéticos y fertilizantes que han sido vertidos, esto debido a que poseen fósforo en su composición y llegan a los cuerpos hídricos por escurrimiento o descargas de aguas negras. El exceso de nutrientes como son los nitratos y fosfatos provoca el crecimiento excesivo de biomasa de algas y plantas acuáticas, reduciendo la disponibilidad de oxígeno disuelto para otras especies y generando un empobrecimiento de la diversidad biológica (Raffo y Ruiz, 2014, p. 75; Gualdrón, 2016, p. 89).*

#### - DBO<sub>5</sub> (Demanda Bioquímica de Oxígeno)

La demanda bioquímica de oxígeno es de mucha importancia puesto que con la medición de dicho parámetro se identificará la cantidad de oxígeno que precisan los microorganismos para la eliminación de la materia orgánica presente en las aguas residuales.

*Es la medida de la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para degradar el material orgánico presente en el agua en condiciones aerobias. La determinación de la DBO es importante debido a que las aguas superficiales son altamente susceptibles a la*

*contaminación y estos contaminantes demandan el oxígeno para degradarse, consumen el oxígeno necesario para el desarrollo de la fauna y flora acuática cambiando de esta manera la calidad del agua* (Navarro et al., 2005, p. 3).

#### **2.3.2.3. Parámetros microbiológicos**

##### **- Coliformes Fecales**

Pertencen a una familia de bacterias que se encuentran en plantas, suelo, animales y humanos. La presencia de coliformes fecales es un indicio de que el agua puede estar contaminada con aguas negras u otro tipo de contaminación por desechos en descomposición (Ramos et al., 2008, p. 88).

#### **2.3.3. Calidad biológica**

Los cuerpos hídricos son evaluados por la composición y estructura de las comunidades de organismos que habitan en él, por este motivo se debe considerar que un medio acuático presenta una buena calidad biológica cuando sus características naturales no han sido alteradas (Alba, 1996, p. 205).

#### **2.3.4. Monitoreo biológico**

Es la medición de algunas especies de flora o fauna de manera cualitativa y cuantitativa, debido a la sensibilidad que tienen estas especies a los cambios ocurridos en el medio ambiente son considerados como indicadores biológicos, los cuales son utilizados para determinar la calidad de un cuerpo hídrico (Viteri et al., 2017, p. 634).

#### **2.3.5. Bioindicadores**

Los bioindicadores nos dan información sobre ciertas características ecológicas del medio ambiente, o sobre el impacto de ciertas prácticas en el medio. Generalmente se utilizan para evaluar el grado de impacto ambiental que se generan en el medio que los rodea.

*Son especies de flora y fauna cuya presencia o ausencia determina sustancialmente el estado de conservación o degradación del medio ambiente. A través de estos indicadores se puede detectar, describir y predecir los cambios principalmente ocasionados por actividades humanas en los ecosistemas. Los indicadores biológicos son utilizados debido a que algunos organismos pueden presentar adaptaciones evolutivas a determinadas*

condiciones ambientales. Estas adaptaciones son el motivo por el cual algunas especies desaparecen al ser intolerantes a cierto tipo de perturbación en el medio y dejan libre el espacio a otras que en su lugar se adaptan y aumentan su población, lo cual se puede interpretar como signos evidentes de contaminación (Alba, 1996, p. 204).

### 2.3.6. Macroinvertebrados acuáticos

Son aquellos organismos que habitan en los sistemas acuáticos adheridos a la vegetación, troncos y rocas sumergidas. Son denominados macroinvertebrados debido a que pueden ser observados a simple vista, poseen un tamaño entre 0.5 mm hasta alrededor de 5.00 mm (Roldán, 2016, p. 254).

#### 2.3.6.1. Características de los principales órdenes de macroinvertebrados acuáticos

Se denominan macroinvertebrados acuáticos a una diversidad de especies que pertenecen a distintas clases, órdenes y familias dependiendo de sus características morfológicas.

A continuación, se presentan las principales órdenes de macroinvertebrados con las características más representativas.

**Tabla 1-2:** Características de los principales órdenes de macroinvertebrados

Orden	Características	Principales familias
Ephemeroptera	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las larvas son exclusivamente acuáticas y pueden vivir hasta dos años, mientras que la vida del adulto es efímera.</li> <li>- Su respiración se realiza por branquias abdominales.</li> <li>- Son principalmente detritívoros (se alimentan de materia orgánica muerta).</li> <li>- Se encuentran en prácticamente todos los microambientes disponibles.</li> <li>- Son un componente importante de la fauna bentónica, tanto en número de individuos como en biomasa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baetidae</li> <li>- Leptohiphidae</li> <li>- Leptophlebiidae</li> </ul>
Odonata	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Son comúnmente conocidos como libélulas o caballitos del diablo.</li> <li>- Son acuáticos en sus etapas inmaduras, mientras que los adultos no son obligatoriamente acuáticos.</li> <li>- Todas las larvas son depredadoras y atacan a diferentes especies con las que comparten territorio</li> <li>- Pueden vivir en diferentes hábitats, pero son más frecuentes en lugares de poca corriente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Libellulidae</li> </ul>
Hemiptera	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Una gran parte de las familias viven sobre la superficie del agua</li> <li>- La mayoría son depredadores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Naucoridae</li> <li>- Veliidae</li> </ul>
Megaloptera	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Son acuáticos en sus etapas larvales y terrestres en su estado de pupa</li> <li>- Es un orden pequeño que incluye únicamente dos familias.</li> <li>- Son depredadores, se alimentan principalmente de otros insectos y peces pequeños.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Corydalidae</li> </ul>
Coleoptera	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Constituye el grupo más numeroso de organismos que se conoce.</li> <li>- Poseen adaptación al medio acuático en diferentes etapas de su ciclo vital.</li> <li>- Presentan un régimen alimenticio muy variado</li> <li>- Las larvas son muy variables en su biología y morfología.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Psephenidae</li> <li>- Staphylinidae</li> <li>- Ptilodactylidae</li> </ul>

	- Los escarabajos acuáticos se encuentran en todo tipo de aguas continentales.	
Diptera	- Es el orden más ampliamente distribuido y con mayor diversidad de macroinvertebrados. - Algunas especies están adaptadas a vivir en zonas con altas corrientes y concentraciones de oxígeno, mientras que otras se adaptan a ecosistemas con ciertas perturbaciones e incluso en condiciones extremas. - Su biología es sumamente diversa y son muy variables en su morfología	- Psychodidae - Simuliidae - Culicidae - Chironomidae
Trichoptera	- Constituye uno de los órdenes más diversificados en agua dulce. - Es un orden muy importante dentro de la cadena alimenticia debido a que las larvas y adultos son parte de la dieta de los peces de agua dulce. - Las larvas son exclusivamente acuáticas, mientras que los adultos son aéreos. - Su modo de alimentación es muy variado con especies herbívoras, depredadoras y detritívoras. - Son potenciales indicadores de contaminación debido a que distintas especies toleran diferencialmente cambios de concentración de sustancias de desecho	- Polycentropodidae - Hydropsychida - Philopotamidae - Glossomatidae
Plecóptera	- Las larvas son exclusivamente acuáticas - Viven en el fondo de cauces bien oxigenados y libres de contaminación - Pueden ser fragmentadores de materia orgánica o depredadores	- Perlidae

**Fuente:** Ladrera, 2012, p. 26-27; Hanson et al., 2010: pp. 13-22; Angrisano et al., 2001: pp. 17-163

**Realizado por:** Rodríguez, Gabriela, 2021.

### 2.3.6.2. Impactos al ecosistema fluvial que alteran la comunidad de macroinvertebrados

#### - Contaminación del agua

Los vertidos de tipo puntual de núcleos urbanos e industriales suponen un gran impacto a los ecosistemas fluviales debido a que las sustancias tóxicas presentes en las aguas residuales que llegan al río pueden afectar gravemente a la comunidad de macroinvertebrados y a la biota en general (Ladrera, 2012, p. 28).

#### - Eutrofización

Consiste en el crecimiento excesivo de organismos fotosintéticos en el agua debido al aumento de nutrientes en la misma, principalmente nitratos procedentes de actividades agroganaderas y fosfatos procedentes de detergentes sintéticos (Ladrera, 2012, p. 28).

#### - Alteraciones morfológicas

Cada grupo de macroinvertebrados vive en un hábitat específico, como pueden ser pozas, rápidos, sombras, raíces de árboles, plantas acuáticas, llanuras de inundación, entre otros. Es por esto que las alteraciones que provoquen una homogenización del cauce y la eliminación de muchos de estos hábitats causarán una disminución de la comunidad de (Ladrera, 2012, p. 28).

#### - Alteraciones del régimen del caudal

Estas pueden generarse por actividades antrópicas como son la toma de agua para actividades agrícolas, centrales hidráulicas y embalses. Estas alteraciones pueden modificar la comunidad original de seres vivos debido a que las especies autóctonas han desarrollado modos de vida adaptadas al flujo natural del sistema (Ladrera, 2012, p. 29).

- *Especies invasoras*

Algunas especies introducidas en un determinado ecosistema son capaces de adaptarse y provocan el desplazamiento de especies autóctonas desencadenando la alteración física y química del hábitat (Ladrera, 2012, p. 29).

### **2.3.7. Índice de calidad del agua**

En general los índices de calidad del agua nos ayudan a determinar el nivel de afectación que tiene un cuerpo hídrico como consecuencia de actividades naturales o antrópicas que deterioran su calidad y capacidad para el desarrollo de diferentes especies.

*Es una herramienta que permite la determinación de la calidad de un cuerpo hídrico mediante el análisis de parámetros físicos, químicos y biológicos, los cuales proporcionan información acerca del estado del recurso en un determinado espacio y tiempo. Los índices de calidad resumen un cúmulo de variables en un solo valor numérico, lo cual facilita el manejo de datos y permite comunicar en forma simple el estado de calidad del agua de un cuerpo hídrico para un uso determinado (Caho y López, 2017, p. 37).*

#### **2.3.7.1. Índices fisicoquímicos**

Se basan en el estudio de parámetros físicos, químicos y microbiológicos para la determinación de la calidad del agua, los cuales indican de manera puntual el estado de un cuerpo hídrico y son de gran utilidad para hallar las causas de alteración o contaminación del mismo (Pérez y Rodríguez, 2008, p. 1906).

