



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

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO
COPUENO EN EL TRAMO PACCHA - MACAS MEDIANTE
MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERA AMBIENTAL

AUTORA:

NAHOMY MISHEL JARAMILLO QUITO

Macas – Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

SEDE MORONA SANTIAGO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO
COPUENO EN EL TRAMO PACCHA - MACAS MEDIANTE
MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AMBIENTAL

AUTORA: NAHOMY MISHEL JARAMILLO QUITO

DIRECTOR: Ing. CHRISTIAN ORLANDO CAMACHO LÓPEZ MSc.

Macas – Ecuador

2022

© 2022, Nahomy Mishel Jaramillo Quito

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

Yo, Nahomy Mishel Jaramillo Quito, 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, 18 de febrero del 2022

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Nahomy Mishel Jaramillo Quito', written in a cursive style.

140077307-1

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

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: proyecto técnico, **DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO COPUENO EN EL TRAMO PACCHA - MACAS MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES**, realizado por la señorita: **NAHOMY MISHEL JARAMILLO QUITO**, 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. Patricio Vladimir Méndez Zambrano Mg. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: PATRICIO VLADIMIR MENDEZ ZAMBRANO	2022-02-18
Ing. Christian Orlando Camacho López MSc. DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	 Firmado electrónicamente por: CHRISTIAN ORLANDO CAMACHO LOPEZ	2022-02-18
Ing. Miguel Ángel Osorio Rivera Mgs. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: MIGUEL ANGEL OSORIO RIVERA	2022-02-18

DEDICATORIA

Existen momentos especiales en la vida de una persona, donde se presenta emociones y sentimientos que no se pueden explicar y hoy tengo la dicha de disfrutar uno de ellos y compartirlo con las personas que más quiero, es por ello que este trabajo de lo dedico a: mis padres Sarita y Patricio por inculcar en mí el ejemplo de humildad, perseverancia y disciplina, por su apoyo incondicional, por sus esfuerzos y sacrificios para lograr que este sueño hoy se haga realidad, a mis hermanas, quienes incondicionalmente me han brindado su amor, paciencia y comprensión.

Nahomy

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios por cuidarme, guiarme, darme la oportunidad y sabiduría necesaria para continuar a pesar de las adversidades, permitiéndome hoy disfrutar de mis logros y llegar a este momento tan importante en mi vida. De manera muy especial agradezco a mi tutor Christian Camacho, quien me ha guiado para culminar exitosamente este proyecto, gracias por la confianza depositada en mi persona y por su valiosa colaboración en el desarrollo del presente trabajo. Gracias a todos los catedráticos que desde la niñez hasta la actualidad han forjado a esta persona que hoy en día está llena de valores y ganas de superación.

Nahomy

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ixi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	x
ÍNDICE DE ECUACIONES	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN	xvi
SUMMARY	xvii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1.1. Diagnóstico del problema.....	3
1.2. Objetivos	4
1.2.1. <i>Objetivo General</i>	4
1.2.2. <i>Objetivos Específicos</i>	4

CAPÍTULO II

2.1. Antecedentes	5
2.2. Bases Teóricas.....	6
2.2.1. <i>Contaminación del agua</i>	6
2.2.2. <i>Contaminación antropogénica</i>	6
2.2.3. <i>Tipos de contaminación antropogénica</i>	6
2.2.4. <i>Contaminación natural</i>	7
2.2.5. <i>Contaminación por actividades urbanas</i>	7
2.2.6. <i>Fuentes de contaminación</i>	7
2.2.6.1. <i>Fuentes de contaminación puntual</i>	7
2.2.6.2. <i>Fuentes de contaminación difusa</i>	7
2.2.7. <i>Tipos de contaminantes</i>	8
2.2.7.1. <i>Contaminantes biológicos</i>	8
2.2.7.2. <i>Contaminantes químicos</i>	8
2.2.7.3. <i>Contaminantes físicos</i>	8
2.2.8. <i>Calidad del agua</i>	8
2.2.9. <i>Índices de calidad del agua</i>	8

2.2.9.1.	<i>Índice de la calidad del agua ICA-NSF</i>	9
2.2.10.	<i>Parámetros físico-químicos y biológicos de la calidad del agua</i>	9
2.2.10.1.	<i>Temperatura</i>	9
2.2.10.2.	<i>Potencial de hidrógeno (pH)</i>	9
2.2.10.3.	<i>Oxígeno Disuelto</i>	10
2.2.10.4.	<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno</i>	10
2.2.10.5.	<i>Sólidos disueltos totales</i>	10
2.2.10.6.	<i>Nitratos</i>	10
2.2.10.7.	<i>Fosfatos</i>	10
2.2.10.8.	<i>Turbidez</i>	11
2.2.10.9.	<i>Coliformes fecales</i>	11
2.2.11.	<i>Bioindicadores</i>	11
2.2.11.1.	<i>Clasificación de los bioindicadores</i>	11
2.2.11.2.	<i>Ventajas de utilizar bioindicadores</i>	12
2.2.11.3.	<i>Limitaciones de los bioindicadores</i>	12
2.2.12.	<i>Macroinvertebrados acuáticos</i>	13
2.2.12.1.	<i>Formas de los macroinvertebrados acuáticos</i>	13
2.2.13.	<i>Hábitats</i>	14
2.2.13.1.	<i>Tipos de hábitat de los macroinvertebrados</i>	14
2.2.14.	<i>Modos de vida de los macroinvertebrados acuáticos</i>	15
2.2.14.1.	<i>Bentos o Fauna bentónica</i>	15
2.2.14.2.	<i>Necton</i>	16
2.2.14.3.	<i>Neuston</i>	16
2.2.15.	<i>Alimentación de los macroinvertebrados</i>	17
2.2.15.1.	<i>Herbívoros</i>	17
2.2.15.2.	<i>Carnívoros</i>	17
2.2.15.3.	<i>Detritívoros</i>	18
2.2.16.	<i>Macroinvertebrados como indicadores de la calidad ambiental</i>	18
2.2.16.1.	<i>Macroinvertebrados indicadores de buena calidad de agua</i>	19
2.2.16.2.	<i>Macroinvertebrados indicadores de baja calidad del agua</i>	20
2.2.17.	<i>Métodos de recolección de los macroinvertebrados</i>	21
2.2.17.1.	<i>Cualitativos</i>	21
2.2.17.2.	<i>Cuantitativos</i>	22
2.2.18.	<i>Índices biológicos</i>	23
2.2.19.	<i>Índice biótico de familias</i>	23
2.3.	Bases Legal	23
2.3.1.	<i>Constitución de la República del Ecuador.</i>	23

2.3.1.1.	<i>Título II: Derechos</i>	23
2.3.1.2.	<i>Título VI: Régimen de desarrollo</i>	23
2.3.2.	<i>Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua</i>	24
2.3.2.1.	<i>Capítulo I: Definición, Infraestructura, y clasificación de los recursos hídricos</i>	24
2.3.2.2.	<i>Capítulo III: Derechos de la Naturaleza</i>	24
2.3.3.	<i>Código Orgánico Ambiental</i>	24
2.3.3.1.	<i>Título II: De los Derechos, Deberes y Principios Ambientales</i>	24
2.4.	Bases conceptuales	25
2.4.1.	<i>Ecosistema fluvial</i>	25
2.4.2.	<i>Escasez de Agua</i>	25
2.4.3.	<i>Impacto ambiental</i>	25
2.4.4.	<i>Eutrofización</i>	26
2.4.5.	<i>Índices bióticos</i>	26
2.4.6.	<i>Taxonomía</i>	26
2.4.7.	<i>Biomonitoreo</i>	26
2.4.8.	<i>Especies invasoras</i>	27

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	28
3.1.	Área de estudio	28
3.2.	Materiales y Equipos	28
3.2.1.	<i>Material y equipos utilizados para el monitoreo del río Copueno</i>	28
3.2.2.	<i>Materiales y equipos del laboratorio</i>	30
3.3.	Selección de los puntos de monitoreo	30
3.4.	Monitoreo y toma de muestras para análisis fisicoquímicos y microbiológicos	32
3.4.1.	<i>Manejo y conservación de muestras</i>	33
3.4.2.	<i>Análisis de los parámetros físicos químicos y microbiológicos</i>	34
3.5.	Índice de calidad del agua ICA-NSF	35
3.5.1.	<i>Cálculo de la calidad del Agua ICA- NSF</i>	35
3.6.	Muestreo de macroinvertebrados	36
3.6.1.	<i>Recolección de muestras de macroinvertebrados</i>	36
3.6.2.	<i>Limpieza, conservación y etiquetado de muestras</i>	36
3.6.3.	<i>Identificación de los macroinvertebrados</i>	37
3.7.	Cálculo del índice biótico de familias	37
3.8.	Análisis de calidad entre índices	40

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS	41
4.1.	Descripción de las estaciones de monitoreo	41
4.2.	Análisis de los parámetros del ICA-NSF	43
4.3.	Resultados del ICA-NSF	50
4.4.	Resultados del índice biótico de familias	52
4.5.	Comparación entre índices	55
4.5.1.	<i>Análisis de Correspondencia Canónica</i>	56
	CONCLUSIONES	58
	RECOMENDACIONES	59
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Tipos de bioindicadores según el tipo de disturbio a detectar	12
Tabla 2-2:	Formas de los macroinvertebrados.....	13
Tabla 3-2:	Número de extremidades de los macroinvertebrados	14
Tabla 4-2:	Tipos de hábitats de los macroinvertebrados acuáticos	14
Tabla 5-2:	Macroinvertebrados indicadores de calidad de agua buena.....	19
Tabla 6-2:	Macroinvertebrados indicadores de calidad de agua baja	20
Tabla 1-3:	Materiales y equipos utilizados en fase de campo.....	29
Tabla 2-3:	Materiales y equipos utilizados en laboratorio	30
Tabla 3-3:	Coordenadas de las estaciones de monitoreo	32
Tabla 4-3:	Metodología para la toma de muestras físicoquímicas y microbiológicas.....	33
Tabla 5-3:	Análisis de parámetros físicoquímicos y microbiológicos	34
Tabla 6-3:	Parámetros, unidades y pesos del ICA-NSF.....	35
Tabla 7-3:	Clasificación de la calidad del agua según ICA-NSF.....	36
Tabla 8-3:	Rango de valores del índice biótico propuesto por Hilsenhoff	38
Tabla 9-3:	Valores de tolerancia en los macroinvertebrados según Hilsenhoff	38
Tabla 1-4:	Resultados físicoquímicos y microbiológicos según el ICA-NSF.....	50
Tabla 2-4:	Valoración del índice biótico en la estación PC-1	52
Tabla 3-4:	Valoración del índice biótico en la estación PC-2.....	53
Tabla 4-4:	Comparación del índice de calidad de agua NSF-IBF.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Macroinvertebrados representantes de la fauna bentónica.....	16
Figura 2-2:	Macroinvertebrados representantes del Necton en ecosistemas acuático.....	16
Figura 3-2:	Macroinvertebrados representantes del Neuston en ecosistemas acuáticos	17
Figura 4-2:	Métodos de recolección de macroinvertebrados.....	22
Figura 1-3:	Ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo.....	31
Figura 2-4:	Estación de monitoreo PC-1	41
Figura 3-4:	Estación de monitoreo PC-2.....	42
Figura 4-4:	Estación de monitoreo PC-3.....	43

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-4:	Variación del cambio de temperatura.....	44
Gráfico 2-4:	Variación de pH.....	45
Gráfico 3-4:	Variación de oxígeno disuelto.....	45
Gráfico 4-4:	Variación de la DBO ₅	46
Gráfico 5-4:	Variación de los TDS.....	47
Gráfico 6-4:	Variación de la turbidez.....	48
Gráfico 7-4:	Variación de la concentración de nitratos	48
Gráfico 8-4:	Variación de la concentración de fosfatos.....	49
Gráfico 9-4:	Variación de coliformes fecales	50
Gráfico 10-4:	Promedio de las familias abundantes en las estaciones de monitoreo	54
Gráfico 11-4:	Análisis de correspondencia canónica.....	56

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-3: Fórmula para el cálculo del índice biótico.....	37
--	----

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO
- ANEXO B:** ETIQUETA DE MUESTREO
- ANEXO C:** EQUIPOS Y MATERIALES PARA LA TOMA DE MUESTRAS
- ANEXO D:** EQUIPO DE LABORATORIO
- ANEXO E:** RECOLECCIÓN DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS
- ANEXO F:** ANÁLISIS DE MUESTRAS E IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA
- ANEXO G:** RESULTADOS DEL SOFTWARE IQADATA
- ANEXO H:** ACUERDO MINISTERIAL 097-A, TABLA 2
- ANEXO I:** ACUERDO MINISTERIAL 097-A, TABLA 3
- ANEXO J:** FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS MÁS ABUNDANTES

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar la calidad del agua del río Copueno del cantón Morona, provincia de Morona Santiago, en el tramo Paccha-Macas, mediante el índice de la Calidad del Agua (ICA-NSF) e Índice Biótico de Familias (IBF). Se establecieron tres estaciones de monitoreo PC-1, PC-2 y PC-3, durante los meses de mayo, junio y julio; se recolectó muestras aplicando la Norma INEN 2169 para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos; se analizaron las muestras en el laboratorio; se realizó la evaluación ICA-NSF; se recolectaron 605 individuos de macroinvertebrados en las estaciones PC-1 y PC-2, para su identificación; se utilizó el software IQAData para identificar la calidad del agua; y, se compararon los índices de ICA-NSF y IBF. Como resultados: el ICA-NSF tiene un valor de 41 en la estación PC-1 y 36,66 en la estación PC-2, representando una calidad del agua mala; en la estación PC-3 se obtuvo un valor de 52,03, que representa una calidad del agua regular. Estos resultados fueron comparados con los criterios de calidad de la tabla 2 del Acuerdo Ministerial 097A, encontrando que los parámetros de coliformes fecales, SDT, y fosfatos están fuera del criterio de calidad. En cuanto a los macroinvertebrados, se clasificaron 11 órdenes y 21 familias, evaluando la calidad del agua como regular, por la presencia de contaminación orgánica en el río Copueno. Se concluye que los macroinvertebrados están influenciados por el alto índice de contaminación presente en el río, debido a actividades antropogénicas, presentándose individuos de la familia *Dugesiidae*, que presentan tolerancia a la contaminación y soportan altas temperaturas, en comparación con la familia *Leptophelibidae*, que habitan en aguas con buena calidad, con alto contenido de oxígeno disuelto. Se recomienda capacitar a la población en el uso del agua para la agricultura y ganadería.

Palabras clave: <MACROINVERTEBRADOS>, <COLIORMES FECALES>, < RÍO UPANO>, < GENERAL PROAÑO>, <TURBIDEZ>, < ACUERDO MINISTERIAL 097A >, <CRITERIO DE CALIDAD >.