- *ICA-NSF*

Es un índice cuya metodología aporta información reproducible sobre los atributos del agua y representa una alternativa para determinar la calidad de un cuerpo hídrico sin recurrir a recopilaciones estadísticas de las tendencias, variable por variable y sitio por sitio.

*El índice de Calidad del Agua NSF fue creado por la Fundación Nacional de Saneamiento de Estados Unidos. Para su aplicación se toma en cuenta las variables que más influyen en la contaminación de las aguas a partir de ciertos parámetros indispensables para la aplicación de este índice como son: oxígeno disuelto, temperatura, pH, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos totales, nitratos, fosfatos y turbidez (Forero, 2017, p. 33).*

### 2.3.7.2. Índices biológicos

Son utilizados ampliamente para la evaluación de la calidad del agua debido a la gran representatividad de los resultados, ya que la utilización de organismos vivos lo convierte en un indicador perfecto de la calidad del agua y su afectación a las especies nativas de un ecosistema.

*Son aquellos que utilizan organismos vivos para su evaluación, los cuales reflejan las condiciones del monitoreo en retrospectiva de las perturbaciones ocurridas a lo largo del tiempo, aunque no se puede saber con certeza los agentes contaminantes existentes presenta una ventaja sobre los análisis físico químicos debido a que estos métodos solo ofrecen información del recurso hídrico al momento del análisis y no de su dinámica y evolución a lo largo del tiempo (Alba, 1996, p. 204).*

#### - *Biological Monitoring Working Party/Colombia*

El Biological Monitoring Working Party fue un método establecido para la evaluación de la calidad del agua mediante el uso de macroinvertebrados. Para la aplicación de este método se requiere la identificación de las familias y la asignación de valores del 1 al 10 dependiendo de la tolerancia de estas familias a la contaminación orgánica que presente el recurso (Roldán, 2003, p.29).

## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo de Investigación

El presente proyecto respondió a una investigación mixta debido a que se realizó análisis tanto cualitativos como cuantitativos, según el objetivo, es una investigación aplicada porque se empleó conocimientos adquiridos que se desarrollaron en la práctica, según el nivel de profundización en el objeto de estudio es descriptiva ya que no se realizó la manipulación de las variables de estudio.

#### 3.2. Diseño de la Investigación

La investigación fue no experimental debido a que no se realizó la manipulación de las variables de estudio, únicamente se realizó la observación e identificación de las variables en el contexto natural en el que se desarrollan.

#### 3.3. Tecnológico

##### 3.3.1. Localización del proyecto

El presente proyecto se realizó en la parroquia Macas, provincia de Morona Santiago, subcuenca hidrográfica del río Upano, el cual pertenece a la cuenca hidrográfica del río Santiago, posee una longitud aproximada de 166 km y una superficie de 371,326 hectáreas en la provincia de Morona Santiago (Dirección de Planificación, 2011, p. 72).

El estudio se desarrolló en el tramo del río Upano que cursa por la ciudad de Macas el cual posee una longitud aproximada de 3 473,31 metros desde la estación inicial a 957 m.s.n.m. hasta la estación final de estudio a 889 m.s.n.m.

Se realizaron trabajos de campo en cada una de las estaciones seleccionadas a lo largo de la subcuenca hídrica y análisis de laboratorio para los parámetros físicoquímicos, microbiológicos e identificación de macroinvertebrados.

Los análisis de laboratorio fueron realizados en el laboratorio de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Sede Morona Santiago, ubicada en la ciudad de Macas.

### 3.3.2. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo

Se seleccionaron tres puntos de muestreo a lo largo de la subcuenca del río Upano, los cuales fueron seleccionados por el investigador en base a los criterios señalados a continuación para cada una de las estaciones de monitoreo.

#### 3.3.2.1. Estación Upano 1

Está ubicada en la parte superior del río al ingreso de la ciudad de Macas, fue seleccionada debido a la representatividad, es decir que esta estación sirvió de referencia para conocer la calidad del agua al ingreso del tramo de estudio y nos indicó las condiciones iniciales del agua para conocer la alteración que sufrió este cuerpo hídrico a lo largo de su paso por este tramo.

#### 3.3.2.2. Estación Upano 2

La siguiente estación de monitoreo está ubicada en la parte media del recorrido del río Upano por el tramo de la ciudad de Macas, el mismo se encuentra en la parte baja del puente sobre el río Upano en la Vía Macas-Puyo y fue seleccionada debido a que esta zona se encuentra intervenida por actividades antrópicas de extracción de materiales pétreos.

#### 3.3.2.3. Estación Upano 3

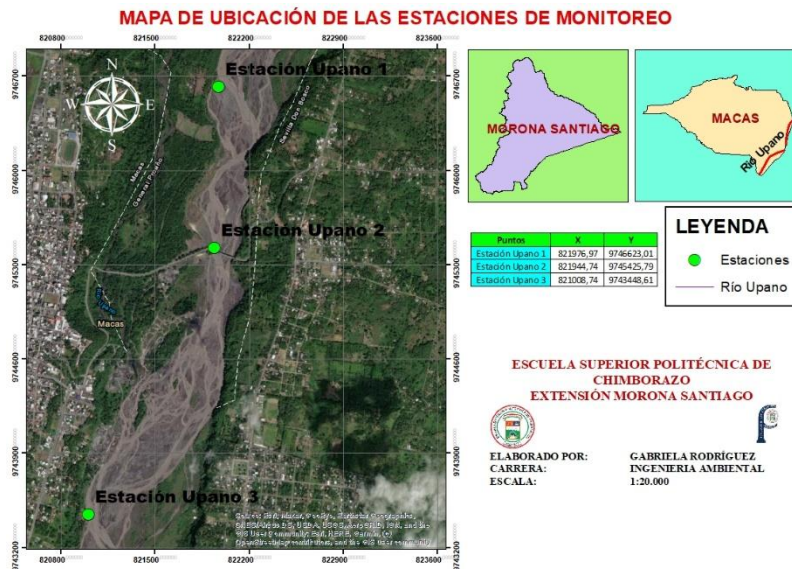
Finalmente, la última estación de monitoreo se ubicó aguas abajo de las dos primeras estaciones de monitoreo y fue seleccionada debido a que se encuentra en la parte final del recorrido del río Upano por el tramo seleccionado, por lo cual nos proporcionó datos de calidad de salida del recurso.

**Tabla 1-3:** Coordenadas de las estaciones de monitoreo

Estaciones de monitoreo	Altitud m.s.n.m	Coordenadas UTM WGS84	
		Latitud	Longitud
Estación Upano 1	939	9746635,40 N	822383,15 E
Estación Upano 2	928	9745381,62 N	821967,76 E
Estación Upano 3	889	9742548,10 N	820880,82 E

Realizado por: Rodríguez, Gabriela, 2021.





**Figura 1-3:** Mapa de ubicación de las estaciones de monitoreo

Realizado por: Rodríguez, Gabriela, 2021.

### 3.3.3. Población de estudio o tamaño de la muestra

Para el análisis físicoquímico del agua fueron tomadas muestras simples en cada una de las estaciones establecidas para el monitoreo, por lo cual, la población de estudio fue el total de agua recolectada de cada estación por cada uno de los monitoreos realizados; mientras que para el análisis de macroinvertebrados, la población de estudio fue el total de individuos encontrados durante el tiempo establecido para la recolección, por lo que, en total se realizaron nueve análisis físicoquímicos y se obtuvieron nueve muestras de macroinvertebrados para su análisis.

### 3.3.4. Técnicas de recolección de datos

Para el índice físicoquímico (ICA-NSF) se realizó un monitoreo mensual durante los meses de noviembre (2020), diciembre (2020) y enero (2021), para lo cual se tomó una muestra simple de cada estación de monitoreo; mientras que el análisis de macroinvertebrados se realizó mediante la metodología de recolección de campo de los individuos para su posterior análisis.

### 3.3.5. Ingeniería del proyecto

#### 3.3.5.1. Metodología para la aplicación del índice físicoquímico (ICA-NSF)

##### - Trabajo de campo

La medición de la temperatura, oxígeno disuelto y pH se realizó de manera in situ en cada una de las estaciones de monitoreo mediante el empleo de un medidor multiparamétrico marca APERA y un medidor de pH marca PHYME respectivamente.

Posterior a la medición de los parámetros in situ se procedió a la toma de una muestra simple de un litro de agua para los análisis físicoquímicos según la metodología detallada en el Standard Methods, el cual establece que una muestra simple es aquella tomada en un lugar específico en un corto período de tiempo (American Public Health Association et al., 2017, p.150). De la misma manera, para analizar el parámetro de coliformes fecales, fue necesario la toma de una muestra en frasco microbiológico de 50 ml de capacidad.

##### - Análisis de laboratorio

Para la aplicación del ICA-NSF se realizaron análisis de laboratorio de los siguientes parámetros: nitratos, fosfatos, DBO<sub>5</sub>, sólidos totales y turbidez, los cuales fueron realizados mediante la metodología detallada en el “Método Estandarizado para la Examinación de Agua y Aguas Residuales, 23ava. Edición, 2017”, según se detalla a continuación.

**Tabla 2-3:** Parámetros de caracterización para los análisis de laboratorio

Parámetro	Metodología	Referencia
Sólidos Totales	Standard Methods 2540 B	(American Public Health Association et al., 2017, pp.186-187)
Nitratos	Standard Methods 4500-NO <sub>3</sub> -E	(American Public Health Association et al., 2017, pp.490-492)
Fosfatos	Standard Methods 4500-P-D	(American Public Health Association et al., 2017, pp.524-525)
Turbidez	Standard Methods 2130-B	(American Public Health Association et al., 2017, pp.131-133)
DBO <sub>5</sub>	Standard Methods 5210-B	(American Public Health Association et al., 2017, pp.575-580)
Coliformes fecales	Standard Methods 9221- E	(American Public Health Association et al., 2017, pp.1169-1170)

Realizado por: Rodríguez, Gabriela, 2021.

- *Análisis Estadístico*

Durante el período de monitoreo se analizaron nueve muestras, las cuales reflejaron el estado del agua de río Upano puntualmente. Posterior a la determinación de los valores para los parámetros de estudio, se realizó la determinación de la calidad del agua mediante el software IQA-DATA versión 2015 el cual proporcionó la valoración de la calidad del agua mediante la asignación de los valores de los parámetros en las unidades correspondientes y los pesos establecidos de acuerdo a la metodología establecida por la NSF (Da costa et al., 2010, p. 5).