Inés
Zapata

Firmado digitalmente por Inés Zapata
 Zapata
 DN: cn=Inés Zapata, o=ESPOCH, ou=ESPOCH, email=inez.zapata@esPOCH.edu.ec
 Fecha: 2022-01-10 16:23:05-00



0043-DBRA-UPT-2022

ABSTRACT

This study aims to evaluate the water quality of Copueno river in Morona canton, Morona Santiago province, in the section Paccha-Macas, through the Water Quality Index (WQI-NSF) and Family Biotic Index (FBI). Three monitoring stations were set PC-1, PC-2 and PC-3, in May, June and July; samples were collected by applying the regulation INEN 2169 for the physicochemical and microbiological analysis; samples were analyzed in the laboratory; it was conducted the evaluation WQI-NSF; 605 macroinvertebrates individuals were collected in station PC-1 and PC-2, to be identified; the software IQADData was used to identify the water quality; and indexes WQI-NSF and FBI were compared. As a result, WQI-NSF has a value of 41 in station PC-1 and 36,66 in station PC-2, showing a bad water quality; in station PC-3 got a value of 52,03, which represents a regular water quality. The results were compared to the quality criteria of the Ministerial Agreement 097A chart 2, finding out that faecal coliforms criteria, TDS, and phosphate are out of the quality standards. With reference to the macroinvertebrates, which were classified into 11 ORDENES and 21 families, the water quality is considered regular, as the Copueno river entails an organic contamination. In conclusion, it is evident that macroinvertebrates are affected by the highly percentage of the river contamination, as per anthropogenic activities. Hence, individuals of the *Dugesiidae* family, seem tolerate the contamination and high temperatures, if compared to *Leptophelibiidae* family, that inhabits in good quality waters, rich of oxygen. It is recommended to inform residents about how to use water for agriculture and ranching.

Keywords: <MACROINVERTEBRATES>, <FAECAL COLIFORMS>, <UPANO RIVER>, <GENERAL PROAÑO>, <TURBIDITY>, <MINISTERIAL AGREEMENT 097A >, <QUALITY STANDARD>.



INTRODUCCIÓN

El agua es considerada como un elemento fundamental e indispensable para la vida, sin embargo, este recurso es finito convirtiéndose en uno de los más grandes problemas a nivel mundial, puesto que existe gran degradación de los recursos hídricos evidenciando en un aumentado significativo de esta problemática en la actualidad. De toda el agua del planeta solo el 1% está disponible para los seres vivos, es por ello que genera interés proteger estos ecosistemas especialmente su calidad y cantidad (Álvarez & Pérez, 2007: p. 20).

Los ríos o también conocidos como sistemas dulceacuícolas albergan gran diversidad de flora y fauna siendo ecosistemas vulnerables a la contaminación (Chacón, 2017, p. 18), dichos ecosistemas se encuentran relacionados con la conservación de la diversidad biológica y el desarrollo de la sociedad, es por ello, que las políticas relacionadas con el recurso agua son más estrictas, debido a que buscan garantizar la recuperación, conservación y manejo integral de los recursos hídricos (Segnini, 2003, p. 3).

El deterioro de estos ecosistemas ha permitido desarrollar metodologías que ayudan a evaluar el estado del agua, estas alternativas se basan en el control y vigilancia de los recursos hídricos, en los últimos años se ha destacado el uso de macroinvertebrados como indicadores de la calidad hídrica, teniendo gran aceptación a nivel mundial, ya que es una metodología sencilla y rápida en la obtención de resultados con alta confiabilidad, dando información acerca de las variaciones a través del tiempo, lo que hace una herramienta idónea para el monitoreo de los ríos (Bullón, 2016, p. 11).

Este índice es de gran utilidad para estimar la calidad del agua de ríos cercanos a actividades agrícolas y ganaderas, las cuales son causantes del deterioro progresivo y significativo de la calidad hídrica provocando daños en la salud de la población y al equilibrio de la flora y fauna local (Cárdenas et al., 2018: p. 2).

El incremento de la población produce cambios en la calidad del agua viéndose más afectados los recursos hídricos superficiales, que al estar en contacto con pueblos, causan degradación y pérdida de las comunidades bióticas en los ecosistemas acuáticos, que puede deberse a factores como el encauzamiento de los ríos, descarga de agua residuales, deforestación, expansión agrícola, mal uso de insumos químicos, actividades que no son orientadas bajo criterios de sustentabilidad y han provocado alteraciones en dichos ecosistemas (Camargo & Alonso Fernández, 2005: pp. 87-89).

En la actualidad en países latinoamericanos existen varios estudios sobre la utilización de bioindicadores en evaluaciones de la calidad de ríos, especialmente porque dicho monitoreo ayuda a informar las condiciones previas y actuales. Según Galarraga, (2001, p. 1), señala que en el Ecuador los estudios realizados sobre la calidad de los cuerpos de agua son escasos, lo que provoca un desconocimiento de la situación actual de los recursos hídricos. Los pocos estudios

que se han realizado llegan a la conclusión que existe una fuerte contaminación del agua.

La microcuenca del río Copueno se encuentra en el cantón Morona atraviesa la parroquia general Proaño y Macas, este río presenta una belleza natural y paisajista, motivo por el cual es de gran importancia para el desarrollo y bienestar de los habitantes, posee un clima sub tropical que oscila entre los 16°C a 22°C permitiendo el desarrollo de macro - micro flora y fauna que posee la provincia de Morona Santiago, razón por la cual es de gran interés biológico, económico y turístico.

Bajo este contexto, la presente investigación pretende brindar información sobre el estado de la calidad del agua del río Copueno mediante la utilización de macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua, haciendo uso del índice biótico de familias debido a que se llega al nivel de familias para determinar el grado de alteración del cuerpo hídrico, por lo que este índice facilita una alternativa en el diagnóstico de la calidad de las aguas (Rosas et al., 2014: pp. 82-88). Adicionalmente, se analizará el índice de la calidad del agua ICA-NSF, complementando la información necesaria para la toma de decisiones sobre la calidad del agua del recurso hídrico, contribuyendo a determinar el deterioro de las aguas superficiales mediante los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, la combinación de estos dos índices consolida una base sólida garantizando su análisis ambiental (Lozano, 2016, p. 141).

El trabajo técnico se encuentra dividido en cuatro capítulos, la primera sección trata sobre el diagnóstico del problema analizando las actividades antrópicas que afectan al recurso hídrico, el segundo capítulo comprende la revisión de la literatura, el tercer capítulo detalla la metodología a utilizar para el desarrollo de la investigación y el cuarto capítulo describe los resultados que se generan en la investigación, generando una línea base para un adecuado manejo de la microcuenca del río Copueno.

CAPÍTULO I

1.1. Diagnóstico del problema

El agua es considerada fuente de vida por la función que cumple en los procesos biológicos y su importancia como elemento fundamental para el desarrollo (García & Martínez, 2009: pp. 31-40); pero el deterioro de su calidad trae consigo problemas ambientales que la sociedad ha generado como resultado de las diferentes actividades (Triyanto et al., 2003: pp. 51-66), como: el riego para la agricultura, esta actividad consume grandes cantidades de agua dulce, lo que provoca un aumento de la escasez de este recurso (ONU, 2015, pp. 64-71). La crianza de animales, y las malas prácticas en la deforestación son responsables de la erosión incrementando la cantidad de sedimentos en los cauces naturales siendo perjudicial para la población y los recursos hídricos (CEPAL, 2012, p. 81).

La calidad de las aguas superficiales puede verse afectada por la acción humana o por efecto natural, Según La Organización Mundial de la Salud:

El principal problema relacionado con la calidad del agua lo constituye la eutrofización, que es el resultado de un aumento de los niveles de nutrientes y afecta sustancialmente a los usos de aguas. Las mayores fuentes de nutrientes provienen de escorrentía agrícola y de las aguas residuales domésticas, de afluentes industriales y emisiones a la atmósfera procedentes de la combustión de fósiles y de los incendios forestales (ONU, 2015, p. 15).

Los recursos hídricos se pueden deteriorar por el sobre uso que la población realiza, modificando sus condiciones naturales lo que genera un cambio en la calidad del agua (Escobar, 2002, p. 13). En el caso del Ecuador la contaminación se produce por las descargas de aguas residuales provenientes de actividades mineras, agrícolas e industriales, poniendo en riesgo la salud de la población (Foro de los Recursos Hídricos, 2014, p. 14). La contaminación de aguas residuales se presenta por la falta de alcantarillado y tratamiento después de su uso, la cobertura de saneamiento en zonas rurales alcanza un 53, 07% por lo que se considera que pocas son las ciudades tienen tratamientos de aguas residuales por lo que se concluye que el resto es vertido directamente en las cuencas hídricas (SENAGUA, 2016, p. 38).

En la parroquia General Proaño y Macas la población practica la ganadería y agricultura como actividad principal siendo el clima un factor predominante que favorece el desarrollo de los cultivos, los habitantes utilizan directamente el agua de las fuentes hídricas para su regadío, uso de abrevaderos.

Cabe recalcar que las aguas servidas de la comunidad Paccha son vertidas en una quebrada desembocando en el río Copueno debido a que no cuentan con pozos tradicionales ni

alcantarillado sanitario, lo que provoca que el recurso hídrico se contamine, por otro lado, existen tramos del río que son utilizados como balnearios y lavanderías.

Motivo por el cual, existe la necesidad de evaluar la calidad del agua del río Copueno ya que se considera uno de los ríos más representativos de la zona, que ha soportado una fuerte transformación en su caudal, siendo utilizado para actividades de uso cultural y fuente de recursos naturales, abasteciendo a gran parte de la población.

Así, la ejecución de la presente investigación permite evaluar la calidad del agua del río Copueno en el tramo Paccha - Macas mediante índice de calidad del agua ICA-NSF, e índice biótico de familias y conocer el grado de contaminación que presenta este ecosistema fluvial como resultado de las actividades antrópicas realizadas en la zona, además de ayudar a la toma de decisiones reduciendo los impactos negativos que generan estas actividades.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Determinar la calidad del agua del río Copueno en el tramo Paccha - Macas mediante macroinvertebrados como bioindicadores.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Identificar las comunidades de macroinvertebrados presentes en el río Copueno en el tramo Paccha – Macas.
- Evaluar la calidad del agua en el río Copueno en el tramo Paccha– Macas a través de parámetros físicos químicos e índices biológicos.
- Comparar los resultados obtenidos del análisis del Índice de Calidad del Agua ICA-NSF, y el índice Biótico de familias.

CAPÍTULO II

2.1. Antecedentes

Los ríos ecosistemas dulceacuícolas son recursos renovables de gran importancia para la vida, su valor biológico destaca por la presencia de una alta diversidad de especies que tiene estrecha relación con la vegetación ribereña, fundamental en la cadena trófica de estos ecosistemas (Meza et al., 2012: p. 2). La mayor cantidad de agua dulce se la encuentra en los ríos pero por consecuencia de la creciente demanda de población, industrialización y urbanización que se ha evidenciado en los últimos años, este recurso es cada vez más escaso, provocando un aumento de las presiones sobre los recursos hídricos (Carrera & Fierro, 2018: p. 1).

Estas condiciones llevaron a los investigadores hacer uso de análisis fisicoquímicos con el fin de medir el impacto de las perturbaciones antrópicas causadas sobre los recursos hídricos (Hessberg et al., 2009: p. 2). Sin embargo, este método no detectaba perturbaciones de origen difuso, por lo cual, se implementó el uso de bioindicadores de la calidad del agua (Segnini, 2003, p. 3).

Estos bioindicadores son utilizados debido a sus características, requerimientos espaciales y adaptaciones evolutivas a determinadas condiciones ambientales, convirtiéndolos en organismos con límites de tolerancia a diferentes alteraciones que se presente en su hábitat (Roldán, 2003, p. 12). En países latinoamericanos se han realizado varios estudios haciendo uso de macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua por ejemplo: en Colombia, utilizan macroinvertebrados para determinación de la calidad del agua mediante índices biológicos y fisicoquímicos, en la universidad de Caldas, municipio de Palestina (Hessberg et al., 2009: p. 1) y en el río Chillan en Chile Figueroa et al., (2003: p. 2) realizaron un análisis comparativo de índices bióticos (IBF y el BMWP), siendo el IBF más sensible a perturbaciones que no pudieron ser reveladas por el índice BMWP.

En el Ecuador el uso de macroinvertebrados para diagnosticar la calidad de fuentes hídricas superficiales ha ido aumentando, sin embargo, existe poca información relacionada con estos índices biológicos, taxonomía, y metodologías apropiadas para el estudio de fauna bentónica, según señala Arroyo & Encalada, (2009: p. 2) los macroinvertebrados acuáticos no se encuentran empleados oficialmente para la evaluación y monitoreo del estado de los cuerpos hídricos superficiales, sin embargo estos estudios han tomado relevancia y en la actualidad, constan en la legislación ecuatorial para el control y seguimiento ambiental del Acuerdo ministerial 028 (MAE, 2015, p. 1).

El río Copueno se encuentra ubicado en el cantón Morona atravesando la parroquia General Proaño y Macas, siendo sometida a contaminación natural como: arrastre de material, disuelto, presencia de materia orgánica natural y de origen antrópico mediante la descarga de aguas residuales y escorrentía agrícola (Méndez et al., 2020: p. 5).

En la parroquia General Proaño se han llevado a cabo dos investigaciones de la calidad del agua, Chacón, (2017, p. 4), determina la calidad del río Copueno en el tramo Paccha- Jardín del Upano, mediante macroinvertebrados bentónicos, mientras que, Méndez, (2020, p. 4), determina la calidad del agua mediante el índice ICA-NSF del río Copueno ubicado en el cantón Morona, sin embargo, a lo largo del tramo Paccha- Macas no se ha aplicado el índice Biótico de familias ni se ha comparado con parámetros físicos-químicos con la finalidad de dar una evaluación integral del recurso hídrico, dando origen a la presente investigación.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Contaminación del agua

Es la alteración producida por descarga de aguas residuales de tipo industrial, agropecuaria o minera conjuntamente con contaminantes provenientes de poblaciones que causan desequilibrio y alteran la calidad normal de la misma, provocando un cambio químico, físico o biológico, de modo que no reúna las condiciones necesarias para destinado uso, lo cual afecta de forma negativa al ser humano y al ambiente (Ramos, 2016, p. 2).

2.2.2. Contaminación antropogénica

Es producida por las diversas actividades que desarrolla el ser humano, se las considera fuente principal de contaminación de las aguas superficiales derivadas del desarrollo, crecimiento poblacional e industrialización que conlleva a un mayor uso de agua alterando su composición natural (Garc, 2014, p. 9).

2.2.3. Tipos de contaminación antropogénica

2.2.3.1. Vertidos de explotaciones ganaderas

El estiércol y orina contiene contaminantes como microorganismos patógenos, materia orgánica, nitrógeno, fósforo los cuales alteran la calidad de los recursos hídricos.

2.2.3.2. Vertido de aguas residuales agrícolas

Contienen fertilizantes inorgánicos, plaguicidas, herbicidas entre otros que alteran la calidad del agua

2.2.3.3. Vertidos industriales

El agua fuente principal de las industrias para varios fines un ejemplo de ello tenemos: el refinado de petróleo; este proceso genera aguas con cianuros, grasas, fenoles.

2.2.4. Contaminación natural

Es aquella producida por la misma naturaleza, son muy dispersas y su concentración no es muy alta puede ser producida por actividad geofísica, seres vivos, escorrentías, erosión entre otras (Encinas, 2011, p. 48).

2.2.5. Contaminación por actividades urbanas

Este tipo de contaminación se puede producir por el inadecuado manejo de los residuos sólidos, puede ser de origen químico o biológico, los lixiviados que generan los residuos sólidos son almacenados en vertederos controlados o incontrolados, mediante las fugas en las redes de saneamientos y colectores de aguas residuales (Luque, 1998, pp. 2-3).

2.2.6. Fuentes de contaminación

2.2.6.1. Fuentes de contaminación puntual

Son fácilmente identificables, provienen de las descargas de aguas residuales ya sea de actividades industriales, agrícolas o mineras , este tipo de efluentes posee la característica de ser regulados y deben contar con el permiso de descarga, facilitando el monitoreo de forma que se pueda mantener su vigilancia con el fin de cumplir las normativas vigentes (Bravo et al., 2013: p. 2).

2.2.6.2. Fuentes de contaminación difusa

El Servicio Ecológico en los EE.UU, la define como una fuente de contaminación procedente de puntos que no pueden ser identificados, tales como la aplicación de fertilizantes y plaguicidas en áreas extensas, prácticas inadecuadas en el criadero de animales, malas prácticas forestales, toxinas y materia orgánica e inorgánica (Rojas, 2016, p. 15).

2.2.7. Tipos de contaminantes

2.2.7.1. Contaminantes biológicos

Son aquellos desechos orgánicos que se presentan en el agua tales como: la materia fecal y alimentos regados con agua que presentan contaminantes biológicos, puede ser perjudicial para la salud, en seres humanos al beber el agua o consumir alimentos lavados con este tipo agua contaminada puede causar enfermedades infectocontagiosas (Ruiz, 1999, pp. 50-51).

2.2.7.2. Contaminantes químicos

Son aquellos contaminantes que se mantiene en el agua, estos contaminantes no son biodegradables provenientes de fuentes domésticas o industriales (Ruiz, 1999, pp. 50-51).

2.2.7.3. Contaminantes físicos

Partículas emitidas de una fuente fija o se encuentran en el aire contaminado y al entrar en contacto con los ríos puede contaminar alterando la temperatura del medio (Ruiz, 1999, pp. 50-51).

2.2.8. Calidad 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.

Es un término que describe las características físicas y químicas y biológicas de una muestra de agua estableciendo la composición de la misma y la hace apta para satisfacer las necesidades básicas, el deterioro de la calidad del agua es uno de los problemas a nivel mundial debido al crecimiento poblacional, expansión de actividades agrícolas e industriales, causando importantes alteraciones en el ciclo hidrológico (ONU, 2015, p. 5).

2.2.9. Índices de calidad del agua

Es la evaluación de su naturaleza física, química y biológica, la cual permite identificar la calidad de agua de un cuerpo superficial o subterráneo proporcionando un único número que expresa la calidad del recurso en un lugar y momento determinado información comprensible y utilizable por el público (Yogendra & Puttaiah, 2008: p. 1).

2.2.9.1. Índice de la calidad del agua ICA-NSF

Este índice fue desarrollado por Brown, McClelland, Deininger y Tozer en el año de 1970, apoyados por la National Sanitation Foundation de los Estados Unidos proponen el índice de la calidad del agua NSF.

Brown, reunió a 142 expertos en gestión de la calidad del agua con el fin de disminuir los juicios subjetivos. El primer estudio se consideró 35 variables de contaminación clasificándolos en una escala de 1 a 5 siendo el 1 de más alta significancia y 5 de más baja significancia, basado en tres categorías, “incluido”, “indeciso” o “no incluido”. En el segundo estudio de las 35 variables se determinaron nueve parámetros con mayor importancia: Oxígeno Disuelto, Coliformes Fecales, Nitratos, Fosfatos, pH, Variación de la Temperatura, Sólidos Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) y Turbidez. Finalmente, se realizó las curvas de función para cada parámetro con un rango de 0 a 100 en el eje Y de cada gráfico, mientras que en el eje X media el aumento de los niveles, luego se promedió para obtener una línea para cada variable y su peso específico (Castro et al., 2014; p. 5).

2.2.10. Parámetros físico-químicos y biológicos de la calidad del agua

2.2.10.1. Temperatura

Considerado uno de los parámetros más influyentes en los cuerpos de aguas, la temperatura indica la estabilidad ecológica de un sistema, al presentarse una variación de este parámetro se eleva el potencial tóxico de ciertas sustancias disueltas en el agua lo que genera un cambio en el desarrollo de la flora y fauna (Gualdrón, 2016, p. 6)

2.2.10.2. Potencial de hidrógeno (pH)

Es un indicador de una sustancia ácida, viene determinado por el número de iones libres de hidrógeno en una sustancia, es considerada una propiedad importante debido a que disuelve casi todos los iones. El valor de medición del pH está definido por la relación entre número de protones (H^+) y el número de iones hidroxilo (OH^-) (Hernández et al., 2016: p. 42).

2.2.10.3. Oxígeno Disuelto

Este parámetro indica la cantidad de oxígeno contenida en los cuerpos de agua, nos indica el grado de contaminación y soporte para el crecimiento y reproducción vegetal y animal. La presencia de oxígeno disuelto es indispensable para la vida acuática, concentraciones bajas de este parámetro indica contaminación con materia orgánica (Gualdrón, 2016, p. 7).

2.2.10.4. Demanda Bioquímica de Oxígeno

Se define como la cantidad de oxígeno que se requiere para oxidar la materia orgánica presente en el agua bajo ciertas condiciones como el agente oxidante, la temperatura y el tiempo, determinan las condiciones de biodegradabilidad y el contenido de sustancias tóxicas en un periodo de 5 días (Secretaría de Economía, 2002, p. 3).

2.2.10.5. Sólidos disueltos totales

Parámetro basado en la presencia de sales disueltas, es decir partículas que se encuentran en suspensión de origen orgánico e inorgánico. Según la Agencia de Protección Ambiental de los EEUU (USEPA), este parámetro es clasificado como un contaminante secundario (Bauder y Sigler, 2014: p. 1).

2.2.10.6. Nitratos

Son compuesto que se encuentran en la naturaleza, especie nitrogenada más abundante y de interés en aguas superficiales, la contaminación por nitratos se debe al lixiviado de abonos nitrógenos que van a parar en aguas superficiales, sus valores oscilan entre 0,2 y 2 mg/l (Ojeda, 2005, p. 5).

2.2.10.7. Fosfatos

La contaminación del agua producida por los fosfatos se debe al uso de fertilizantes en la agricultura, materia orgánica resultante de los desechos urbanos, industriales y agrícolas, en muchos de los casos estos desechos van a parar en los lagos, ríos, canales lo cual provoca un problema ambiental.

Los fosfatos se forman a partir de un fósforo y oxígeno es un parámetro muy importante debido a que influye en el crecimiento de las plantas acuáticas que servirán de alimento para los

microorganismos presentes en el agua. sin embargo, cantidades excesivas de fosfato que entren en contacto con el agua, producirá un crecimiento desmesurado de las plantas, algas y otros microorganismo llegando a saturar el medio lo que provoca que se consuma demasiado oxígeno (Sánchez et al., 2007: p. 128).

2.2.10.8. Turbidez

Este parámetro nos indica el grado de transparencia que presenta los cuerpos de agua, la turbiedad del agua es causada por la materia que se encuentra suspendida como la arcilla, sedimentos, materia orgánica e inorgánica (IDEAM, 2007, p. 2).

2.2.10.9. Coliformes fecales

Es un indicador indirecto de riesgo potencial de contaminación de origen biológico la cual indica la presencia de agentes patógenos como virus o bacterias que se encuentran presentes en las heces de los humanos y animales, siendo este uno de los problemas ambientales que más deterioran los cuerpos de agua (Sierra, 2011, p. 83).

2.2.11. Bioindicadores

Un bioindicador es un conjunto de especies que tienen características específicas escogidos por su sensibilidad a perturbaciones ambientales, distribución, abundancia y dispersión; son usadas para estimar las alteraciones ambientales que se producen en los cuerpos de agua (Viteri et al., 2017: p. 6).

2.2.11.1. Clasificación de los bioindicadores

- Detectores. Son organismos, que ante la presencia de perturbaciones ambientales sufren un aumento en la mortalidad, su actividad reproductiva baja, y disminución en su abundancia.
- Explotadores. Organismos que, ante la presencia de nutrientes en el agua generada por perturbaciones *ambientales*, sufren un crecimiento poblacional excesivo, un ejemplo de ello sería el crecimiento excesivo de algas en aguas eutrofizadas.
- Acumuladores. Organismos resistentes a ciertos contaminantes los acumulan en sus tejidos sin sufrir daño.

Tabla 1-2: Tipos de bioindicadores según el tipo de disturbio a detectar

Indicadores de diversidad	Se refiere al número de especies de los taxones que viven en un mismo hábitat
Indicadores ecológicos	Son especies sensibles a perturbaciones ambientales, mediante su presencia o ausencia nos permiten conocer el impacto generado, son utilizados para evaluar la calidad de los cuerpos hídricos.
Indicadores Ambientales	Son organismos utilizados para evaluar perturbaciones ambientales mediante una respuesta específica a dichas perturbaciones.

Fuente: González et al., 2014: p. 29 .

Realizado por: Jaramillo, Nahomy, 2021.

2.2.11.2. Ventajas de utilizar bioindicadores

El uso de bioindicadores para valorar el estado de los recursos hídricos presenta ciertas ventajas sobre los métodos físicos-químicos tales como:

- Las evaluaciones mediante bioindicadores son más económicas, no se necesita emplear equipos para su monitoreo como el que se requiere para los análisis físicos-químicos.
- Nos brindan información de lo que ha ocurrido durante su ciclo de vida, es decir, nos da conocer las condiciones pasadas y actuales, mientras que los análisis físicos-químicos nos da información en el momento exacto del muestreo.
- Los bioindicadores pueden revelar el efecto causado por las perturbaciones ambientales, dicho efecto se manifiesta con la aparición de especies invasoras o fragmentación del hábitat. (González et al., 2014: pp. 27-30).

2.2.11.3. Limitaciones de los bioindicadores

Al utilizar bioindicadores en las evaluaciones de los cuerpos de agua se presentan limitaciones tales como:

- El uso de los bioindicadores releva mediciones no puntuales, es decir, mide el grado de contaminación al cual el organismo lleva expuesto por un largo periodo de tiempo
- La variación genotípica de estos organismos puede dificultar el estudio.

- La información obtenida por los bioindicadores es cualitativa mas no cuantitativa, para obtener información más relevante se debe utilizar los índices biológicos (García et al., 2017: p. 10).





2.2.12. Macroinvertebrados acuáticos

Son organismos que se puede observar a simple vista, es decir aquellos que poseen un tamaño superior a 0,5 mm de largo, dentro de esta categoría se ubican los oligoquetos, hidrozooos, turbelarios, insectos arácnidos, crustáceos, los bivalvos y los gastrópodos (Roldán & Ramírez, 2008: p. 172).

2.2.12.1. Formas de los macroinvertebrados acuáticos

Los macroinvertebrados tienen formas variadas, característica importante lo que les permite que se desarrollen satisfactoriamente en diferentes hábitats y estos pueden ser: redondeados, alargados, ovalados, espiralados entre otros, tal y como se muestra en la tabla 2-2.

Tabla 2-2: Formas de los macroinvertebrados





			
Redondeados	Ovalados	Alargados	Espiralados

Fuente: Carrera, 2001, p. 2.

Realizado por: Jaramillo, Nahomy, 2021.

En cuanto al número de extremidades existen macroinvertebrados que poseen hasta 10 patas y los que no poseen extremidades tal es el caso de las larvas de mosca, como se observa en la tabla 3-2.

Tabla 3-2: Número de extremidades de los macroinvertebrados

			
10 patas	8 patas	6 patas	Sin patas

Fuente: Carrera, 2001, p. 21.

Realizado por: Jaramillo, Nahomy, 2021.




2.2.13. Hábitats




El hábitat hace referencia a las características del lugar donde viven diferentes grupos de macroinvertebrados, encontrándose enterrados bajo el sustrato o por encima de él, adheridos a piedras, hoja rasca; sin embargo existen macroinvertebrados que prefieren las corrientes de agua, al igual que los que se encuentran en los fondos lodosos, pedregosos o arenosos (Roldán & Ramírez 2008: p. 172).

2.2.13.1. Tipos de hábitat de los macroinvertebrados

Los macroinvertebrados se caracterizan por el lugar en el que habitan, de ahí reciben diferentes nombres, en síntesis, los macroinvertebrados los podemos encontrar véase en la siguiente tabla 4-2.

Tabla 4-2: Tipos de hábitats de los macroinvertebrados acuáticos

Hojas flotantes y sus restos	
Troncos caídos en descomposición	
En los sedimentos o lodos en el fondo del río	

Sobre o debajo de las piedras	
Aguas corrientosas	
Lagunas, charcos, pozas, y aguas estacadas	

Fuente: Carrera, 2001, p. 21.

Realizado por: Jaramillo, Nahomy, 2021.

Al evaluar la calidad del agua de los ríos se debe tomar en cuenta todos los posibles hábitats presentes en el área de muestreo.

– Ecosistemas loticos

Compuestos por ríos, quebradas y arroyos, donde las corrientes rápidas juegan un papel fundamental en la distribución de los macroinvertebrados, aquellos organismos que se encuentran en este tipo de ecosistemas presentan adaptaciones corporales como ganchos, ventosas y cuerpos aplanados, lo que les permite resistir la velocidad de la corriente (Medina & Marlon, 2009: pp. 19-20).

– Ecosistemas lénticos

Son ecosistemas donde el agua permanece quieta como los lagos, lagunas, embalses, existen ríos y quebradas que se comportan como ecosistemas lénticos dependiendo de la geomorfología que presenta el cauce. Estos ecosistemas son ricos en vegetación ribereña y sumergida albergando gran variedad de macroinvertebrados (Medina & Marlon, 2009: pp. 19-20).

2.2.14. Modos de vida de los macroinvertebrados acuáticos

2.2.14.1. Bentos o Fauna bentónica

Los ríos presentan una amplia distribución de organismos bentónicos como moluscos, anélidos, crustáceos y nemátodos, siendo los moluscos los más abundantes.

Son los organismos que habitan en el fondo de río o lagos, se los encuentra enterrados en el sustrato o adheridos en las rocas, piedras y vegetación sumergida, encontrándose gran variedad de efemerópteros, coleópteros, tricópteros, dípteros, adheridos al sustrato por medio de ventosas, un ejemplo de ello son las sanguijuelas, otros utilizan sus uñas y ganchos para adherirse a la vegetación sumergida como los zigópteros que son las larvas de odonatos, mientras que a otros los podemos encontrar pegados en las rocas mediante una secreción de

sustancias como es el caso de los tricópteros constructores de casas, principalmente tenemos los glososomátidos y helicopsíquidos, además de los turbelarios (planarias) los cuales tienen cuerpos muy aplanados que simplemente se pegan a la superficie del sustrato (Roldán & Ramírez, 2008: pp. 172-173).

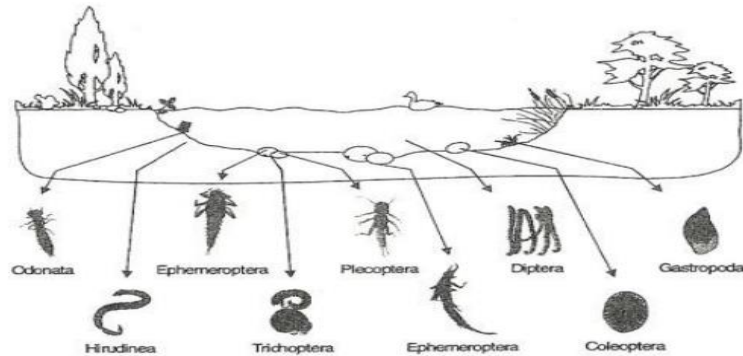


Figura 1-2: Macroinvertebrados representantes de la fauna bentónica

Fuente: Gabriel, 2003, p. 11.

2.2.14.2. Necton

Son organismos que nadan libremente en el agua, es decir son nadadores activos, entre ellos se encuentran los efemerópteros de la familia *Corixidae* y *Coleópteros* de la familia *Gyrinidae* e *Hydrophilidae* (Roldán & Ramírez, 2008: pp. 172-173).