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

Parámetros	Unidad	Peso NSF
Temperatura	°C	0,10
Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /L	0,17
DBO	mg O <sub>2</sub> /L	0,10
Sólidos disueltos totales	mg/L	0,08
Turbidez	UNT	0,08
Fosfatos	mg PO <sub>4</sub> /L	0,10
Nitratos	mg N-NO <sub>3</sub> /L	0,10
pH	unidades	0,12
Coliformes fecales	NMP/100mL	0,15






Fuente: Forero 2017, p. 34

Realizado por: Rodríguez, Gabriela, 2021.

- *Determinación del índice de calidad del agua (ICA-NSF)*

Una vez obtenida la valoración para la calidad del agua en el Software IQA-DATA, se realizó la asignación de la calidad del agua mediante la tabla de los rangos establecidos para la calidad de agua de acuerdo al ICA-NSF.

**Tabla 4-3:** 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: Jiménez y Vélez, 2006, p. 63.

Realizado por: Rodríguez, Gabriela, 2021.

### 3.3.5.2. Metodología para la aplicación del índice biológico BMWP/Col

#### - *Trabajo de campo*

La recolección de macroinvertebrados se inició en cada una de las estaciones aguas abajo alrededor de 50 metros y se siguió avanzando el muestreo hacia arriba para evitar que el agua se vuelva turbia. Para llevar a cabo la recolección se utilizó una red tipo Surber y se removió todo el sustrato vegetal (hojas y ramas), piedras, y cualquier otro sustrato que forma parte de los hábitats de macroinvertebrados (Carrera y Fierro, 2001: p. 36). Una vez removido el material los macroinvertebrados se desprenden de sus hábitats y la red sirve de trampa para que puedan ser atrapados.

Cuando la red se encontró con suficiente material para ser analizado se procedió a colocar el contenido de la red en una bandeja blanca para identificar visualmente los individuos que corresponden a macroinvertebrados que se encuentran contenidos, posteriormente con ayuda de una pinza fueron colocados en un frasco de vidrio con alcohol al 70% para su conservación y posterior análisis en laboratorio. El tiempo de recolección varía de acuerdo a la presencia de individuos, en las áreas seleccionadas de estudio, este procedimiento se repitió por aproximadamente una hora hasta que al realizarse la recolección ya no se obtuvieron representantes de nuevas familias de macroinvertebrados (Alba, 1996, p. 210).

#### - *Trabajo de laboratorio*

Una vez recolectados los macroinvertebrados se procedió al traslado de las muestras al laboratorio, posterior a ello, se analizó las muestras de cada estación, para lo cual, se colocó cada uno de los individuos en una caja petri con alcohol para su conservación y se ubicó la muestra en el estereoscopio para la visualización e identificación morfológica y taxonómica.

#### - *Identificación taxonómica*

Finalmente, se procedió a la identificación de las familias encontradas mediante la descripción detallada para cada familia en la guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos (Angrisano et al., 2001: p. 50) y se procedió a la anotación de resultados de familias para la posterior aplicación en el método seleccionado de índice biológico para la calidad del agua “Biological Monitoring Working Party/Colombia”

#### - *Aplicación del índice biológico*

Los macroinvertebrados presentan diferente grado de tolerancia a las perturbaciones asociadas a la calidad del agua, es por este motivo que se estableció la sensibilidad de los macroinvertebrados de acuerdo a la tolerancia de los contaminantes según se detalla a continuación (Carrera y Fierro, 2001, p. 30).

**Tabla 5-3:** 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: Rodríguez, Gabriela, 2021.

La aplicación del índice biológico se desarrolló mediante la metodología propuesta por (Roldán, 2003, p. 5), en la cual estableció la valoración para cada familia de acuerdo a la sensibilidad que presenta a la contaminación como se detalla en el tabla 6-3.

**Tabla 6-3:** 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, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limmichidae, 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, 2003, p. 31

Realizado por: Rodríguez, Gabriela, 2021.

Una vez determinados los valores de la tabla 6-3 para cada una de las familias encontradas en las estaciones de monitoreo se procedió a la suma de los valores de tolerancia para la obtención de un único valor que representa la calidad del agua de acuerdo al método Biological Monitoring Working Party/Colombia.

- *Determinación de las clases de calidad del agua*

Una vez se obtiene el valor de la sumatoria de la tolerancia de cada familia se comparó este resultado con la tabla 7-3 de las clases de calidad del agua para el método biológico y se determinó la calidad del agua para cada estación de monitoreo.

**Tabla 7-3:** 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: Rodríguez, Gabriela, 2021.

### 3.3.6. Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria

#### - Análisis físicoquímico

**Tabla 8-3:** Equipos utilizados para el análisis físicoquímico y microbiológico

Parámetro	Tipo	Sitio	Equipos
Oxígeno disuelto	Químico	In situ	Medidor multiparametro, marca: Apera, modelo: PC820
Temperatura	Físico	In situ	Medidor multiparametro, marca: Apera, modelo: PC820
pH	Químico	In Situ	Medidor de pH marca PHYME
Coliformes fecales	Microbiológico	Laboratorio	Bomba de vacío de laboratorio, marca: Rocker, modelo: R300 Equipo de filtración completo Incubador de laboratorio marca: Rebelk, modelo: RI130P
Nitratos	Químico	Laboratorio	Espectrofotómetro
Fosfatos	Químico	Laboratorio	Espectrofotómetro
Turbidez	Físico	Laboratorio	Espectrofotómetro
DBO5	Químico	Laboratorio	Equipo medidor de DBO
Sólidos Totales	Físico	Laboratorio	Balanza analítica Horno de secado a 103-105 °C

Realizado por: Rodríguez, Gabriela, 2021.

**Tabla 9-3:** Equipos y materiales utilizados para la identificación de macroinvertebrados

Campo	Laboratorio
Frascos de vidrio	Estereoscopio
Alcohol 70%	Pinzas
Pinzas	Alcohol 70 %
Red tipo Surber	Caja Petri
Bandejas blancas	Agua destilada

Libreta de campo	Libreta de notas
Esferos	Esferos
Botas de caucho	Guía para la identificación de macroinvertebrados
Mascarillas quirúrgicas	Mascarillas quirúrgicas
Cooler	

**Realizado por:** Rodríguez, Gabriela, 2021.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS

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

Los análisis para la determinación de la calidad físicoquímica del agua en el río Upano se realizaron durante los meses de noviembre (2020), diciembre (2020) y enero (2021), en tres estaciones de monitoreo. En total nueve muestras fueron analizadas, dando como resultado los valores presentes en las tablas 1-4, 3-4 y 4-4, valores que fueron ingresados en el software IQA-DATA para la determinación de la calidad del agua en cada estación de monitoreo.

**Tabla 1-4:** Análisis físicoquímicos y microbiológicos de la estación Upano 1

Estación Upano 1					
	Parámetros	Unidad	Noviembre 2020	Diciembre 2020	Enero 2021
1	Temperatura	°C	20,3	22,2	22,5
2	pH	-	7,4	7,7	7,9
3	Oxígeno Disuelto	mg/l	7,9	7,76	7,5
4	Nitratos	mg/l	12,5	19,4	11,7
5	Fosfatos	mg/l	2,79	1,94	3,74
6	Turbidez	NTU	221	212	240
7	Sólidos Totales	mg/l	3342	3380	3960
8	DBO5	mg/l	5,3	6,1	7,8
9	Coliformes Fecales	NMP/100 ml	60	110	70
	<b>Valor ICA-NSF</b>		<b>34</b>	<b>32,33</b>	<b>30,22</b>

Realizado por: Rodríguez, Gabriela, 2021.

**Tabla 2-4:** Análisis comparativos de indicadores de calidad de agua superficial

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

Fuente: Jiménez y Vélez, 2006: p. 63

Realizado por: Rodríguez, Gabriela, 2021.

En la tabla 1-4 se puede observar los valores obtenidos para el índice de calidad del agua mediante el índice establecido por la Fundación Nacional de Saneamiento de Estados Unidos (ICA-NSF). Para la estación de monitoreo Upano 1 en el mes de diciembre se obtuvo una valoración de 34, siendo los fosfatos el parámetro más importante que afectó la calidad del agua, que representaron del 25 al 50 % de afectación a la calidad del agua.



En el mes de diciembre la estación Upano 1 presentó una valoración de 32,33 para la calidad del agua, siendo los nitratos el parámetro que más afectó a la calidad del agua con un 25 al 50% de afectación a la calidad del agua.

La estación Upano 1 en el mes de enero de 2021 obtuvo una valoración de 30,22, en este caso los fosfatos afectaron a la calidad del agua representando del 25 al 50% de afectación a la calidad del agua, incidiendo en la contaminación de las aguas del río Upano.

Los rangos propuestos para la calidad del agua se los puede identificar mediante la clasificación establecida en la tabla 2-4, de esta manera se evidencia que la calidad de agua en las tres muestras realizadas en la estación Upano 1 reciben una calificación de “Mala” en los tres monitoreos realizados.

**Tabla 3-4:** Análisis físicoquímicos y microbiológicos de la estación Upano 2

Estación Upano 2					
	Parámetros	Unidad	Noviembre 2020	Diciembre 2020	Enero 2021
1	Temperatura	°C	22,9	22,8	22,6
2	pH	-	7,4	7,7	7,8
3	Oxígeno Disuelto	mg/l	8,2	7,75	8,8
4	Nitratos	mg/l	16,5	15,2	10,87
5	Fosfatos	mg/l	2,51	2,12	2,98
6	Turbidez	NTU	257	229	368
7	Sólidos Totales	mg/l	3540	3650	2340
8	DBO5	mg/l	6,5	5,8	6,3
9	Coliformes Fecales	NMP/100 ml	210	230	370
	<b>Valor ICA-NSF</b>		<b>31,21</b>	<b>32,76</b>	<b>32,70</b>

Realizado por: Rodríguez, Gabriela, 2021.