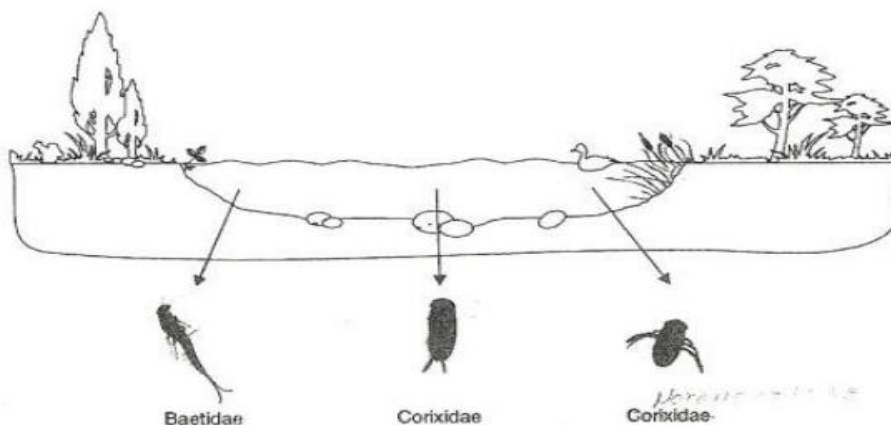


Figura 2-2: Macroinvertebrados representantes del Necton en ecosistemas acuático

Fuente: Gabriel, 2003, p. 11.

2.2.14.3. Neuston

Son organismos que se encuentran en la superficie del agua, sus patas, uñas, y esqueleto, se encuentran recubiertos por una cera que les hace impermeables y les impide hundirse, entre los

más representativos se encuentran las familias *Garridae*, *Hidrometridae*, y *mesoveliidae* (Gabriel, 2003, p. 11).

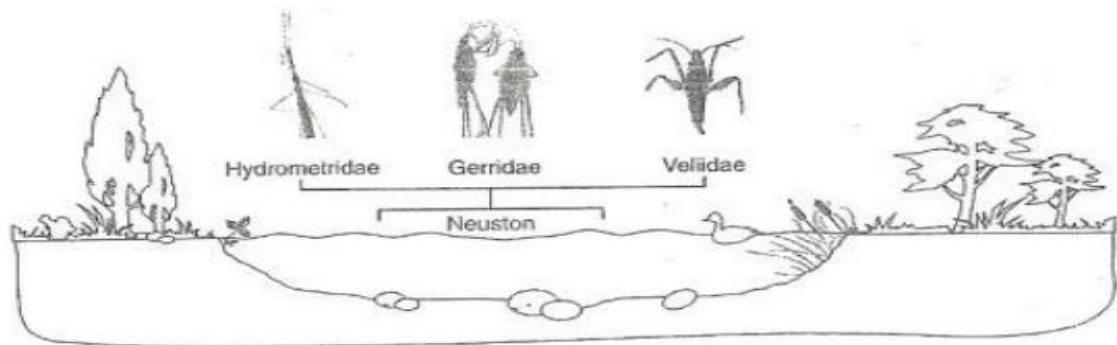


Figura 3-2: Macroinvertebrados representantes del Neuston en ecosistemas acuáticos

Fuente: Gabriel, 2003, p. 11.

2.2.15. Alimentación de los macroinvertebrados

La alimentación de los macroinvertebrados se origina dentro de su ecosistema acuático, es por ello que la vegetación ribereña juega un papel importante en su ciclo de vida existen categorías, carnívoros, herbívoros y detritívoros, en cada una de estas categorías, existe varios grupos funcionales, el comportamiento alimenticio de los macroinvertebrados varía a lo largo del ciclo de vida del organismo (Hanson et al., 2010: pp. 7-8).

2.2.15.1. Herbívoros

Se alimentan de plantas acuáticas vasculares o algas (>1 mm) se subdividen en dos categorías:

- Fragmentadores: También conocidos como desmenuzadores, se alimentan interna o externamente como minadores de hojas, tallos o raíces enterradas en los sedimentos (algunos *Chironomidae*).
- No fragmentadores: Organismos que indican las agallas en las plantas acuáticas (*Chironomidae*) o succionan la sabia (*Hemípteros*). Algunos tienen la habilidad de filtrar partículas en suspensión a través de cepillos bucales o redes de seda. Otros son raspadores alimentándose de algas (*perifiton*) y microbios que se encuentran adheridos a rocas o sustratos tal es el caso de los *Ephemeropteros*, *Trichópteros* y caracoles.

2.2.15.2. Carnívoros

Macroinvertebrados que se alimentan de otros animales estos se subdividen en tres categorías como son:

- Depredadores: presentan adaptaciones morfológicas las cuales les permiten capturar a sus presas, por lo general la mayoría de estos organismos mastican su presa, pero algunos le inyectan enzimas y absorben su contenido, un ejemplo de ellos son las larvas de los coleópteros (chinchas)
- Parasitoides: organismos que se encuentran en asociación íntima con el hospedador sin causar su muerte en este grupo se incluye las larvas de algunos *Sciomyzidae* de la familia *Diptera* que son parasitoides de los caracoles.

2.2.15.3. *Detritívoros*

Macroinvertebrados que se alimenta de materia orgánica muerta, incluyen los siguientes grupos funcionales




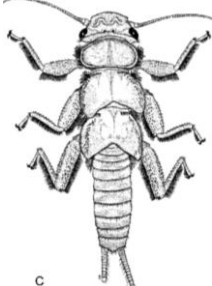

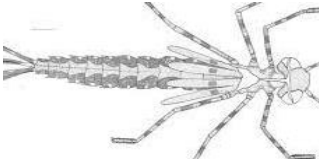

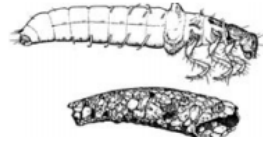
- Fragmentadores: se alimentan hojas en descomposición o fragmentos de madera, esta dieta incluye muchas bacterias y hongos aumentando el valor nutricional de las hojas, los fragmentadores convierte el alimento en partículas más finas de materia orgánica.
- Filtradores: Su cuerpo presenta una estructura especializada como cepillos bucales, patas con brochas tal es el caso de alguna *Ephemeroptera* y *Trichóptero*, branquias ciliadas (almejas) o redes de seda (*Trichóptera* y *Chiromomidae*), les sirve como filtros ayudando a remover partículas finas del agua, muchos filtradores son considerados omnívoros por lo que se alimenta de materia viva y muerta.
- Recogedores: También conocidos como recolectores, animales que recogen partículas finas depositadas en el agua.


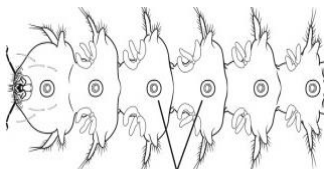


2.2.16. *Macroinvertebrados como indicadores de la calidad ambiental*

Los macroinvertebrados son utilizados a nivel mundial, debido a que proporciona información de perturbaciones generadas en el medio en la siguiente tabla se muestra la característica que presentan los macroinvertebrados según la calidad del agua sea esta buena calidad o de baja calidad (Gamboa et al., 2008: p. 3).

2.2.16.1. Macroinvertebrados indicadores de buena calidad de agua

Tabla 5-2: Macroinvertebrados indicadores de calidad de agua buena

Orden	Características	Rasgos
<p>Ephemeroptera</p> 	<p>Nombre común: Efímeras Familias más comunes: <i>Baetidae</i>, <i>Leptophlebiidae</i>, <i>Caenidae</i>, <i>Leptohyphidae</i> Fase iniciadora: Ninfas Alimentación: Ninfas herbívoras Hábitat: Ríos y lagunas</p>	<p>Poseen uñas tarsales, abdomen es alargado con un filamento central normalmente visible</p> 
<p>Plecoptera</p> 	<p>Nombre común: Moscas de piedras Familia más común: <i>Perlidae</i> Fase iniciadora: Ninfas muy sensibles perturbaciones ambientales Alimentación: Ninfas carnívoras Hábitat: Ríos de aguas turbulentas, lechos de grava</p>	<p>Abdomen con un par de cercos sencillos o multiarticulados</p> 
<p>Onodata</p> 	<p>Nombre común: Libélulas o caballitos del diablo Familias más comunes: <i>Libellulidae</i>, <i>Coenagrionidae</i> Fase iniciadora: Larvas Alimentación: Ninfas depredadoras Hábitat: Ríos de aguas calmadas</p>	<p>Ojos prominentes, en la parte posterior del abdomen presenta branquias plumosas</p> 
<p>Tricoptera</p> 	<p>Nombre común: Frigáneas Familias más comunes: <i>Hidropsychidae</i>, <i>Hidroptilidae</i>, <i>leptoceridae</i> Fase iniciadora: larvas Alimentación: Ninfas depredadoras o herbívoras Hábitat: Ríos de aguas calmadas o rápidas</p>	<p>Larvas acuáticas, construyen un estuche para protegerse que varía según la familia</p> 
<p>Diptera</p>	<p>Nombre común: Moscas Familias más comunes: <i>Simuliidae</i>, <i>Tipulidae</i>, <i>Psychodidae</i>, <i>Dixidae</i>,</p>	<p>Larva pequeña que presenta protuberancias a los lados de su cuerpo.</p>



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




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

Realizado por: Jaramillo, Nahomy, 2021.

2.2.16.2. Macroinvertebrados indicadores de baja calidad del agua

Tabla 6-2: Macroinvertebrados indicadores de calidad de agua baja

Orden: Diptera	Característica	Rasgos
<p>Familia: Culicidae</p> 	<p>Nombre común: Mosquitos Ciclo de vida: Huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores Fase iniciadora: Larvas filtradoras y raspadoras Alimentación: Hábitat: Aguas estancadas</p>	<p>Larva apoda, posee la cabeza reducida con pelos en el tubo respirados</p>
<p>Familia: Ephydriidae</p> 	<p>Nombre común: Moscas, Mosquitos Ciclo de vida: Huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores Fase iniciadora: Larvas Alimentación: Larvas filtradoras y raspadoras Hábitat: Aguas estancadas</p>	<p>Cuerpo alargado con pequeñas patas en la mitad del cuerpo</p>
<p>Familia: Chironomidae</p>	<p>Nombre común: Moscas, Mosquitos Ciclo de vida: Huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores</p>	<p>Cuerpo alargado con un penacho de setas en la parte posterior del cuerpo</p>

	<p>Fase iniciadora: Larvas Alimentación: Larvas filtradoras y raspadoras Hábitat: Aguas estancadas y corriente leve</p>	
<p>Familia: Sirfidae</p> 	<p>Nombre común: Moscas Ciclo de vida: Huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores Fase iniciadora: Larvas Alimentación: Larvas filtradoras y raspadoras Hábitat: Aguas estancadas y corriente leve</p>	<p>Cuerpo robusto, posee un tubo respiratorio delgado y alargado</p>
<p>Familia: Psychodidae</p> 	<p>Nombre común: Moscas Ciclo de vida: Huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores Fase iniciadora: Larvas Alimentación: Larvas filtradoras y raspadoras Hábitat: Aguas estancadas y corriente leve</p>	<p>Cuerpo alargado con abundantes setas por todo su cuerpo</p>

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

Realizado por: Jaramillo, Nahomy, 2021.

2.2.17. Métodos de recolección de los macroinvertebrados

2.2.17.1. Cualitativos

– Red D-net

Esta red se utiliza para realizar un barrido a lo largo de las orillas de la corriente, debido a su forma triangular, este tipo de red es conveniente debido a que se adapta correctamente a las superficies irregulares de las orillas, se debe cubrir un área de 10 m a lo largo de las orillas (Samanez et al., 2014: p. 39-40).

– Red de mano

También conocida como red de pantalla, es una red de 1 m² aproximadamente con un ojo de malla de 500 µm, la red se encuentra sujeta a dos mangos de madera o aluminio, para la recolección de los macroinvertebrados, la persona se debe colocar en contra de la corriente mientras que la otra

persona se cola en dirección de la corriente removiendo con los pies el fondo del sedimento del río (Samanez et al., 2014: p. 39-40).

– Recolección manual

Consiste levantar las rocas, ramas sumergidas y troncos, en la superficie se encuentra numerosos organismos adheridos, los cuales se recogen con pinzas con el fin de no maltratar a los individuos recolectados, esto se lo realiza varias veces hasta cubrir un área considerable de al menos 10 a 15 m² (Samanez et al., 2014: p. 39-40).

2.2.17.2. *Cuantitativos*

– Red Surber

Consta de dos marcos metálicos, donde se encuentra sujeta la red, el marco se coloca en el fondo del río y en contra de la corriente con las manos o pies se remueve el material del fondo quedándose atrapados los organismos en la red (Samanez et al., 2014: p. 39-40).

– Draga Eckman

Dos estructuras en forma de pala, se toma un área de 225cm² este procedimiento se lo debe realizar al menos tres veces en cada punto de muestreo, los orificios producidos por este sistema varían de acuerdo al tipo de sedimento presente en el río, véase en la figura 4-2 literal d (Samanez et al., 2014: p. 39-40).

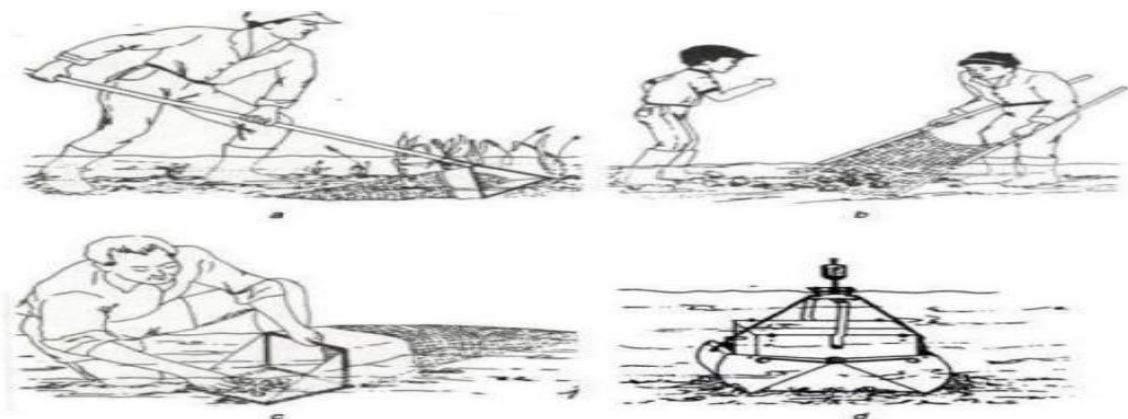


Figura 4-2: Métodos de recolección de macroinvertebrados

Fuente: Medina y Marlon 2009: p. 36.

2.2.18. Índices biológicos

Los índices biológicos son herramientas que nos ayudan a valorar la calidad de un cuerpo hídrico, consiste en la combinación de los grupos taxonómicos y la tolerancia que estos presentan a la contaminación (Chacón, 2017, p. 24).

2.2.19. Índice biótico de familias

Fue desarrollado y ejecutado en los Estados Unidos por Hilsenhoff en el año de 1988, este índice se caracteriza por ser un buen indicador para ríos de cuencas agrícolas y ganaderas, asigna un puntaje a los diferentes grupos taxonómicos de acuerdo a su sensibilidad a la contaminación que va desde el 0 al 10 (Figueroa et al., 2003: p. 2).

2.3. Bases Legal

2.3.1. Constitución de la República del Ecuador.

2.3.1.1. Título II: Derechos

Art. 12. “El derecho al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida” (Constitución de la República del Ecuador, 2008, p. 13).

Art. 14. “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*” (Constitución de la República del Ecuador, 2008, p. 13).

Art. 71. “La naturaleza o Pacha Mama, donde se produce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos” (Constitución de la República del Ecuador, 2008, p. 37).

2.3.1.2. Título VI: Régimen de desarrollo

Art. 276. Literal 4; “Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad del agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio cultural” (Constitución de la República del Ecuador, 2008, p. 137).

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

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

Art. 12. Protección, recuperación y conservación de fuentes. “El estado, los sistemas comunitarios, juntas de agua potable y justas de riego, los consumidores y usuarios, son corresponsables en la protección, recuperación y conservación de las fuentes de agua y del manejo de los páramos, así como la participación en el uso y administración de las fuentes de agua que se hallen en sus tierras, sin perjuicio de las competencias generales de la Autoridad Única del Agua de acuerdo con lo previsto en la Constitución y en esta Ley” (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2014, p. 6).

2.3.2.2. Capítulo III: Derechos de la Naturaleza

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

Art.64. Conservación del agua. “La naturaleza o Pacha Mama tiene derecho a la conservación de las aguas con sus propiedades como soporte esencial para todas las formas de vida” (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2014, p. 18).

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

- d) “La protección de las cuencas hidrográficas y los ecosistemas de toda contaminación”
- e) “La restauración y recuperación de los ecosistemas por efecto de los desequilibrios producidos por la contaminación de las aguas y la erosión de suelos” (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2014, p. 18).

2.3.3. Código Orgánico Ambiental

2.3.3.1. Título II: De los Derechos, Deberes y Principios Ambientales

Art. 5. “Derecho de la población a vivir en un ambiente sano. El derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado comprende”

“Literal 4) La conservación, preservación y recuperación de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico” (COA, 2017, p. 12).

Art. 6. “Derechos de la naturaleza. Son derechos de la naturaleza los reconocidos en la Constitución, los cuales abarcan el respeto integral de su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, unciones y procesos evolutivos” (COA, 2017, p. 17).

2.4. Bases conceptuales

2.4.1. Ecosistema fluvial

Abarca los aspectos referentes a la forma y longitud de la cuenca, su recorrido, régimen de caudal y las diferentes relaciones que se dan en el medio con los elementos tanto inertes como vivos (Jiménez et al., 2009: p. 2).

2.4.2. Escasez de Agua

Cuando los recursos hídricos se encuentran en peligro, encontrándose vulnerables a la contaminación por negligencia, falta de conciencia y desconocimiento de la población a que este tipo de recurso natural debe ser protegido, se dice que la tercera parte de la población del planeta vive en países donde sufren escasez del agua (Casillas, 2014, p. 9).

2.4.3. Impacto ambiental

Con el fin de remediar los efectos negativos causados por el ser humano, se ha visto la necesidad de evaluar estos impactos generados, con el objetivo de disminuir la degradación ambiental creando herramientas como la evaluación del impacto ambiental.

Son aquellos efectos adversos en el ecosistema, ocasionados por las diferentes actividades que realizan los seres humanos, causando modificaciones al medio ambiente. El uso de los recursos naturales, la transformación de bosques en parcelas agrícolas, la implementación de fábricas ha ocasionado alteraciones en el medio ambiente y con ello la migración de los seres vivos causando pérdida de la diversidad (Zita, 2018, p. 4).

2.4.4. Eutrofización

Es un proceso que perturba las condiciones naturales del agua, se origina por el exceso de nutrientes, principalmente el fósforo y nitrógeno, ocasionando grandes impactos ecológicos, sanitarios y económicos, trayendo consigo un desequilibrio a la multiplicación del material vegetal.

La eutrofización se produce por la descarga de aguas residuales, (ricas en nutrientes), el uso excesivo de fertilizantes, la deforestación y erosión de los suelos agrícolas. En sistemas acuáticos eutrofizados se presenta una alteración de la biota y diversidad biológica, lo que provoca una proliferación excesiva de algas, cianobacterias y macrófitos, impidiendo el paso de luz en zonas profundas, una de las consecuencias es la imposibilidad de llevar a cabo el proceso de fotosíntesis y por tanto la disminución del oxígeno (Moreno et al., 2010: p. 5).

2.4.5. Índices bióticos

Herramientas que contribuyen a la gestión sostenible de los recursos hídricos, se encargan de proporcionar una calificación al estado del agua, realizando una evaluación de la degradación del agua, la cual proporciona información relevante para la toma de medidas de rehabilitación o mitigación del área a evaluarse (Couceiro et al., 2012, p. 2).

2.4.6. Taxonomía

Describe, identifica y clasifica a los diferentes organismos de un sistema jerarquizado, definiéndolo a cada nivel como categoría taxonómica, las diferentes categorías se incluyen unas dentro de otras, empezando con la especie, hasta llegando a subdivisiones como son género, familia, orden, clase y reino (Arija, 2012, p. 4).

2.4.7. Biomonitorio

Consiste en realizar un seguimiento para diagnosticar el estado de un ecosistema acuático sea este un río, humedal, laguna, estuario, mediante el uso de organismos que habitan como principales indicadores el estado de los cuerpos de agua (Prat & Munné, 2014: p. 2).

2.4.8. Especies invasoras

Hace referencia a aquellas especies que provienen de otro hábitat o región de forma voluntaria o accidental, estas especies presentan una capacidad agresiva para colonizar y dispersarse en diferentes hábitats naturales (Vargas & León, 2009: p. 3).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Área de estudio

La presente investigación se llevó a cabo en un tramo del río Copueno, el cual comprende el sector Pacha en el barrio valle del Copueno ubicado en General Proaño, barrio Nueva Jerusalén ubicado en Macas y el puente de la ruta panamericana Teniente Hugo Ortiz al ingreso este de la ciudad de Macas, en el cantón Morona. Los ríos que rodean a la ciudad de Macas son tres, el Jurumbaino, Copueno y el Upano (Peña et al., 2019: p. 76).

Las parroquias General Proaño y Macas son parroquias pequeñas que comparten ciertas características como las condiciones climáticas y recursos hídricos, tal es el caso del río Copueno el cual aporta sus aguas al río Upano, formando parte de la cuenca del río Santiago que recorre la provincia en una longitud de 58 km (Peña et al., 2019: p. 78).

El cantón Morona posee una extensión de 5095 km² y limita al Norte con los cantones Pablo Sexto y Huamboya, al Sur con los cantones Sucúa y Logroño, al Este con la provincia de Chimborazo y al Oeste con el cantón Taisha (Gobierno Municipal del Cantón Morona, 2017, p. 17).

La evaluación de la calidad del agua se realizó mediante el índice de la calidad del agua ICA-NSF e Índice Biótico de Familias (IBF), se desarrolló a lo largo de un tramo de 4,5 km del río Copueno.

3.2. Materiales y Equipos

3.2.1. Material y equipos utilizados para el monitoreo del río Copueno

Los equipos y materiales que fueron utilizados en el monitoreo del río Copueno y para la toma de muestras fisicoquímicas y microbiológicas, además de macroinvertebrados se detallaran en la tabla 1-3. (Anexo C)

Tabla 1-3: Materiales y equipos utilizados en fase de campo

Material/Equipo	Descripción
Envases de 1L plásticos	Se utilizó para recoger las muestras de agua en los puntos a monitorear.
Frascos de plástico estéril (100ml)	Se utilizó para recolectar las muestras microbiológicas en los puntos de monitoreo, para la toma de estas muestras es necesario el uso de guantes.
Envase de plástico	Se utilizó para la recolección de macroinvertebrados el envase debe contener alcohol para su preservación
Piseta con agua destilada (1lt)	Se utiliza para enjuagar las sondas de los equipos de monitoreo evitando su deterioro.
Equipo multiparamétrico portátil APERA	Este equipo se utilizó para medir parámetros in situ como la temperatura y el oxígeno disuelto introducidos directamente en la columna de agua.
pH-metro digital PYWE COBRA4	Mide el pH del agua, parámetro in situ
Red D-net	Se utilizó para la recolección de macroinvertebrados, tiene un mango de 80cm de longitud y una estructura de 16 cm.
Bandeja de recolección plástica	Utilizada para la separación de macroinvertebrados, las bandejas tienen una altura de 2,6cm y cuenta con 6 divisiones.
Pinzas entomológicas	Ayuda a la separación del material vegetal de los macroinvertebrados.
Cooler	Utilizado para la conservación y transporte de las muestras hacia el laboratorio.
Cámara digital	Se utilizó para las evidencias fotográficas.
Etiquetas y marcador	Se utilizó para identificar las muestras de cada estación de monitoreo etiquetando, hora, lugar y fecha
Cuaderno de apuntes	Utilizado para anotar los datos medidos por el pH-metro y el equipo multiparamétrico

Realizado por: Jaramillo Nahomy, 2021.

3.2.2. Materiales y equipos del laboratorio

Tabla 2-3: Materiales y equipos utilizados en laboratorio.

Material/Equipo	Descripción
Equipo para coliformes fecales <ul style="list-style-type: none">• Matraz Erlenmeyer• Bomba de vacío ROCKER R300• NEOGEN filter• Incubadora REBELK R300	Este equipo se utilizó para filtrar la muestra del agua y así determinar las coliformes totales que contiene cada punto de muestreo
Equipo de recuento de colonias GALAXI 330 ROCKER	Este equipo se utilizó para hacer fácil el conteo de coliformes fecales presentes en el agua
Medidor Digital Demanda Bioquímica de Oxígeno <ul style="list-style-type: none">• Botella ámbar• Agitador WTW• Medidor de DBO WRW• Balon de 432ml (uberlaufkolben)• Bureta	Empleado para determinar la demanda bioquímica presente en el agua
Equipo para determinar sólidos totales <ul style="list-style-type: none">• Caja Petri de vidrio• Probeta• Balanza analítica SARTORIUS• Horno de secado MEMMERT	Este equipo se utilizó para determinar la cantidad de sólidos totales presentes en cada muestra.
Turbidímetro 2100Q HACH Celda de vidrio redondo	Mide la turbidez
Espectrofotómetro celda cuadrada	Utilizado para los parámetros nitratos y fosfatos
Estereomicroscopio MOTIC	Se utilizó para la identificación taxonómica de los macroinvertebrados

Realizado por: Jaramillo Nahomy, 2021.

Para el desarrollo de los análisis fisicoquímicos, microbiológicos e identificación taxonómica, se realizó con las medidas de bioseguridad necesarias como es el uso de mascarilla, mandil, y guantes.

3.3. Selección de los puntos de monitoreo

Para determinar los puntos de monitoreo se realizó un recorrido del río Copueno, observando las condiciones del lugar, con el objetivo de establecer los puntos a monitorear tomando en cuenta las características de la zona, los datos se obtuvieron con ayuda del GPS Garmin 62S, donde se estableció tres estaciones de monitoreo (tabla 3-3), los cuales fueron elegidas debido a que estos sitios presentaron características idóneas que permitieron evaluar el estado natural del río; los datos

fueron georreferenciados en UTM WGS 84 utilizando el software ArcGis 10.8

Las tres estaciones de monitoreo del río Copueno fueron elegidas debido a que cumplen los siguientes criterios:

- *Identificación:* El punto de muestreo debe ser claro y exacto.
- *Accesibilidad al sitio:* Las características del lugar deben permitir un rápido y seguro acceso, sin poner en riesgo la vida del monitor.
- *Representatividad:* El tramo del río a monitorear debe ser regular accesible y uniforme tomando en cuenta ciertos aspectos como la velocidad y profundidad del río.
- *Seguridad:* Se debe contar con medidas de seguridad al ingresar a un punto de monitoreo, uso de cuerdas, arneses, guantes, botas (Barreto et al., 2010: p.7).

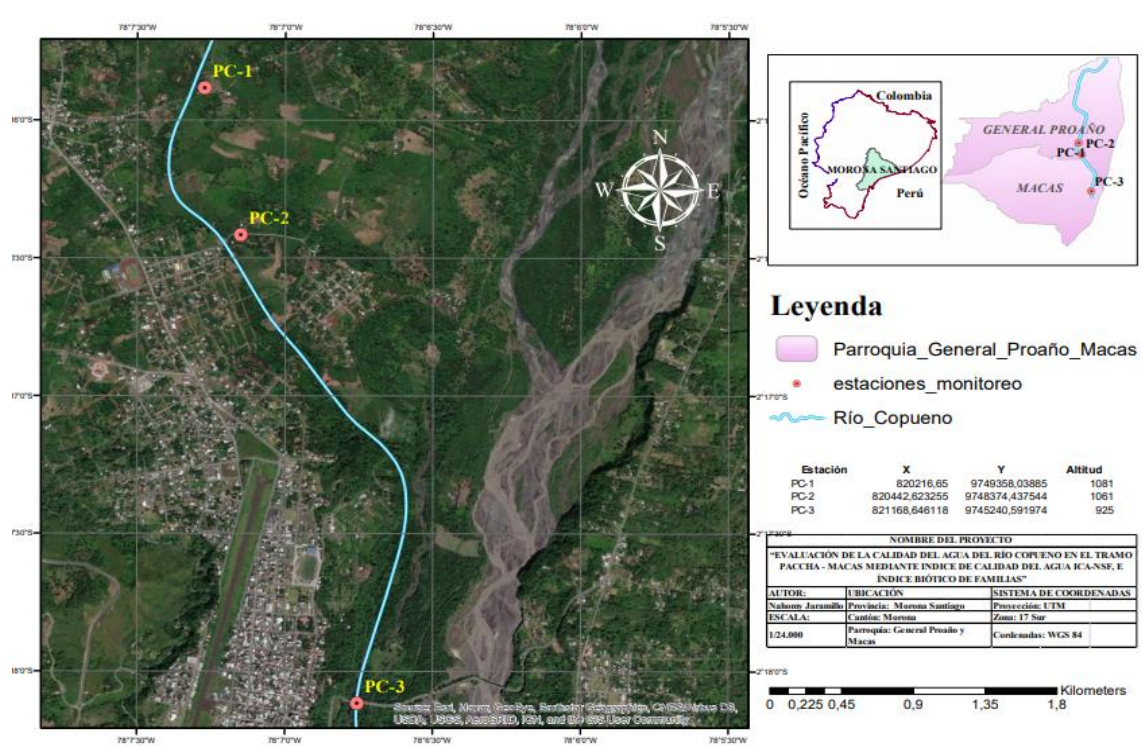


Figura 1-3: Ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo

Realizado por: Jaramillo, Nahomy, 2021.

Tabla 3-3: Coordenadas de las estaciones de monitoreo

LOCALIZACIÓN		COORDENADAS UTM WGS 84		
Estación	Nombre	Longitud	Latitud	Altura m.s.n.m
PC-1	Punto Copueno uno	820216,65	9749358,03	1081
PC-2	Punto Copueno dos	820442,62	9748374,43	1061
PC-3	Punto Copueno tres	821168,64	9745240,59	925

Realizado por: Jaramillo, Nahomy, 2021.

3.4. Monitoreo y toma de muestras de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

El Monitoreo del río Copueno se llevó a cabo con base en las normas NTE INEN 2169: Agua: calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de las muestras; y la Norma NTE INEN 2176: Agua: calidad del agua. Muestreo y Técnicas de muestreo. El monitoreo del río Copueno se lo realizó durante tres meses consecutivos mayo, junio y julio del presente año, debido a que en el mes de mayo es el último mes de invierno y presento un clima cálido y lluvioso y el mes de junio empieza la temporada de verano, la frecuencia con la que se realizaron los monitoreos fue de 25 días entre mes y mes, esto se realizó tomando en cuenta las lluvias que se presentaban en la zona. Para la toma de muestras de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, se procedió a realizarlo en la mañana, la cual tuvo una duración de 1 hora por cada estación de monitoreo, siguiendo la metodología que se detalla en la tabla 4-3.

Tabla 4-3: Metodología para la toma de muestras físicoquímicas y microbiológicas.