En la tabla 3-4 se presentan los datos obtenidos para la valoración del índice de calidad del agua en la estación Upano 2. En el mes de noviembre 2020 se obtuvo una valoración de 31,21, siendo los parámetros que más afectaron la calidad del agua los nitratos, fosfatos, turbidez y coliformes fecales los cuales representaron entre el 10 y 24% de la calidad del agua.

En el mes de diciembre de 2020 la calidad del agua obtuvo una valoración de 32,76, en este caso el parámetro que representó la mayor afectación a la calidad fue los nitratos del 25 al 50 % de afectación.

La calidad del agua en el mes de enero de 2021 consiguió una valoración de 32,70, siendo los parámetros que representan la mayor afectación los nitratos, fosfatos, turbidez y coliformes fecales entre el 10 y 24 % de representatividad.

Los rangos propuestos para la calidad del agua se los puede identificar mediante la clasificación establecida en la tabla 2-4, de esta manera se evidencia que la calidad de agua en las tres muestras realizadas en la estación Upano 2 reciben una calificación de “Mala” para el índice de calidad físicoquímico en los tres monitoreos realizados.

**Tabla 4-4:** Análisis físicoquímicos y microbiológicos de la estación Upano 3

<b>Estación Upano 3</b>					
	<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Noviembre 2020</b>	<b>Diciembre 2020</b>	<b>Enero 2021</b>
1	Temperatura	°C	23,1	23	22,8
2	pH	-	7,5	7,6	7,8
3	Oxígeno Disuelto	mg/l	7,63	8,15	7,5
4	Nitratos	mg/l	15,2	16,8	10,58
5	Fosfatos	mg/l	3,8	3,02	2,75
6	Turbidez	NTU	267	259	357
7	Sólidos Totales	mg/l	3521	3321	2580
8	DBO5	mg/l	6,7	6,2	6,9
9	Coliformes Fecales	NMP/100 ml	225	360	480
	<b>Valor ICA-NSF</b>		<b>27,91</b>	<b>29,96</b>	<b>32,78</b>

Realizado por: Rodríguez, Gabriela, 2021.

En la tabla 4-4 se determinó los resultados de la valoración del índice de calidad del agua para la estación Upano 3. En el mes de noviembre de 2020 se obtuvo una valoración de 27,91 para el índice de calidad, siendo el parámetro fosfatos el que más representa afectación en el índice de calidad con un 25 y 50%.

En el mes de diciembre de 2020 se obtuvo una valoración de 29,96, siendo los parámetros que más representan la calidad del agua los nitratos, fosfatos, turbidez y coliformes fecales con un 25 y 50 % de representatividad, mientras que, de igual manera, en el mes de enero resultó un valor de 32,78 siendo los parámetros coliformes fecales, nitratos, fosfatos y turbidez los que más afectaron la calidad del agua.

Los rangos propuestos para la calidad del agua se los puede identificar mediante la clasificación establecida en la tabla 2-4, de esta manera se evidencia que la calidad de agua en las tres muestras realizadas en la estación Upano 3 obtienen una calificación de “Mala” en los tres monitoreos realizados.

**Tabla 5-4:** Resumen de la clasificación ICA-NSF de las estaciones de estudio

Fecha	Estación	Valor ICA-NSF	Categoría	Color
02/11/2020	E. Upano 1	34	Mala	
	E. Upano 2	31,21	Mala	
	E. Upano 3	27,91	Mala	
02/12/2020	E. Upano 1	32,33	Mala	
	E. Upano 2	32,76	Mala	
	E. Upano 3	29,96	Mala	
04/01/2021	E. Upano 1	30,22	Mala	
	E. Upano 2	32,70	Mala	
	E. Upano 3	32,78	Mala	

Realizado por: Rodríguez, Gabriela, 2021.

En la tabla 5-4 se representa los valores obtenidos para cada una de las estaciones de monitoreo durante los tres meses de estudio dando como resultado para todas las muestras analizadas una clasificación de 26-50 en calidad “Mala”, representada de color naranja.

**Tabla 6-4:** Promedios de los parámetros físicoquímicos y microbiológicos

Estación de muestreo	Parámetros									ICA-NSF
	OD (mg/L)	pH	DBO5 (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Fosfatos (mg/L)	Turbidez (NTU)	Temperatura (°C)	Sólidos Totales (mg/L)	Coliformes fecales (NMP/100ml)	
Estación Upano 1	7,7	7,5	6,4	14,5	2,82	224	21,7	3560	80	32,56
Estación Upano 2	8,25	7,6	6,2	14,19	2,54	284	22,7	3176	270	31,82
Estación Upano 3	7,76	7,6	6,6	14,3	3,19	194	22,9	3140	355	30,17

Realizado por: Rodríguez, Gabriela, 2021.

En la tabla 6-4 se presenta los resultados promedio de los parámetros en las tres estaciones de monitoreo, los cuales se encuentran en la clasificación perteneciente a calidad “Mala”, lo cual indica principalmente que no existe una mayor variación entre la calidad de agua de ingreso y la calidad de salida del recurso, siendo este un indicador de que la afectación a la calidad no ocurre en el tramo seleccionado de estudio. Los resultados obtenidos de una baja valoración de calidad

físicoquímica del agua es evidente desde la estación 1 y se mantiene constante en el mismo rango hasta la estación Upano 3.

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

**Tabla 7-4:** Resultados del índice biológico en la estación Upano 1

Estación Upano 1							
Nº	Orden	Familia	Noviembre 2020	Diciembre 2020	Enero 2021	Número total de individuos	Tolerancia
1	<i>Coleoptera</i>	<i>Scirtidae</i>	10	8	5	23	7
2	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	15	12	7	34	7
3		<i>Leptohypidae</i>	1	2	0	3	7
4		<i>Leptophlebiidae</i>	1	0	0	1	9
5		<i>Veliidae</i>	0	1	1	2	8
6	<i>Hemiptera</i>	<i>Gerridae</i>	1	0	0	1	8
7		<i>Naucoridae</i>	2	1	0	3	7
8	<i>Trichoptera</i>	<i>Polycentropodidae</i>	3	1	1	5	9
9		<i>Philopotamidae</i>	3	2	0	5	9
10	<i>Odonata</i>	<i>Libellulidae</i>	0	1	1	2	6
11	<i>Diptera</i>	<i>Chironomidae</i>	3	2	3	8	2
12		<i>Culicidae</i>	6	4	5	15	2
13		<i>Stratiomyidae</i>	0	0	5	5	4
<b>Valor del índice BMWP/Col</b>			67	64	45	107	

Realizado por: Rodríguez, Gabriela, 2021.

**Tabla 8-4:** Índice de calidad Biological Monitoring Working Party/Colombia

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

Fuente: Roldán, 2003, p. 32

Realizado por: Rodríguez, Gabriela, 2021.

En la tabla 7-4 se puede observar los resultados del índice de calidad Biological Monitoring Working Party/Colombia en la estación de monitoreo Upano 1 durante los tres meses de estudio, en la que se pudo determinar que la calidad para el mes de noviembre y diciembre obtuvo una valoración mayor a 61 correspondiente a una calidad de clase II denominada como aceptable, mientras que para el mes de enero 2021 se obtuvo un resultado de clase III denominado como una calidad dudosa. En el monitoreo del mes de noviembre 2020 se pudo encontrar un total de 107 individuos de macroinvertebrados pertenecientes a 6 órdenes y 13 familias que poseen un valor de tolerancia entre 2-9, es decir que existen tanto familias indicadoras de buena calidad del agua como familias indicadoras de mala calidad del agua.

La mayor diferencia que se pudo evidenciar entre las familias presentes en buena calidad, calidad regular y mala calidad es únicamente el número de individuos. Las familias que poseen un valor alto de sensibilidad, es decir menor grado de tolerancia a contaminantes se encontraron en menor cantidad de individuos que los presentes en calidad regular y mala calidad del agua.

**Tabla 9-4:** Resultados del índice biológico en la estación Upano 2

Estación Upano 2							
Nº	Orden	Familia	Noviembre 3-2020	Diciembre 1-2020	Enero 2-2021	Número de individuos	Tolerancia
1	Coleóptera	<i>Psephenidae</i>	2	1	1	3	10
2		<i>Staphylinidae</i>	7	4	6	17	6
3		<i>Scirtidae (larva)</i>	3	3	1	7	7
4		<i>Ptilodactylidae</i>	4	5	2	11	10
5	Odonata	<i>Libellulidae</i>	2	0	1	3	6
6	Diptera	<i>Culicidae</i>	7	5	6	18	2
7		<i>Chironomidae</i>	5	3	1	9	2
8	Ephemeroptera	<i>Leptophlebiidae</i>	2	1	0	3	9
<b>Valor del índice BMWP/Col</b>			52	46	43	71	

Realizado por: Rodríguez, Gabriela, 2021.

En la tabla 9-4 se puede observar los resultados de la valoración de acuerdo al índice biológico para la estación de monitoreo Upano 2, en la que se determinó que la calidad del agua durante los tres meses de estudio se mantuvo en clase III denominada como “Dudosa” debido a la baja cantidad de familias encontradas en este punto de monitoreo con un número total de 71 individuos, pertenecientes a 4 órdenes y 8 familias.

**Tabla 10-4:** Resultados del índice biológico en la estación Upano 3

Estación Upano 3							
Nº	Orden	Familia	Noviembre 3-2020	Diciembre 1-2020	Enero 2-2021	Número total de individuos	Tolerancia
1	Coleoptera	<i>Staphylinidae</i>	5	6	3	14	6
2		<i>Scirtidae (larva)</i>	3	0	2	7	7
3	Odonata	<i>Libellulidae</i>	3	4	1	8	6
4	Hemiptera	<i>Gerridae</i>	1	1	0	2	8
5	Diptera	<i>Chironomidae</i>	5	3	2	10	2
6		<i>Culicidae</i>	5	3	1	9	2
<b>Total BMWP/Col</b>			31	24	23	50	

Realizado por: Rodríguez, Gabriela, 2021.

En la tabla 10-4 se puede observar que la calidad del agua para la estación de monitoreo Upano 3 se mantiene constante en valores pertenecientes a la clase IV, los cuales corresponden a la

clasificación crítica, debido a que se pudieron recolectar un total de 50 individuos pertenecientes a 4 órdenes y 6 familias, por lo cual la sumatoria total de la tolerancia de las familias se mantiene en los rangos más bajos de clasificación de la calidad del agua en el tramo seleccionado.

**Tabla 11-4:** Resumen de la clasificación de la calidad del agua según el índice biológico

Fecha	Estación	Valor BMWP/Col	Categoría	Color
02/11/2020	E. Upano 1	67	Aceptable	Verde
	E. Upano 2	52	Dudosa	Amarillo
	E. Upano 3	31	Crítica	Naranja
02/12/2020	E. Upano 1	64	Aceptable	Verde
	E. Upano 2	46	Dudosa	Amarillo
	E. Upano 3	24	Crítica	Naranja
04/01/2021	E. Upano 1	45	Dudosa	Amarillo
	E. Upano 2	43	Dudosa	Amarillo
	E. Upano 3	23	Crítica	Naranja

Realizado por: Rodriguez, Gabriela, 2021.

La calidad biológica del agua para el río Upano obtuvo una valoración muy variable en cada estación. Para la estación Upano 1 en los meses de noviembre y diciembre 2020 se obtuvieron valores de 67 y 64 respectivamente, lo cual representa una calidad de agua aceptable de clase II, mientras que en el mes de enero de 2021 se obtuvo un valor de 45, lo cual corresponde a una clase III calidad dudosa.

Para la estación Upano 2 la valoración de la calidad del agua se mantuvo constante en todos los meses de estudio representando una calidad dudosa de clase III. Finalmente, en la estación Upano 3 de igual manera la valoración para la calidad del agua se mantiene en el rango de 16-35 para todos los meses de estudio, ubicándose la calidad del agua en clase IV como crítica.

**Tabla 12-4:** Promedios del índice biológico BMWP/Col

Estación de muestreo	BMWP/Col
Estación Upano 1	59
Estación Upano 2	47
Estación Upano 3	26

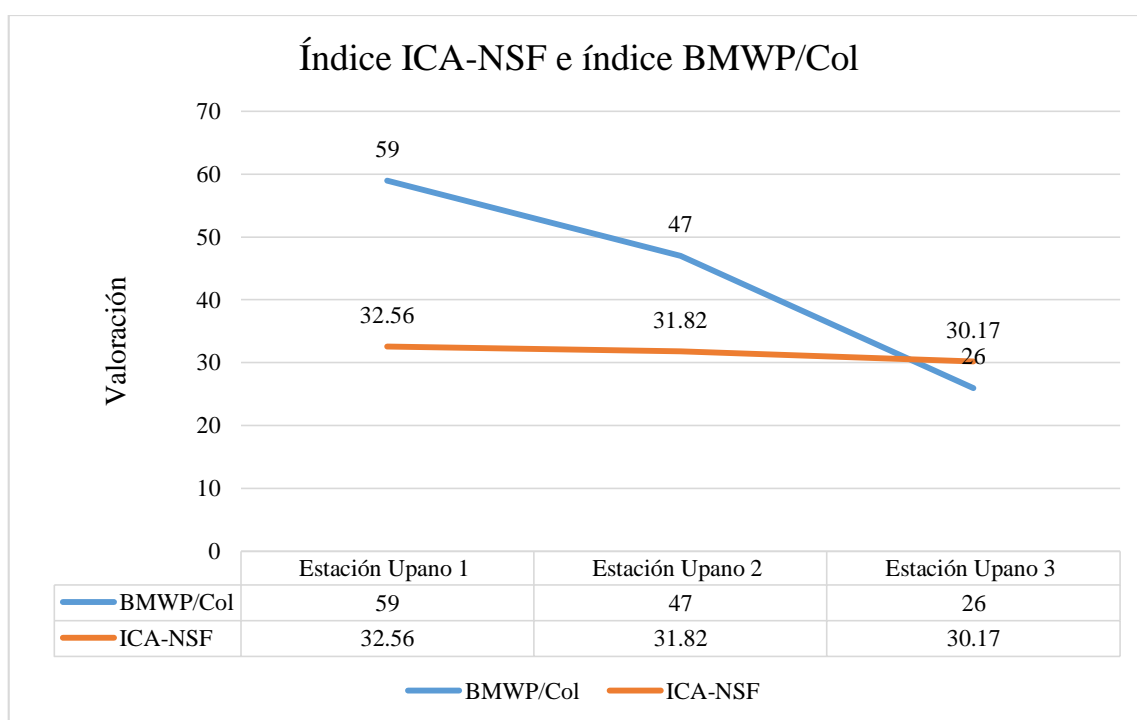
Realizado por: Rodríguez, Gabriela, 2021.

En la tabla 12-4 se realizó la obtención de un valor promedio para el índice biológico, en el cual se puede identificar la variación de la valoración para cada estación. En la estación Upano 1 se obtuvo una calificación más alta para la calidad biológica del agua, mientras que en la estación Upano 3 se obtuvo la valoración más baja de todo el estudio.

**Tabla 13-4:** Comparación de valores de calidad entre índice BMWP/Col e ICA-NSF

Estaciones de muestreo	BMWP/Col	ICA-NSF
Estación Upano 1	59	32,56
Estación Upano 2	47	31,82
Estación Upano 3	26	30,17

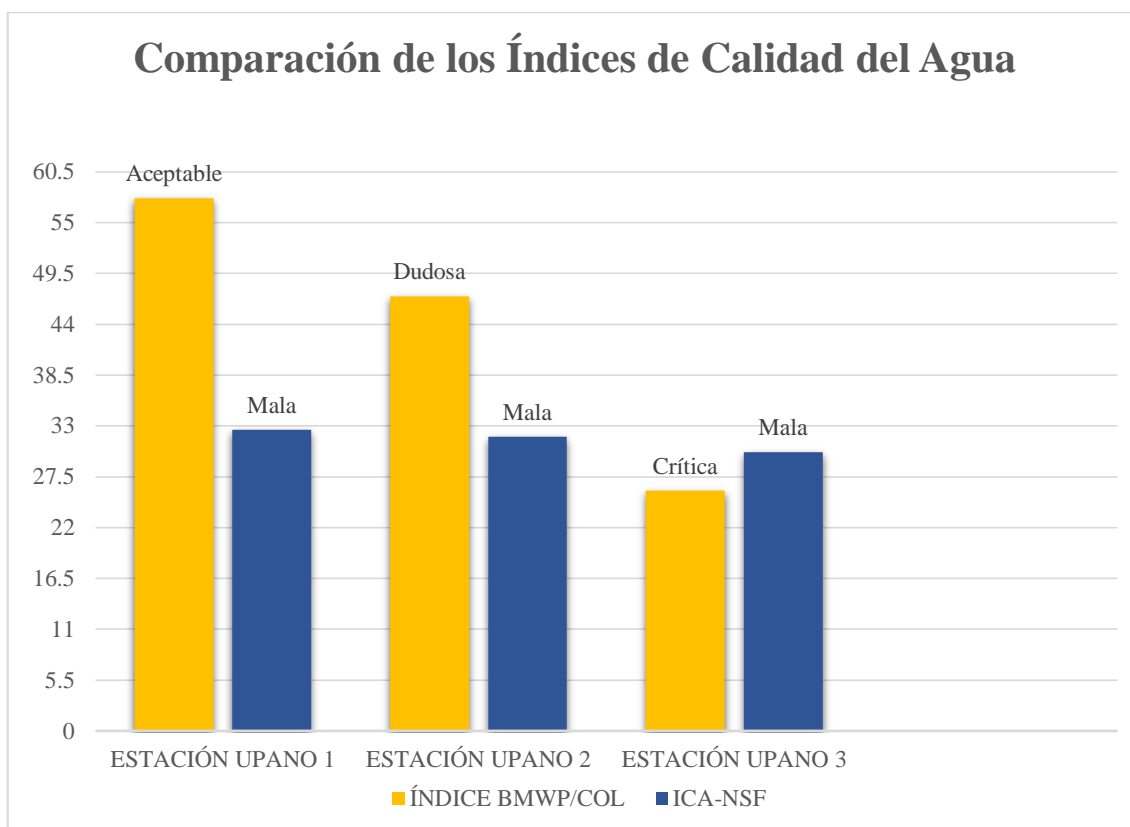
Realizado por: Rodríguez, Gabriela, 2021.



**Gráfico 1-4:** Relación entre índice biológico BMWP/Col e índice ICA-NSF

Realizado por: Rodríguez, Gabriela, 2021.

En la tabla 13-4 se puede observar los valores promedio obtenidos del ICA-NSF y BMWP/Col para cada estación de estudio. En el gráfico 1-4 se evidencia que existe una leve relación de disminución de la calidad del agua tanto en el índice físicoquímico como en el índice biológico, es decir que la estación Upano 1 obtiene valores superiores de calidad del agua para los dos índices mientras que en la estación 3 se obtiene una valoración menor.



**Gráfico 2-4:** Comparación de los resultados obtenidos para los índices de calidad del agua

Realizado por: Rodríguez, Gabriela, 2021.

Los índices de calidad del agua considerados para este estudio a pesar de tomar en cuenta diferentes variables, se pueden comparar debido a que la clasificación establece categorías con rangos y clases similares.

Como se puede observar en el gráfico 2-4 para la estación Upano 1, según el índice físicoquímico del ICA-NSF recibe una clasificación menor a la del índice biológico BMWP/Col.