Parámetro	Procedimiento	Tipo de Envase
<ul style="list-style-type: none"> - Nitratos - Fosfatos - Turbidez - Sólidos totales disueltos - Demanda Bioquímica de Oxígeno 	<p>Para la toma de muestras de estos seis parámetros se procedió a enjuagar los envases de 1lt tres veces con la misma agua del río a monitorear, se introdujo el envase contra la corriente de agua hasta que este se llene completamente de forma que no exista aire sobre la muestra evitando la modificación de muestra.</p>	<p>Plástico 1 L.</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Coliformes fecales 	<p>Con ayuda de unos guantes, con el fin de que la muestra no se contamine, se introdujo el envase en la columna de agua hasta que se llene, se lo aseguro para que no se derrame dejando un espacio de aire entre la muestra y la tapa, esto permitió mezclar la muestra antes de realizar el análisis.</p>	<p>Envase de plástico de 100ml esterilizado</p>
<ul style="list-style-type: none"> - pH: 	<p>Se utilizó el equipo pH-metro digital PYWE COBRA4, el cual fue introducido directamente sobre la columna de agua hasta que la lectura se estabilice, es necesario mantener la distancia adecuada la sonda por debajo del agua evitando que choque con el sustrato rocoso del río.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura: 	<p>Este parámetro se midió introduciendo la sonda directamente sobre la columna de agua, según (Brandi y Wilson-Wilde, 2017, p. 193) la temperatura se obtiene al medirse con cualquier termómetro estándar ya sea de vidrio líquido o electrónico con lectura analógica o digital.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> - Oxígeno disuelto: 	<p>Para la medición del oxígeno disuelto se utilizó el equipo multiparamétrico portátil APERA, se introdujo la sonda del equipos directamente sobre la columna de agua, sin que toque el sustrato rocoso del río, esta sonda utiliza sensores de oxígeno basados en la luminiscencia los cuales miden las emisiones de luz que se correlacionan con la concentración de oxígeno disuelto (Brandi y Wilson-Wilde, 2017, p. 504).</p>	

Fuente: INEN, 2013, p. 6-10; INEN, 2013, p. 6.

Realizado por: Jaramillo, Nahomy, 2021.

3.4.1. Manejo y conservación de muestras

Para el manejo y conservación de la muestra se realizó en base a la Norma NTE INEN 2169, una vez que las muestras se recolectaron, se realizó el debido etiquetado, evitando que las muestras se confundan, y después se procedió a colocarlas en un cooler, esto se realizó con el fin de evitar que las muestras cambien su composición trasladándolas hacia el laboratorio de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo sede Morona Santiago sede para su posterior análisis (INEN, 2013, pp. 6-7).

3.4.2. Análisis de los parámetros físicos químicos y microbiológicos

Los análisis fueron realizados en el laboratorio de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Sede Morona Santiago, en la siguiente tabla 5-3, se describe los parámetros, y procedimiento que se realizó.

Tabla 5-3: Análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

Parámetro	Método	Procedimiento
Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	Oxitop	Para la determinación de la (DBO ₅), Se midió 432 ml de la muestra de agua en un balón aforado, el contenido se lo paso a la botella ámbar, se colocó 5ml de una solución nutritiva la cual contenía buffer pH7, magnesio, hierro, glucosa, adicional a ello se colocó tres gotas de nitrificante, se colocó el caucho y dos pastillas de sosa cáustica, se procedió a cerrar y encerar la botella para ubicarle en el sistema de agitación inductiva, donde permaneció 5 días, al quinto día se procedió anotar el dato registrado en la lectura con el 80% del oxígeno consumido.
Sólidos disueltos totales		Para el análisis de este parámetro, se procedió ubicar la caja petri en el horno durante 30 minutos y se retiró con pinzas metálicas y se enfrió a temperatura ambiente se pesó la caja petri anotando su valor, después se procedió a homogeneizar la muestra y medir un volumen de 50 ml, con ayuda de guantes se llevó la muestra al horno a 105 °C por 2 horas una vez evaporada la muestra se procedió a pesarla de nuevo y anotar su correspondiente peso.
Nitratos	Colorimétrico/ Espectrofotómetro	Para el análisis de nitratos, se procedió a preparar el blanco esto se lo realizó llenando la celda de 10ml con agua destilada, en otra celda se añadió 10 ml de la muestra más el sobre de reactivo de Nitrato, se colocó primero el blanco en la celda del espectrofotómetro y procedió a calibrar para colocar la muestra con el reactivo y se procedió a medir y anotar el resultado
Fosfatos	Colorimétrico/ Espectrofotómetro	Para el análisis de fosfatos se realizó un procedimiento similar al de nitratos se preparó el blanco y se preparó la muestra más el reactivo fosfato para ello se llenó la celda con 10 ml de la muestra, se ubicó el blanco en la celda del espectrofotómetro y procedió a calibrar para colocar la muestra con el reactivo y se procedió a medir y anotar el resultado.
Turbidez	Nefelométricas	Para el análisis de turbidez se coloca en la celda del espectrofotómetro un blanco de agua destilada, se calibró el equipo, se retiró el blanco de la celda y se procedió a ubicar la muestra, y medir

Coliformes fecales	Método de filtración	Para el parámetro de coliformes fecales se utilizó el medio NEOGEN filter, con ayuda de guantes para no contaminar el sistema se procedió a desinfectar el área donde se realizó el análisis, se conectó la bomba de vacío al matraz Erlenmeyer, se ubicó el sistema de filtración retirando la tapa se colocó los 100 ml de muestra, se encendió la bomba al vacío, esperando que toda la muestra sea filtrada para colocar los 2ml del cultivo disperso homogéneamente finalmente se lo tapo el sistema dejándolo reposar 15 minutos para llevarlo a la incubadora a 37 °C por 48 horas, posteriormente se realizó el conteo de colonias
--------------------	----------------------	--

Fuente: American Public Health Association, et al. 2013, pp. 15-150; Company Hach, 2000, pp. 134-149.

Realizado por: Jaramillo, Nahomy, 2021.

3.5. Índice de calidad del agua ICA-NSF

La evaluación de la calidad del agua se lo realiza por medio de parámetros fisicoquímicos y biológicos, en relación con el estado natural del agua debido a los efectos producidos por el hombre y su interacción con el medio ambiente, El índice de la calidad del agua es un número que nos ayuda a expresar la calidad de una fuente hídrica, tomándose en cuenta los 9 parámetros con sus pesos respectivos (Torres et al., 2009, p. 4).

Tabla 6-3: Parámetros, unidades y pesos del ICA-NSF

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

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

Realizado por: Jaramillo, Nahomy, 2021.

3.5.1. Cálculo de la calidad del Agua ICA- NSF

Para la evaluación de la calidad del agua del río Copueno se utilizó el Software IQADATA, los

datos obtenidos en los análisis se introdujeron en este software calculando la calidad del agua en base a la siguiente tabla 7-3.

Tabla 7-3: Clasificación de la calidad del agua según ICA-NSF

Calidad del Agua	Valor	Color
Excelente	91 a 100	
Buena	71-90	
Regular	51-70	
Mala	26-50	
Muy Mala	0-25	

Fuente: Limon & Webb, 1964: p. 3.

Realizado por: Jaramillo, Nahomy, 2021.

3.6. Muestreo de macroinvertebrados

El muestreo de los macroinvertebrados se realizó en base al manual metodológico escrito por (Carrera & Fierro, 2001, p. 26), tomando en cuenta los criterios recomendados como la velocidad y profundidad del río, el monitoreo tuvo una duración de 45 min por estación donde se logró recolectar una muestra representativa de cada estación de monitoreo.

3.6.1. *Recolección de muestras de macroinvertebrados*

Para la recolección de los macroinvertebrados se empleó la red D-net, esta red es de mucha ayuda para realizar barridos a lo largo de las orillas, donde no se puede acceder con la red pantalla, la ventaja que presenta esta red es que se adapta muy bien a la superficies irregulares de las orillas (Samanez et al., 2014: p. 20). El método de colecta empleado fue el muestreo de patadas (kick Sampling), el cual consiste en remover con los pies el sustrato que se encuentra en el fondo del río (Tercedor et al., 2005: p. 25), este procedimiento se lo realiza con el fin de cubrir un área representativa del lugar de muestreo 10 m a lo largo de ambas orillas (Samanez et al., 2014: p. 20).

3.6.2. *Limpieza, conservación y etiquetado de muestras*

A medida que se recolectó las muestras en las diferentes estaciones de muestreo, se procedió a limpiar la red, el material recolectado se lo coloca en una bandeja blanca con agua, para empezar el proceso de separación, se retiró con la mano, las hojas y restos más gruesos vigilando que no

contengan organismos adheridos (Alba et al., 2005: p. 24). Se procedió a separar el material recolectado, con ayuda de una lupa debido a que existían organismos que no podían verse a simple vista y con la ayuda de una pinza entomológica se retiraba los macroinvertebrados del material orgánico (hoja rasca, troncos, vegetación sumergida, piedras, rocas). Los macroinvertebrados se los colocó en un frasco con alcohol al 70% con el fin de conservar la muestra. Cada muestra recolectada fue debidamente etiquetada con el código de la estación, fecha, hora y nombre del monitor responsable, las muestras recolectadas y etiquetadas fueron depositadas en un cooler a temperatura ambiente para ser transportadas al laboratorio (Alba et al., 2005, p. 26).

3.6.3. Identificación de los macroinvertebrados

La identificación taxonómica de los macroinvertebrados se realizó en el laboratorio de microbiología de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, sede Morona Santiago con la ayuda del estereomicroscopio MOTIC, se procedió a colocar los macroinvertebrados en la caja petri, según las características similares que presentaron los macroinvertebrados, esto se realizó con la ayuda de guías de identificación taxonomica, empleando las claves taxonomicas de (Pérez et al., 2016, pp. 30-150; González et al., 2019: pp. 21-153; Gutiérrez et al., 2016: pp. 2-3; Oscoz, 2009, pp,11-121).

3.7. Cálculo del índice biótico de familias

Para el cálculo del índice biótico de familias se emplea la siguiente ecuación propuesta por Hilsenhoff citado en (Cárdenas et al., 2018: p. 4).

$$IBF = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i * T_i)}{\sum_{i=1}^n n_i}$$

Ecuación 1-3: Fórmula para el cálculo del índice biótico.

Dónde:

X_i= Es el número de individuos de familia

T_i= Es el valor de tolerancia de cada familia recolectada

n_i= Es el número total de organismo recolectados

Para su cálculo se lo realizó con un promedio de los valores de tolerancia de todas las familias dentro de la muestra ponderada por su abundancia relativa, lo que permite calificar la calidad del agua de acuerdo a la tabla 8-3. De esta manera este índice presenta dos componentes: a) el puntaje designado a cada grupo de macroinvertebrados; b) la abundancia relativa de los grupos macroinvertebrados acuáticos encontrados en cada una de las estaciones de monitoreo (Sermeño et al., 2010: pp. 20-21).

Tabla 8-3: Rango de valores del índice biótico propuesto por Hilsenhoff

Rango del valor del IBF	Categoría	Calidad del Agua	Interpretación del grado de contaminación orgánica
0,00 - 3,75		Excelente	Contaminación orgánica improbable
3,76 - 4,25		Muy Buena	Contaminación orgánica leve
4,26 - 5,00		Buena	Alguna contaminación orgánica probable
5,01 - 5,75		Regular	Contaminación orgánica bastante sustancial
5,76 - 6,50		Regular Pobre	Contaminación sustancial probable
6,51 - 7,25		Pobre	Contaminación muy sustancial probable
7,26 - 10,00		Muy Pobre	Contaminación orgánica severa probable

Fuente: Sermeño et al.,2010: p. 21.

Realizado por: Jaramillo, Nahomy, 2021.

Tabla 9-3: Valores de tolerancia en los macroinvertebrados según Hilsenhoff

Realizado por: Jaramillo, Nahomy, 2021.

Para el puntaje de los grupos de macroinvertebrados acuáticos, su valor viene predeterminado, indicando su tolerancia a condiciones de perturbación, es decir, el grado de sensibilidad a la contaminación; siguiendo el modelo planteado por Hilsenhoff, asigna valores cercanos a “0” aquellos macroinvertebrados de baja tolerancia y valores cercanos a “10” macroinvertebrados tolerantes a la contaminación, como se detalla en la siguiente tabla 9-3 (Sermeño et al., 2010: p. 23).

3.8. Análisis de calidad entre índices

Se realizó un análisis descriptivo comparando los índices empleados en el tramo de estudio, además, se generó un análisis de correspondencia canónica mediante el programa Past. El cual genera un análisis multivariado que relaciona los macroinvertebrados y las variables analizadas.

Orden	Familia	Valor de tolerancia	Orden o clase	Familia	Valor de tolerancia
Plecoptera			Megaloptera		
	Gripopterygiidae	1		Corydalidae	0
	Nolonemouridae	0		Sialidae	4
	Perlidae	1	Lepidoptera		
	Diamphipnoidae	0		Pyralidae	5
	Eustheniidae	0	Platyhelminthes		
	Austroperlidae	1		Turbellaria	4
	Limnephilidae	2			
Ephemeroptera			Acari		4
	Baetidae	4	Decapoda		
				Aeglidae	3
				Parastecidae	6
				Palaemonidae	4
	Caenidae	7	Coloptera		
	Leptophlebiidae	2		Elmidae	4
	Leptohyphidae	6		Ptilodactylidae	1
	Siphonuridae	7		Psephenidae	4
	Nesameletidae	7			
	Oligoneuridae	2	Diptera		
	Amelotopsidae	2		Athericidae	2
	Coloburiscidae	3		Blephariceridae	0
	Oniscigastridae	3		Ceratopogonidae	6
		Chironomidae		7	
		Empididae		6	
		Ephydriidae		6	
		Psychodidae		10	
		Simuliidae		6	
		Syrphidae		10	
		tabanidae		6	
		Tipulidae	3		
Odonata			Amphipoda		
				Gammaridae	4
				Hyalellidae	8
	Aeshinidae	3	Mollusca		
	Calopterygidae	5		Amnicolidae	6
	Gomphidae	1		Lymnaeidae	6
	Lestidae	9		Physidae	8
	Libellulidae	9			
	Coenagrionidae	9			
	Cordulidae	5			
	Petaluridae	5			
Trichoptera					
	Calomoceratidae	3			
	Glossosomatidae	0			
	Helicopsychidae	3			
	Hydropsychidae	4			

Hydroptilidae	4		Sphaeriidae	8
Leptoceridae	4		Chiliniidae	6
Philopotamidae	2		Hydrobiidae	5
Limnephilidae	2	Oligochaeta	Tubificidae	8
Ecnomidae	3	Hirudenea		10
Helicophidae	6			
Polycentropodidae	3	Isopoda	Janeriidae	4
Platystictidae	1	Tricladia	Dugesiidae	5
Philopotamidae	2			
Cordulegasteridae	2			
Hydrobiosidae	0			
Sericostomatidae	3			

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Descripción de las estaciones de monitoreo

4.1.1. PC-1

El primer punto de monitoreo se encuentra ubicado en la parroquia General Proaño en el sector Paccha en el barrio valle del Copueno, este punto se tomó en cuenta debido a la cobertura vegetal, profundidad y velocidad que presenta el río demostrando condiciones óptimas para albergar una mayor población de fauna bentónica; este sector se caracteriza por ser muy visitado por moradores de la zona, los cuales utilizan este río como lavanderías, uso recreativo, para el regadío de sus cultivos y abrevaderos de animales, y al no contar con un sistema de alcantarillado, ni pozos sépticos tradicionales, estas aguas son devueltas al río lo que causa el deterioro del mismo.



Figura 1-4: Estación de monitoreo PC-1

Fuente: Jaramillo, Nahomy, 2021.