Según el índice físicoquímico ICA-NSF todas las estaciones de monitoreo seleccionadas para el estudio poseen una calidad mala, mientras que en el método biológico se obtiene una clasificación de aceptable para la estación Upano 1, dudosa para la estación Upano 2 y crítica para la estación Upano 3



## CONCLUSIONES

- Según la metodología aplicada para la determinación del índice físicoquímico del agua (ICANSF), el río Upano obtuvo una clasificación de Mala para todas las estaciones de monitoreo durante los tres meses de estudio, en concordancia con el Acuerdo Ministerial 097, se concluye que el parámetro de nitratos se encuentra fuera de los valores establecidos por esta normativa para el desarrollo de la vida acuática y silvestre en aguas dulces. La normativa establece una valoración de 13 mg/l para el parámetro de nitratos, mientras que los valores obtenidos en la subcuenca de estudio superan los 14 mg/l esto representa una diferencia importante que afecta a la vida acuática en todos sus niveles.
- En la identificación de macroinvertebrados se obtuvo un total de 228 individuos, pertenecientes a 6 órdenes y 16 familias, que estuvieron distribuidas a lo largo de todo el tramo de estudio. Entre las cuales fueron Scirtidae y Baetidae las familias con mayor número de individuos. Mediante la aplicación del método biológico se determinó que la calidad del agua para el río Upano fue aceptable para la estación 1, dudosa para la estación 2 y crítica para la estación 3. La reducción de la calidad biológica se debió principalmente a la escasa presencia de familias de macroinvertebrados, lo cual se debe a la alteración morfológica del cauce, el cual se encuentra en constante variación en ciertas épocas del año, lo mismo que pudo haber causado la eliminación de los hábitats de los macroinvertebrados y la disminución de familias presentes en las estaciones seleccionadas (Ladrera, 2012, p.28). Otro factor que afecta a la presencia de macroinvertebrados es la alteración de ciertos parámetros físicoquímicos como son altos niveles de turbidez y sólidos totales, como se pudo evidenciar en los resultados obtenidos para estos parámetros, los cuales benefician el desarrollo de especies indicadoras de mala calidad del agua, causando la disminución y posterior desaparición de especies indicadoras de buena calidad del agua (Olarde y González, 2018: p. 9).
- De acuerdo con la comparación de la calidad del agua realizada mediante el método físicoquímico y biológico se concluye que la clasificación del índice biológico no presenta relación con la clasificación del índice de calidad del agua en la estación 1 y 2, esto debido a que el índice físicoquímico establece una clasificación de mala, mientras que el índice biológico una calidad aceptable, lo cual se debe a que los índices físicoquímicos establecen la calidad puntual en un tiempo determinado, mientras que los índices biológicos que utilizan macroinvertebrados detallan la calidad del agua en retrospectiva, es decir, que la calidad físicoquímica pudo haber sido afectada en tiempos específicos en los que se realizó el estudio, mientras que las familias de macroinvertebrados representan la calidad del recurso a lo largo del tiempo.

## **RECOMENDACIONES**

- Con el fin de conservar la fauna acuática y la calidad en general de los cuerpos hídricos se recomienda que se realice más estudios que reflejen el estado de los cuerpos hídricos, lo cual servirá de base para la concientización y conservación de los ecosistemas acuáticos amazónicos.
- Se recomienda realizar una investigación más detallada de este cuerpo hídrico en la que se puedan incluir un mayor número de parámetros físicoquímicos de estudio que también pueden afectar a las comunidades de macroinvertebrados.
- Con el objetivo de conocer el origen de la alteración que genera la afectación en el índice físicoquímico se recomienda realizar un estudio en el que se incluya un mayor número de estaciones de monitoreo a lo largo de este cuerpo hídrico.

## **GLOSARIO**

**Aguas residuales.** - Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, que hayan sufrido degradación en su calidad original.

**Impacto ambiental.** - Cambio o consecuencia al ambiente que resulta de una acción específica o proyecto.

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

**pH.** – Potencial de Hidrógeno

**PO<sub>4</sub>.** – Fosfatos

**NO<sub>3</sub>.** – Nitratos

**ST.** – Sólidos Totales

**DBO.** - Demanda Bioquímica de Oxígeno

**NTU.** - Nephelometric Turbidity Unit

**L.** - Litros

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

**m.** - Metros

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

## BIBLIOGRAFÍA

**ALBA, J.** "Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos". IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA), 2008, (2), pp. 202-213. [Consulta: 25 noviembre 2020]. 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).

**AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION.; et al.** *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Academia [en línea], (United State of America), 2017. [Consulta: 18 noviembre 2020] Disponible en: [https://www.academia.edu/38769108/Standard\\_Methods\\_For\\_the\\_Examination\\_of\\_Water\\_and\\_Wastewater\\_23nd\\_edition..](https://www.academia.edu/38769108/Standard_Methods_For_the_Examination_of_Water_and_Wastewater_23nd_edition..)

**ANGRISANO, E.; et al.** "Guía para la deteminación de los artrópodos bentónicos sudamericanos". Agencia Nacional de promoción científica y tecnológica [en línea], 2009, (Tucumán) (1), pp. 11-25. [Consulta: 115 noviembre 2020]. ISBN 950-554-247-X. Disponible en: <https://docer.com.ar/doc/8nexx8>.

**ARANGO, C.; et al.** "Calidad del agua de las quebradas la Cristalina y la Risaralda, San Luis, Antioquia". Revista EIA. [en línea], 2008, (Colombia), (9), pp. 121-141. [Consulta: 15 marzo 2021]. ISSN 1794-1237. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n9/n9a10.pdf>.

**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". Universidad Técnica de Manabí [en línea], 2013, (Portoviejo), pp. 50-89. [Consulta: 24 febrero 2021]. 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_DE_SOLIDOS_TOTALES%2C_SUSPENDIDOS%2C_SEDIMENTADOS_Y_VOLATILES.pdf).

**CAHO, C. & LÓPEZ, E.** "Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI 1". Producción + Limpia [en línea], 2017, (2), pp. 35-49. [Consulta: 3 noviembre 2020]. DOI 10.22507/pml.v12n2a3. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v12n2/1909-0455-pml-12-02-00035.pdf>.

**CARRERA, C. & FIERRO, K.** "Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua". EcoCiencia [en línea], 2001, (Quito), (1), pp. 1-57. [Consulta: 28 febrero 2021]. ISBN 9978-41-964-0. Disponible en: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=56374>.

**CHACÓN VÉLEZ, KATHERINE ELIZABETH.** 2017. Evaluación de la calidad del agua del río Copueno, tramo Paccha- Jardín del Upano, mediante macroinvertebrados bentónicos (Trabajo de titulación) (Ingeniería) [en línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2017. p. 1-80. [Consulta: 23 febrero 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8538/1/236T0319.pdf>.

**CRUZ, V.; et al.** "Sistema de evaluación de impacto ambiental". Universidad Complutense de Madrid [en línea], 2008, (Madrid), p. 146. [Consulta: 9 marzo 2021]. Disponible en: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/9445/1/MemoriaEIA09.pdf>.

**DA COSTA, A.; et al.** *Software IQAData 2015*. [blog]. Núcleo de innovación y transferencia de energía - UNISC, 2010. [Consulta 12 de marzo 2021]. Disponible en: <https://www.unisc.br/sites/nitt/tecnologia/iqa-data-2015/>.

**DELOYA, A.** "Métodos de análisis físicos y espectrofotométricos para el análisis de aguas residuales". Tecnología en Marcha [en línea], 2006, vol. 19, (2), pp. 31-40. ISSN 0379-3962. Disponible en: [https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/30/29](https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/30/29).

**DIRECCIÓN DE PLANIFICACIÓN.** "Actualización del diagnóstico del PDOT 2011". Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Morona Santiago, [en línea], 2011, p. 649. [Consulta: 23 febrero 2021]. Disponible en: [https://moronasantiago.gob.ec/Descargas/rendiciondecuentas/2017/PDOT 2015-2019.pdf](https://moronasantiago.gob.ec/Descargas/rendiciondecuentas/2017/PDOT%202015-2019.pdf).

**ENCALADA, A.** "Funciones ecosistémicas y diversidad de los ríos: Reflexiones sobre el concepto de caudal ecológico y su aplicación en el Ecuador". Polémika [en línea], 2010, 2(5), pp. 40-47. [Consulta: 22 febrero 2021]. Disponible en: <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/polemika/article/view/370/347>.

**FERNÁNDEZ, A.** "El agua: un recurso esencial". Química Viva [en línea], 2012, 11(3), pp. 146-170. [Consulta: 15 diciembre 2019]. Disponible en: <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/hbk4-11sp.pdf>.

**DUARTE FORERO, JULIAN.** Macroinvertebrados bentónicos y su relación con la calidad del agua en la cuenca alta de del Río Frío (Tabio, Cundinamarca) (Trabajo de titulación) (Ecólogo) [en línea]. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. 2017. p. 1-90. [Consulta: 13 abril 2021]. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/34419/ForeroDuarteJulian2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**GARCÍA, S.; et al.** "Factores que influyen en el pH del agua mediante la aplicación de modelos de regresión lineal". INNOVA Research Journal [en línea], 2018, 4(2), pp. 59-71. [Consulta: 27 febrero 2021]. Disponible en: <https://revistas.uide.edu.ec/index.php/innova/article/view/909/1510>.

**GUALDRÓN, L.** "Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros físicoquímicos y biológicos". Revista Dinámica Ambiental, [en línea], 2016, 1(1), pp. 83-102. [Consulta: 27 febrero 2021]. ISSN: 2590-6704 Disponible en: <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/ambiental/article/view/4593/3916>.

**HANSON, P.; et al.** "Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos". Revista de biología tropical, [en línea], 2010, 58(4), pp. 1-38. [Consulta: 7 abril 2021]. ISSN-0034-7744. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v58s4/a01v58s4.pdf>.

**JIMÉNEZ, M., & VÉLEZ, M.** "Análisis comparativo de indicadores de calidad de agua superficial". Avances en Recursos Hidráulicos, [en línea], 2006, pp. 53-69. [Consulta: 15 abril 2021]. ISSN: 0121-5701. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=145020399004>.

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

**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 (Trabajo de titulación) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Nacional de Loja, Ecuador. 2009. pp. 1-99 [Consulta: 23 febrero 2021]. 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).

**MENDOZA, M.; et al.** "Estado ecológico de ríos y vegetación ribereña en el contexto de la nueva ley general de aguas de México". Revista Internacional de Contaminación Ambiental [en línea], 2014, 30(4), pp. 429-436. [Consulta: 22 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/370/37032503010.pdf>.

**NAVARRO, R.; et al.** "Validación de la determinación de oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno en aguas y aguas residuales". Revista CENIC Ciencias Químicas, [en línea], 2005, pp. 1-9. [Consulta: 26 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1816/181620511015.pdf>.

**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. 15. [Consulta: 23 febrero 2021]. Disponible en: [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwpsam\\_files/publicaciones/varios/ciclo\\_hidrologico.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwpsam_files/publicaciones/varios/ciclo_hidrologico.pdf).

**ORTA, L.** "Contaminación de las aguas por plaguicidas químicos". Fitosanidad, [en línea], 2002, 6(3), pp. 55-62. [Consulta: 23 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2091/209118292006.pdf>.

**PALOMARES, A.** *Contaminación del agua por nitratos y técnicas para su tratamiento*. [blog]. Esfera del agua, 2015. [Consulta: 15 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.esferadelagua.es/agua-y-tecnologia/contaminacion-del-agua-por-nitratos-y-tecnicas-para-su-tratamiento>.

**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 noviembre 2020]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18537/mskn.10.02.08>.

**PAZ, J.** *Ecuador: el río Upano sigue en cuidados intensivos*. [blog]. Mongabay, 2019. [Consulta: 2 noviembre 2020]. Disponible en: <https://es.mongabay.com/2019/03/rio-upano-contaminacion-amazonia-ecuador/>.

**PÉREZ, E.** "Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica". Tecnología en Marcha [en línea], 2015, 29(3), pp. 3-14. [Consulta: 3 noviembre 2020]. DOI 10.18845/tm.v29i3.2884. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v29n3/0379-3982-tem-29-03-00003.pdf>.

**PÉREZ, A., & RODRÍGUEZ, A.** "Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación". *Revista de biología tropical* [en línea], 2008, 56(4), pp. 1905-1918. [Consulta: 8 abril 2021]. ISSN ISSN-0034-7744. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v56n4/art26v56n4.pdf>.

**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. 70-80. [Consulta: 26 febrero 2021]. DOI 1810-9993. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>.

**RAMOS, L.; et al.** "Análisis de la contaminación microbológica (coliformes totales y fecales) en la bahía de Santa Marta, Caribe Colombiano". *Acta biol.Colombia* [en línea], 2008, 13(3), pp. 87-98. [Consulta: 26 febrero 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v13n3/v13n3a7.pdf>.

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

**ROLDÁN, G.** "Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica". *Rev. Acad. Colomb. Cienc* [en línea], 2016, 40(155), pp. 254-274. [Consulta: 28 febrero 2021]. DOI 10.18257/raccefyn.335. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.335>.

**SENPLADES.** "La planificación nacional para el buen vivir". *Plan nacional para el buen vivir* [en línea], 2017, (Quito), p. 159. [Consulta: 9 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.gobiernoelectronico.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/09/Plan-Nacional-para-el-Buen-Vivir-2017-2021.pdf>.

**TORRES, F.** *Desarrollo y Aplicación de un Índice de Calidad de Agua para ríos en Puerto Rico*. [blog]. Mayaguez, 2009. [Consulta: 26 febrero 2021]. Disponible en: [http://prwreri.uprm.edu/publications/PR\\_2009\\_01.pdf](http://prwreri.uprm.edu/publications/PR_2009_01.pdf).

**URGILÉS, C.; et al.** *Manual práctico para el monitoreo biológico participativo: experiencias*



*adquiridas y generadas por los AI Cofán de Zábalo, Reserva de Producción Faunística Cuyabeno, Sucumbios-Ecuador.* [blog]. Academia.edu, 2009. [Consulta: 27 febrero 2021]

Disponible

en:

[https://www.academia.edu/14049820/MANUAL\\_PR%3%81CTICO\\_PARA\\_EL\\_MONITOREO\\_BIOL%3%93GICO\\_PARTICIPATIVO\\_EXPERIENCIAS\\_ADQUIRIDAS\\_Y\\_GENERADAS\\_POR\\_LOS\\_AI\\_COF%3%81N\\_DE\\_Z%3%81BALO\\_RESERVA\\_DE\\_PRODUCCI%3%93N\\_FAUN%3%8DSTICA\\_CUYABENO\\_SUCUMB%3%8DOS\\_ECUADOR](https://www.academia.edu/14049820/MANUAL_PR%3%81CTICO_PARA_EL_MONITOREO_BIOL%3%93GICO_PARTICIPATIVO_EXPERIENCIAS_ADQUIRIDAS_Y_GENERADAS_POR_LOS_AI_COF%3%81N_DE_Z%3%81BALO_RESERVA_DE_PRODUCCI%3%93N_FAUN%3%8DSTICA_CUYABENO_SUCUMB%3%8DOS_ECUADOR)

## ANEXOS

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



Estación Upano 1



Estación Upano 2

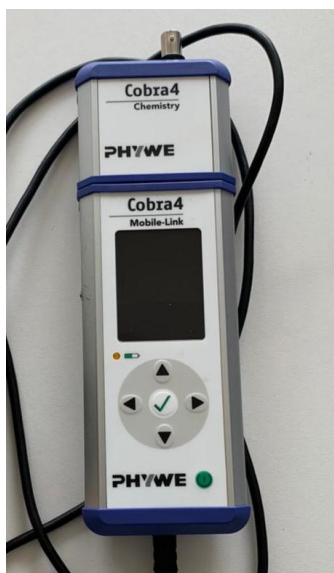


Estación Upano 3

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



Medidor multiparamétrico



Medidor de pH

## ANEXO C: MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS IN SITU





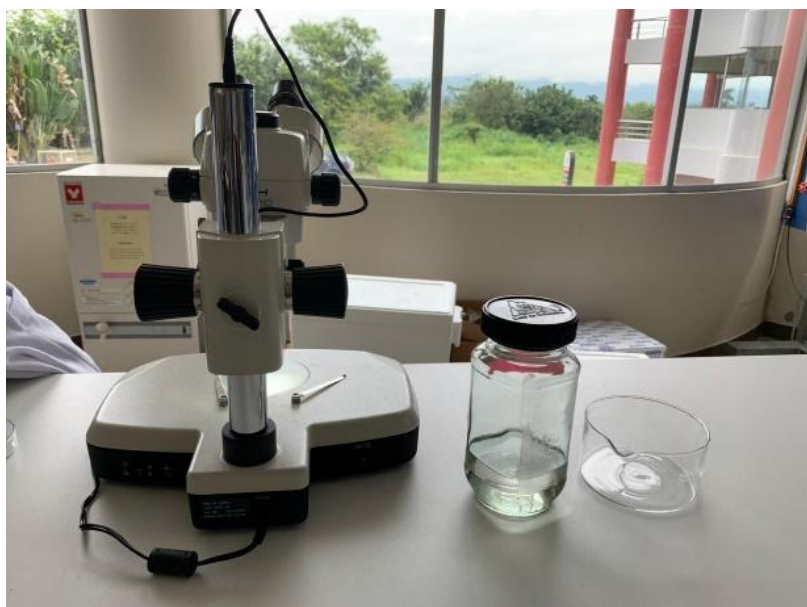
**ANEXO D: RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA DE AGUA PARA ANÁLISIS DE LABORATORIO**



**ANEXO E: PROCEDIMIENTOS PARA ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS EN LABORATORIO**



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





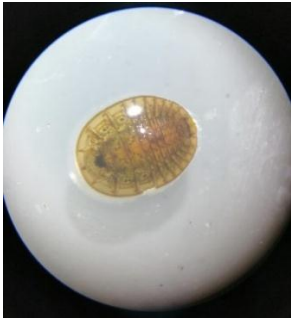
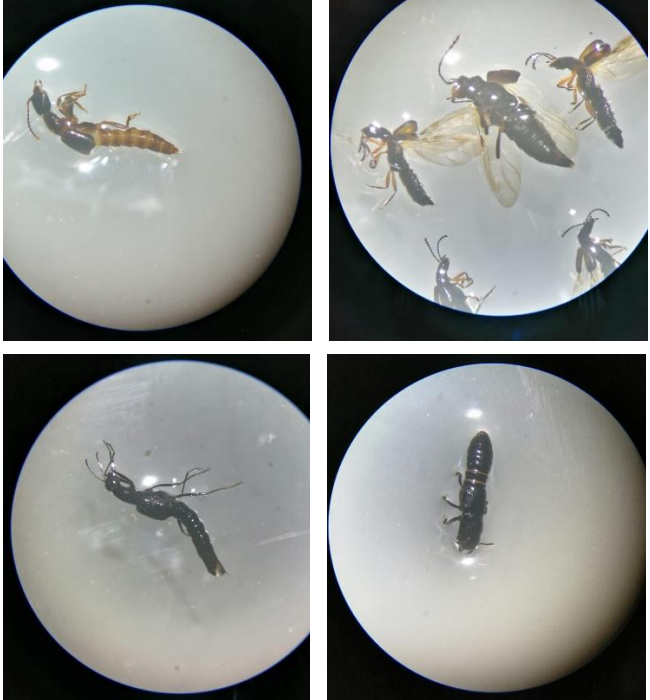

**ANEXO G: RECOLECCIÓN DE MACROINVERTEBRADOS**



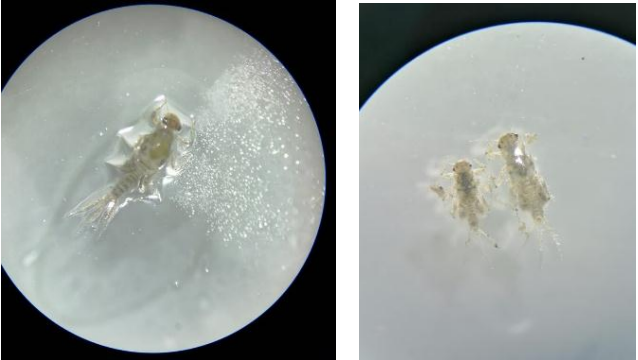
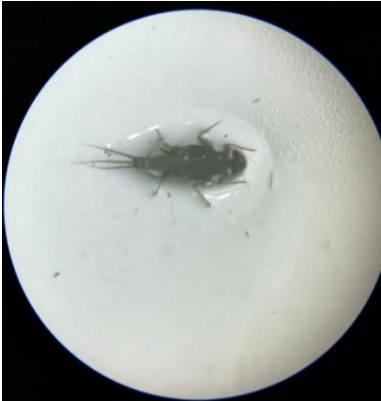