4.1.2. PC-2

El segundo punto de monitoreo atraviesa varios centros poblados como el barrio valle del Copueno, barrio 13 de Abril y barrio Nueva Jerusalén, esta estación se encuentra a 2 km de la estación uno, ubicado en la entrada al barrio Nueva Jerusalén, en este punto se observó que alrededor de la zona los pobladores se dedican a la ganadería y crianza de animales avícolas, además de ello los moradores de este barrio hacen uso de este recurso hídrico utilizándolo como balneario, recreación turística, actividades que a largo plazo generan una pérdida de vegetación ribereña, por otro lado también se observó que el río Copueno recibe descargas de aguas domiciliarias, lo que causa que las condiciones del recurso se vean afectadas.



Figura 2-4: Estación de monitoreo PC-2

Fuente: Jaramillo, Nahomy, 2021.

4.1.3. PC-3

La última estación de monitoreo, se encuentra ubicado en el puente de la ruta panamericana Teniente Hugo Ortiz al ingreso este de la ciudad de Macas, en esta estación de monitoreo la velocidad del agua es rápida lugar ideal para verificar el cambio que se produce en el tramo, las actividades que se desarrollan en este punto son escasas por lo que se presume que existe contaminación escasa, además de ello conserva la vegetación ribereña ideal para el desarrollo de fauna bentónica.



Figura 3-4: Estación de monitoreo PC-3

Fuente: Jaramillo, Nahomy, 2021.

4.2. Análisis de los parámetros del ICA-NSF

Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos son necesarios a la hora de evaluar el estado natural de un río, ya que proporcionan información de sus propiedades y el estado en el que se encuentran. La variabilidad del comportamiento de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en cada estación de monitoreo fue analizada utilizando el índice de calidad del agua National Sanitation Foundation, y los Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces marinas y estuarios de la Tabla 2 del Acuerdo Ministerial 097-A Texto Unificado de Legislación Secundaria (MAE, 2011, p.14).

4.2.1. Cambio de la temperatura (ΔT)

El gráfico 1-4 muestra la variación de la temperatura en cada una de las estaciones de monitoreo realizadas en los tres meses de estudio, demostrando que la temperatura más alta se registró en la estación PC-3 en el mes de julio con un valor de 6,2 °C, mientras que la temperatura más baja se registró en el primer monitoreo en el mes de mayo en la estación PC-2 con un valor de 1,4 °C. La variación de la temperatura en cada una de las estaciones de monitoreo es evidente, esto se debe a factores como el clima, la hora en que se tomó la muestra, la profundidad del río, la nubosidad y la circulación del aire.

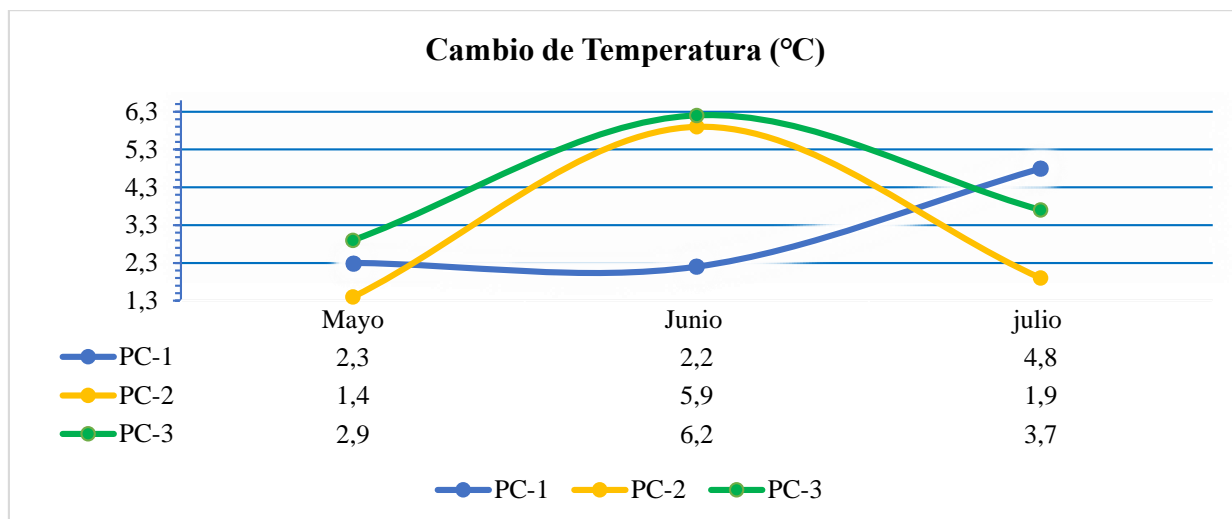


Gráfico 1-4: Variación del cambio de temperatura

Realizado por: Jaramillo, Nahomy, 2021.

Al presentarse un incremento de la temperatura se ve afectada la cantidad de oxígeno presente en el

agua; ríos que presentan menor temperatura son capaces de transportar mayor cantidad de oxígeno (Ecofluidos Ingenieros S.A., 2012, p. 58).

El incremento de la temperatura en el mes de junio en las estaciones PC-2 y PC-3 indican contaminación por descarga de aguas residuales lo que perjudica la tasa metabólica de los organismos presentes en el agua (Cordero et al., 2005: pp.76-77).

4.2.2. Potencial de hidrógeno (pH)

El gráfico 2-4 se muestra que la variación del potencial de hidrógeno en las tres estaciones de monitoreo denominadas PC-1, PC-2, y PC-3 es mínima, los valores se encuentran en un rango de 6,02 la más baja a 7,19 la más alta, registrada en el mes de mayo en la estación PC-1 y el mes de julio en la estación PC-3 respectivamente. De acuerdo, a los estudios sobre calidad del agua realizados por Beita (2008) en aguas superficiales no contaminadas los valores de pH pueden variar entre 6,0 a 8,5 debido a la influencia de los procesos biológicos y químicos que ocurren dentro de las fuentes hídricas (Cordero et al, 2005, p. 81) y valores superiores o inferiores a dicho rango producen limitaciones en el desarrollo y fisiología de los organismos acuáticos; por lo que los datos obtenidos de pH en las estaciones de monitoreo se encuentran en el rango.

La variación del potencial de hidrogeno se da por razones tales como las prácticas agrícolas que se realizan alrededor de la zona que conducen a la lixiviación de iones dejando un exceso que luego por escurrimiento son transportados hacia el flujo del agua (Beita, 2008, p. 16). Los valores obtenidos se encuentran en el intervalo aceptado en la tabla 2 del acuerdo ministerial 097-A que

presenta un rango de 6,5 a 9, considerando al río Copueno como admisible para la preservación de la vida acuática y silvestre en agua dulce (MAE, 2011, p. 14).

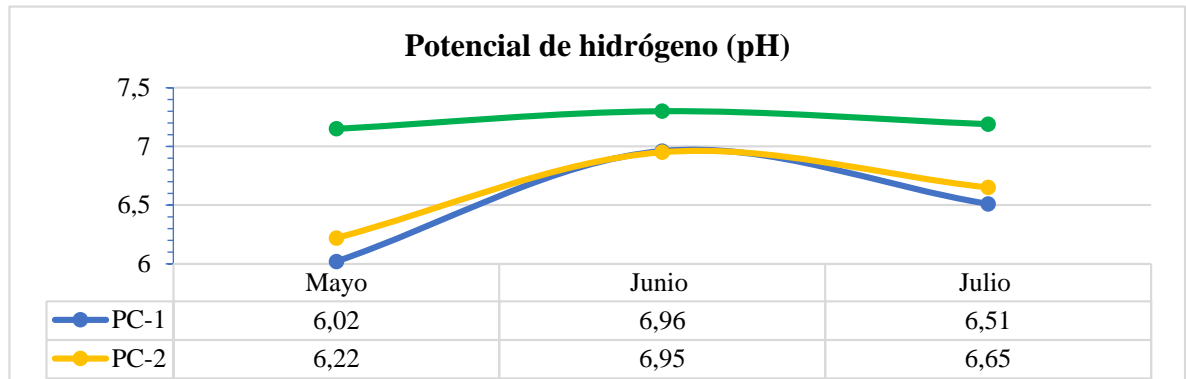


Gráfico 2-4: Variación de pH

Realizado por: Jaramillo, Nahomy, 2021.

4.2.3. Oxígeno disuelto (O.D.)

El gráfico 3-4 muestra la variación de concentración de oxígeno disuelto en las tres estaciones de monitoreo durante meses de mayo, junio y julio del presente año, el resultado más bajo registrado corresponde a la estación PC-2 en el mes de mayo con un valor de 7,96 mg/L que de acuerdo a los rangos de aceptación de oxígeno disuelto tiene la condición es **ACEPTABLE**, el valor más alto se registró en la estación PC-1 en el mes de julio, que al comparar con los rangos de aceptación, la condición es buena, es decir que es adecuada para la vida de la gran mayoría de organismos acuáticos.

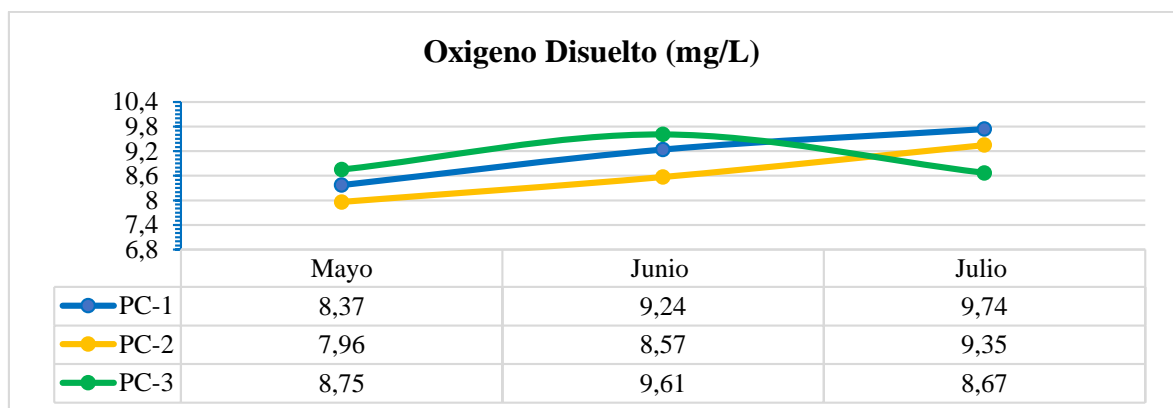


Gráfico 3-4: Variación de oxígeno disuelto

Realizado por: Jaramillo, Nahomy, 2021.

El agotamiento del oxígeno disuelto se debe a procesos contaminantes como la descarga de desechos orgánicos e inorgánicos y otros factores como la temperatura, florecimiento algal,

desechos de humanos y desechos de animales impidiendo que se desarrolle la vida acuática (Sierra, 2011, p. 259).

4.2.4. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

El gráfico 4-4 presenta la variación de la demanda bioquímica de oxígeno durante los meses de mayo, junio y julio, mostrando que el valor más bajo es de 10 mg/L registrados en las estaciones PC-2 en los tres meses de monitoreo y el PC-3 en el mes de junio y el valor más alto es de 14mg/L se registró en la estación PC-1 en el mes de julio, dichos valores comparados con la tabla 2: Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces marinas y estuarios del Acuerdo Ministerial 097-A del Texto Unificado de Legislación Secundaria, (MAE, 2015, p.14) cumple con el rango establecido el cual es 20mg/L.

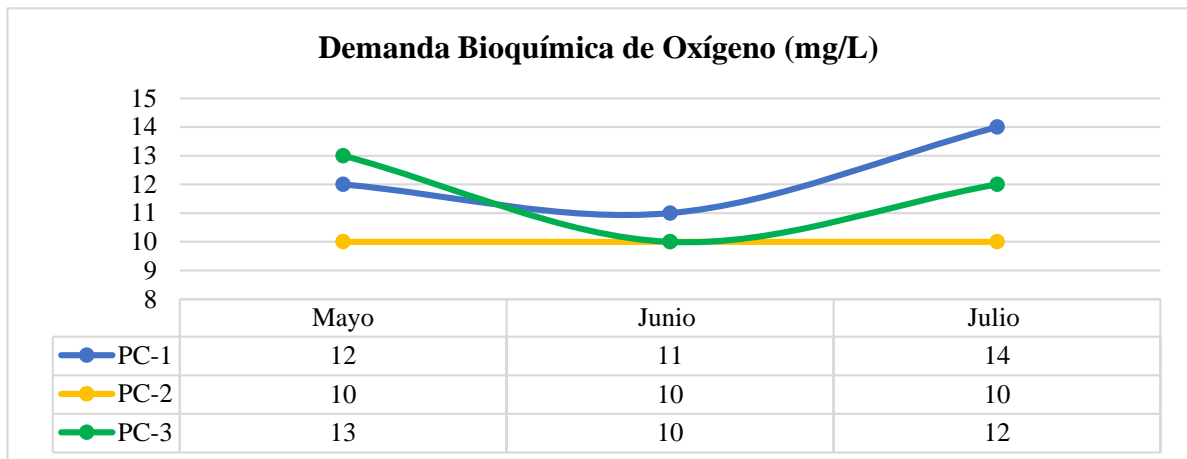


Gráfico 4-4: Variación de la DBO₅

Realizado por: Jaramillo, Nahomy, 2021.

Las concentraciones de la demanda bioquímica de oxígeno representan una medida de la concentración de materia orgánica e inorgánica degradable, la DBO₅ se encuentra relacionada con el oxígeno disuelto, cuando existe valores altos de DBO₅ los niveles de oxígeno disuelto serán bajos debido a que las bacterias consumen ese oxígeno en gran proporción, al existir menor cantidad de oxígeno presente en el agua, los organismos acuáticos tienen menor posibilidad de sobrevivir (Sánchez et al., 2007: p. 125).

4.2.5. Sólidos disueltos totales (TDS)

El gráfico 5-4 muestra la variación de los sólidos totales disueltos registrados en los tres meses de estudio en las estaciones PC-1, PC-2 y PC-3, como se evidencia en la tabla existe una variación

considerable en los tres meses de monitoreo, el valor más alto se registró en el mes de mayo en la estación PC-3 con un valor de 10780 mg/L, este aumento considerable se debe a las lluvias que se presentó durante ese mes produciendo el incremento del caudal y con ello el arrastre de sedimentos en el tercer punto ubicado en el puente de la ruta panamericana Teniente Hugo Ortiz al ingreso este de la ciudad de Macas, el dato más bajo se registró en el mes de julio en la estación PC-2 con un valor de 20 mg/L, se considera que a medida que incrementa la cantidad de SDT la calidad del agua superficial disminuye (Barrasa, 2015, p. 102).