**ANEXO H: OBSERVACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LAS FAMILIAS DE  
MACROINVERTEBRADOS**



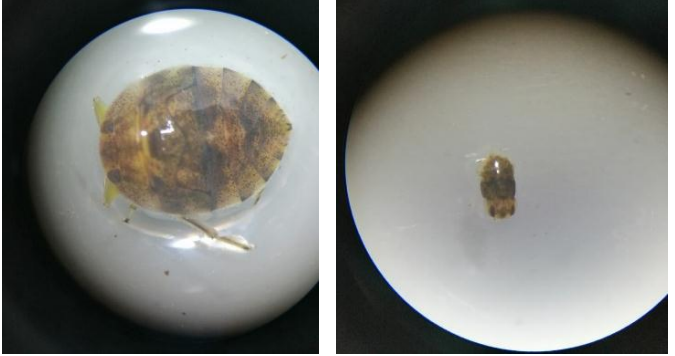
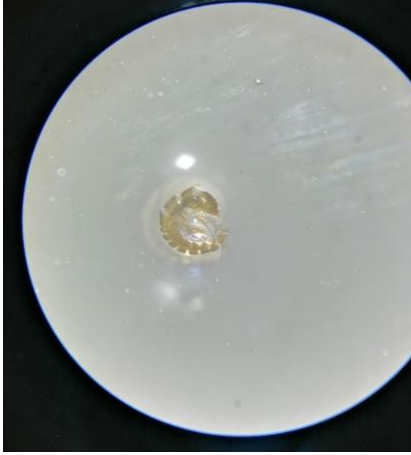


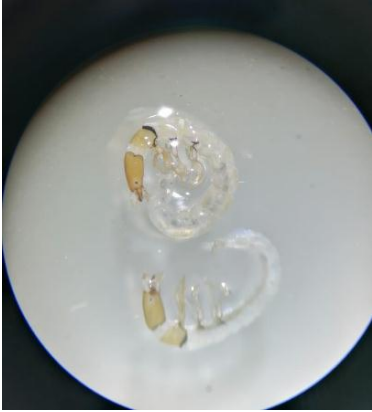



**ANEXO I: FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS PRESENTES EN EL TRAMO DE ESTUDIO**

N°	Orden	Familia	Imagen de laboratorio
1	Coleóptera	Psephenidae	
2	Coleóptera	Staphylinidae	
	Coleóptera	Scirtidae	

4	Coleóptera	Ptilodactylidae	
5	Ephemeroptera	Baetidae	
6	Ephemeroptera	Leptohypidae	
7	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	




8	Hemiptera	Veliidae	 A circular microscopic view of a Veliidae nymph. The nymph is dark-colored with long, thin legs and a prominent, segmented abdomen. It is positioned in the center of the field of view.
9	Hemiptera	Gerridae	 Two circular microscopic views of Gerridae nymphs. The left image shows a nymph with a dark, segmented body and long legs. The right image shows a nymph with a lighter, more elongated body and long legs.
10	Hemiptera	Naucoridae	 Two circular microscopic views of Naucoridae nymphs. The left image shows a nymph with a dark, segmented body and long legs. The right image shows a nymph with a lighter, more elongated body and long legs.
11	Trichoptera	Polycentropodidae	 A circular microscopic view of a Polycentropodidae nymph. The nymph is small and has a segmented, yellowish-brown body. It is positioned in the center of the field of view.

12	Trichoptera	Philopotamidae	
13	Odonata	Libellulidae	
14	Diptera	Chironomidae	
15	Diptera	Culicidae	

16	Diptera	Stratiomyidae	
----	---------	---------------	--

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

IQADATA... ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA			
<b>UNISC - Universidade de Santa Cruz do Sul</b> Dirección: Av. Independência, 2293 Barrio: Universitário Ciudad: Santa Cruz do Sul Sitio: www.unisc.br Departamento: Eng. Produção Contacto: Adilson		Código postal: 96815-900 Teléfono: (51) 3717-7300 E-mail: adilson@unisc.br	
			
Muestras de agua			
<b>Local:</b>	MONITOREO 1 (ESTACIÓN 1)	<b>Fecha:</b>	02/11/2020
<b>Corpo Hídrico:</b>	Río Upano	<b>Hora:</b>	10:00:00
<b>Bacia Hidrográfica:</b>	Santiago	<b>ICA:</b>	NSF
<b>Ciudad:</b>	MACAS	<b>Resultados:</b>	34,00
<b>Altitud (m):</b>	939	<b>Clasificación</b>	Malo
<b>Local:</b>	MONITOREO 2 (ESTACIÓN 1)	<b>Fecha:</b>	02/12/2020
<b>Corpo Hídrico:</b>	Río Upano	<b>Hora:</b>	10:00:00
<b>Bacia Hidrográfica:</b>	Santiago	<b>ICA:</b>	NSF
<b>Ciudad:</b>	MACAS	<b>Resultados:</b>	32,33
<b>Altitud (m):</b>	939	<b>Clasificación</b>	Malo
<b>Local:</b>	MONITOREO 3 (ESTACIÓN 1)	<b>Fecha:</b>	04/01/2021
<b>Corpo Hídrico:</b>	Río Upano	<b>Hora:</b>	10:00:00
<b>Bacia Hidrográfica:</b>	Santiago	<b>ICA:</b>	NSF
<b>Ciudad:</b>	MACAS	<b>Resultados:</b>	30,22
<b>Altitud (m):</b>	939	<b>Clasificación</b>	Malo
<b>Local:</b>	MONITOREO 1 (ESTACIÓN 2)	<b>Fecha:</b>	02/11/2020
<b>Corpo Hídrico:</b>	Río Upano	<b>Hora:</b>	11:30:00
<b>Bacia Hidrográfica:</b>	Santiago	<b>ICA:</b>	NSF
<b>Ciudad:</b>	MACAS	<b>Resultados:</b>	31,21
<b>Altitud (m):</b>	928	<b>Clasificación</b>	Malo
<b>Local:</b>	MONITOREO 2 (ESTACIÓN 2)	<b>Fecha:</b>	02/12/2020
<b>Corpo Hídrico:</b>	Río Upano	<b>Hora:</b>	11:30:00
<b>Bacia Hidrográfica:</b>	Santiago	<b>ICA:</b>	NSF
<b>Ciudad:</b>	MACAS	<b>Resultados:</b>	32,76
<b>Altitud (m):</b>	928	<b>Clasificación</b>	Malo
<b>Local:</b>	MONITOREO 3 (ESTACIÓN 2)	<b>Fecha:</b>	04/01/2021
<b>Corpo Hídrico:</b>	Río Upano	<b>Hora:</b>	11:30:00
<b>Bacia Hidrográfica:</b>	Santiago	<b>ICA:</b>	NSF
<b>Ciudad:</b>	MACAS	<b>Resultados:</b>	32,70
<b>Altitud (m):</b>	928	<b>Clasificación</b>	Malo
<b>Local:</b>	MONITOREO 1 (ESTACIÓN 3)	<b>Fecha:</b>	02/11/2020
<b>Corpo Hídrico:</b>	Río Upano	<b>Hora:</b>	1:00:00
<b>Bacia Hidrográfica:</b>	Santiago	<b>ICA:</b>	NSF
<b>Ciudad:</b>	MACAS	<b>Resultados:</b>	27,91
<b>Altitud (m):</b>	889	<b>Clasificación</b>	Malo
<b>Local:</b>	MONITOREO 2 (ESTACIÓN 3)	<b>Fecha:</b>	02/12/2020
<b>Corpo Hídrico:</b>	Río Upano	<b>Hora:</b>	1:00:00
<b>Bacia Hidrográfica:</b>	Santiago	<b>ICA:</b>	NSF
<b>Ciudad:</b>	MACAS	<b>Resultados:</b>	29,96
<b>Altitud (m):</b>	889	<b>Clasificación</b>	Malo



### Muestras de agua

<b>Local:</b>	MONITOREO 3 (ESTACIÓN 3)	<b>Fecha:</b>	04/01/2021
<b>Corpo Hídrico:</b>	Río Upano	<b>Hora:</b>	1:00:00
<b>Bacia Hidrográfica:</b>	Santiago	<b>ICA:</b>	NSF
<b>Ciudad:</b>	MACAS	<b>Resultados:</b>	32,78
<b>Altitud (m):</b>	889	<b>Clasificación</b>	Malo
<hr/>			
<b>Local:</b>	ESTACIÓN 1	<b>Fecha:</b>	14/04/2021
<b>Corpo Hídrico:</b>	Río Upano	<b>Hora:</b>	13:00:00
<b>Bacia Hidrográfica:</b>	Santiago	<b>ICA:</b>	NSF
<b>Ciudad:</b>	MACAS	<b>Resultados:</b>	32,56
<b>Altitud (m):</b>	957	<b>Clasificación</b>	Malo
<hr/>			
<b>Local:</b>	ESTACIÓN 2	<b>Fecha:</b>	14/04/2021
<b>Corpo Hídrico:</b>	Río Upano	<b>Hora:</b>	13:00:00
<b>Bacia Hidrográfica:</b>	Santiago	<b>ICA:</b>	NSF
<b>Ciudad:</b>	MACAS	<b>Resultados:</b>	31,82
<b>Altitud (m):</b>	928	<b>Clasificación</b>	Malo
<hr/>			
<b>Local:</b>	ESTACIÓN 3	<b>Fecha:</b>	14/04/2021
<b>Corpo Hídrico:</b>	Río Upano	<b>Hora:</b>	13:00:00
<b>Bacia Hidrográfica:</b>	Santiago	<b>ICA:</b>	NSF
<b>Ciudad:</b>	MACAS	<b>Resultados:</b>	30,17
<b>Altitud (m):</b>	889	<b>Clasificación</b>	Malo



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS**  
**PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN**



**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS**

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

**FECHA DE ENTREGA:** 08/02/2022

**INFORMACIÓN DE LA AUTORA**

**NOMBRES – APELLIDOS:** GABRIELA ALEJANDRA RODRIGUEZ VEGA

**INFORMACIÓN INSTITUCIONAL**

**FACULTAD:** CIENCIAS

**CARRERA:** INGENIERÍA AMBIENTAL

**TÍTULO A OPTAR:** INGENIERA AMBIENTAL

**F. ANALISTA DE BIBLIOTECA RESPONSABLE:**

Lcda. INÉS ZAPATA ZUMÁRRAGA Mgtr.

Inés  
Zapata

Firmado digitalmente por Inés  
Zapata  
DN: cn=Inés Zapata g n=Inés  
Zapata o=ESPOCH ou=DBRAI  
e=Inés.Zapata@esPOCH.edu.ec  
c=EC  
Motivo: Aprobó este  
documento  
Ubicación:  
Fecha: 2022-02-08  
10:00:05:00



08-02-2022  
0120-DBRA-UTP-2022