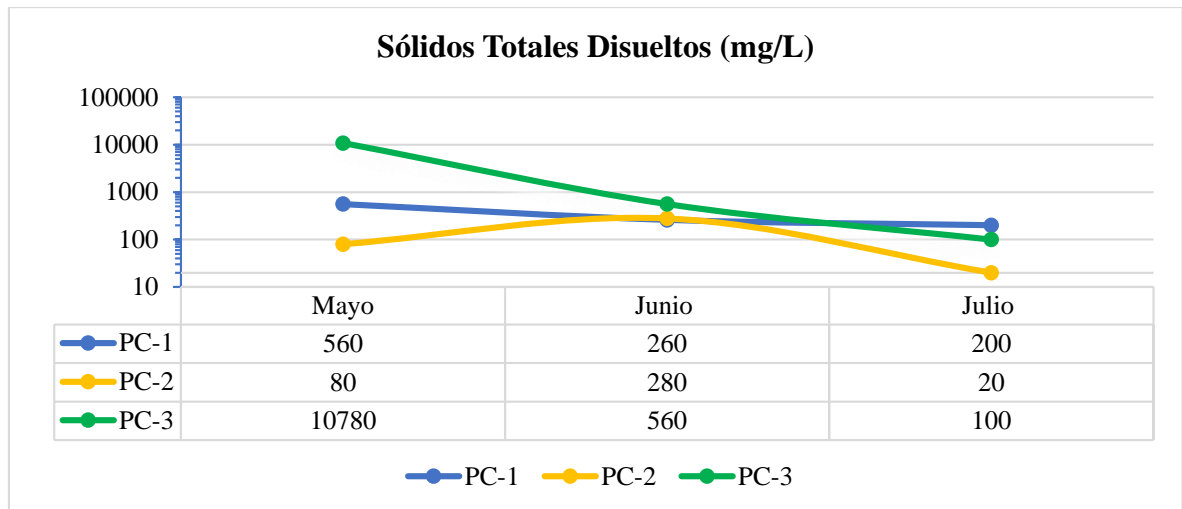


Gráfico 5-4: Variación de los TDS

Realizado por: Jaramillo, Nahomy, 2021.

La presencia de sólidos en el río Copueno en el punto PC-3 en el agua, impide la penetración de la luz, viéndose afectada el proceso de fotosíntesis que se lleva a cabo en el agua, también se observa que la línea de tendencia va disminuyendo la cantidad de sólidos totales debido a que el agua tiene su proceso de autodepuración (Londoño et al., 2010, p. 44).

4.2.6. Turbidez

El gráfico 6-4 se ilustra la variación de la turbidez en cada una de las estaciones de monitoreo realizadas en los tres meses de estudio, los resultados obtenidos en la estación PC-1 en los tres meses representan mínima variabilidad, dichos valores oscilan desde 1,4 mg/L a 1,47 mg/L, esta variabilidad también se la puede observar en la estación PC-2 encontrándose en un rango de 1,4 mg/L a 2,1 mg/L, sin embargo en la estación PC-3 se registró un incremento de la turbidez con valores de 1009 mg/L en el mes de mayo y 1007 mg/L en el mes de junio, los niveles altos de turbidez se debe a la presencia de partículas suspendidas en el río, lo cual causa que el río en estudio pierda la capacidad de albergar organismos acuáticos, el agua se tiende a calentar debido a que las partículas suspendidas absorben calor de la luz solar causando pérdida en la

concentración de oxígeno (León, 2014, p. 79).

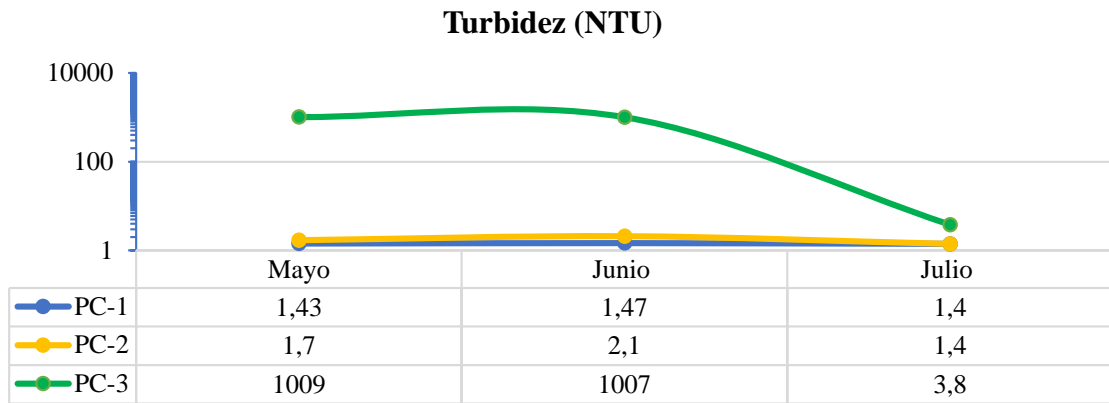


Gráfico 6-4: Variación de la turbidez

Realizado por: Jaramillo, Nahomy, 2021.

Los resultados obtenidos en la estación PC-3 del mes de mayo y junio comparando con el criterio de calidad de aguas para la preservación de vida acuática y silvestre en aguas dulces en aguas marinas y estuarios en condición natural más del 5%, si la turbiedad varía entre 0 y 50 UNT, valores que en esta estación de monitoreo no se encuentran en el rango establecido, sin embargo, en las estaciones PC-1 y PC-2 se encuentran en los rangos óptimos de acuerdo con el parámetro, ya que no sobrepasa los criterios de calidad (MAE, 2015, p.13).

4.2.7. Nitratos

El gráfico 7-4 muestra la variación de nitratos de las muestras analizadas en el periodo de mayo, junio y julio, donde se observa que el valor más bajo se registró en el mes de mayo en la estación PC-1 con una concentración 1 mg/L y en la estación PC-3, se dio un incremento a 4,65 mg/L esto se debe a las precipitaciones que se dio en dicho mes, lo cual causo el arreste de nutrientes, sedimentos y residuos orgánicos (Samaniego, 2019, p. 29).

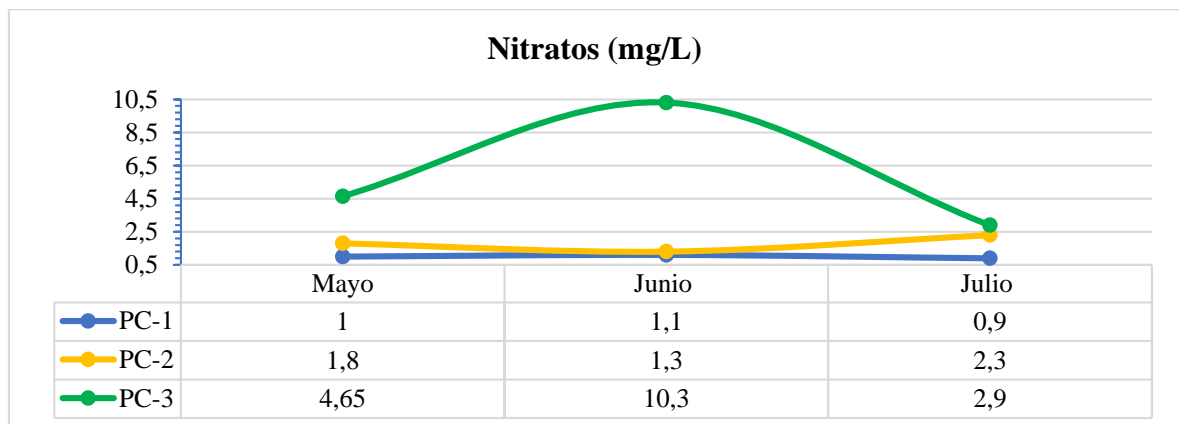


Gráfico 7-4: Variación de la concentración de nitratos

Realizado por: Jaramillo, Nahomy, 2021.

En el mes de junio en la estación PC-3 se presenta el valor más alto con una concentración de 10,3 mg/L, estas elevadas concentraciones de nitratos generalmente se deben al escurrimiento de tierras agrícolas, ganaderas, descargas de aguas residuales y presencia de detergentes. Las reacciones que produce el NO₃ en el agua dulce pueden llegar a disminuir la cantidad de oxígeno (León, 2014, p. 81). Sin embargo, los resultados obtenidos de este parámetro no exceden los 13 mg/L correspondiente a la tabla 2: criterio de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y estuarios (MAE, 2015, p.14).

4.2.8. Fosfatos

El resultado de la variación de fosfatos obtenidos en los tres meses de monitoreo se presenta el gráfico 8-4 los valores más bajos se registró en el mes de julio en la estación PC-1 y PC-2 con concentraciones de 0,63 mg/L y 0,87 mg/L, en el mes de mayo se registran concentraciones que va desde 2,02 mg/L en aumento hacia la estación PC-3 con una concentración de 3,55 mg/L y en el mes de junio los valores oscilan entre 3,74 mg/L y 4,55 mg/L, siendo el segundo dato el valor más alto registrado en la estación PC-3.

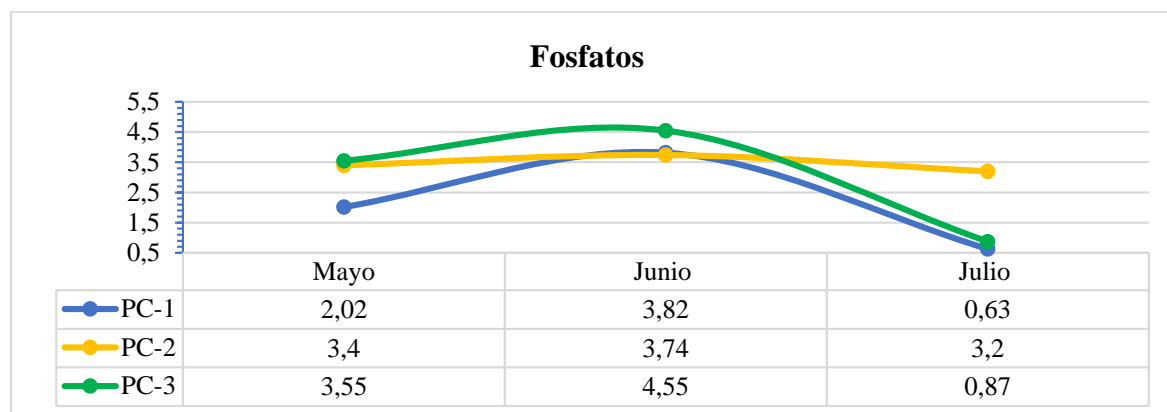


Gráfico 8-4: Variación de la concentración de fosfatos

Realizado por: Jaramillo, Nahomy, 2021.

Las aguas naturales presentan una concentración de fósforo de 0,02ppm, siendo un factor limitante para el crecimiento de las plantas (Dadzie, 2012, p.12), el aumento en la variación de los fosfatos en las estaciones de monitoreo se debe a la utilización de fosfatos como fertilizantes en cultivos agrícolas, actividad ganadera que predomina en el tramo de estudio y por escurrimiento van a parar en el río Copueno ocasionando un incremento en el crecimiento de algas, es así, que dependiendo de la concentración de fosfatos existentes puede causar eutrofización al recurso natural alterando los niveles de oxígeno disuelto (Curillo, 2017, p. 41).

4.2.9. Coliformes fecales

El gráfico 9-4 muestra la variación de coliformes totales existen en el tramo de estudio, en la estación PC-1, los valores de las coliformes fecales oscilan entre 480 a 720 NMP/100ml, en cambio en la estación PC-2 en el mes de junio se presentó una cantidad de 2005 NMP/100ml, siendo el valor más alto obtenido en el monitoreo, en el mes julio en la misma estación las coliformes totales disminuyen a 100 NMP/100ml.

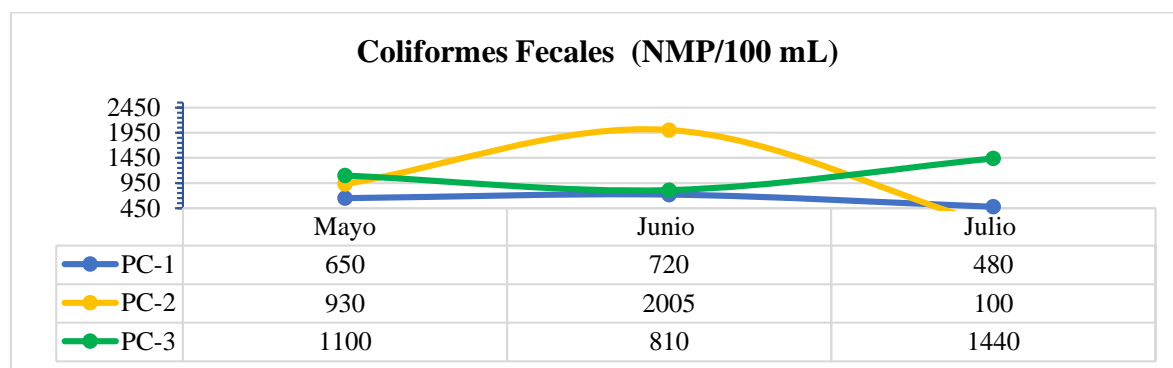


Gráfico 9-4: Variación de coliformes fecales

Realizado por: Jaramillo, Nahomy, 2021.

Las elevadas concentraciones de coliformes fecales presentes en las tres estaciones de monitoreo del río Copueno se debe a la presencia de materia fecal las cuales provendrían de actividades ganaderas, agrícolas y zonas urbanas (León, 2014, p. 83), este parámetro nos indica que hay altas concentraciones de materia orgánica presentes en el agua (Cordero et al., 2005: p. 91). Estos datos al comparar con la Tabla 3: criterios de calidad de aguas para riego agrícola tiene un valor de 1000 NMP/100ml los cuales no cumplen con el criterio en las estaciones PC-2 y PC-3 (MAE, 2015, p.15).

4.3. Resultados del ICA-NSF

Tabla 10-4: Resultados fisicoquímicos y microbiológicos según el ICA-NSF

Parámetros	Unidad	Mayo			Junio			Julio		
		Estación PC-1	Estación PC-2	Estación PC-3	Estación PC-1	Estación PC-2	Estación PC-3	Estación PC-1	Estación PC-2	Estación PC-3
Temperatura	(°C)	2,3	1,4	2,9	2,2	5,9	6,2	4,8	1,9	3,7
Potencial de hidrógeno		6,02	6,22	7,15	6,96	6,95	7,3	6,51	6,65	7,19
Sólidos disueltos totales	(mg/L)	560	80	10780	260	280	560	200	20	100
Oxígeno Disuelto	(mg/L)	8,37	7,96	8,75	9,24	8,57	9,61	9,74	9,35	8,67
DBO	(mg/L)	12	10	13	11	10	10	14	10	12
Turbidez	(NTU)	1,43	1,7	1009	1,47	2,1	1007	1,4	1,4	3,8

Nitratos	(mg/L)	1	1,8	4,65	1,1	1,3	10,3	0,9	2,3	2,9
Fosfatos	(mg/L)	2,02	3,4	3,55	3,82	3,74	4,55	0,63	3,2	0,87
Coliformes fecales	(UFC/100 mL)	650	930	1100	720	2005	810	480	100	1440
valor ICA-NSF		44,75	42,21	36,05	43,71	40,29	25,97	53,97	51,22	50,9
Calificación		Mala	Mala	Mala	Mala	Mala	Mala	Regular	Regular	Regular
Promedio		41,00	Mala		36,66	Mala		52,03	Regular	

Realizado por: Jaramillo, Nahomy, 2021.

En la tabla 16-4 se muestra los resultados obtenidos en cada una de las estaciones de monitoreo correspondientes al periodo mayo junio y julio , como se presenta en el mes de mayo tanto en la estación PC-1, PC-2, y PC-3 los valores del índice son: 44,75; 42,21 y 36,05 correspondiendo a una calificación de MALA según el ICA-NSF, en el mes de mayo los parámetros que influyen en la disminución de la calidad del agua en la estación PC-1 son coliformes fecales, fosfatos, DBO₅ y sólidos disueltos totales, mientras que en la estación PC-2 los parámetros que influyen en el índice de calidad del agua son coliformes fecales, fosfatos, y DBO₅ y en la última estación los parámetros que afecta la calidad del río Copueno son DBO₅, fosfatos, turbidez y nitratos.

En el mes de junio de acuerdo al valor del ICA-NSF en las estaciones de monitoreo PC-1, PC-2, y PC-3 se obtuvieron los siguientes valores 43, 71; 40, 29 y 25, 97 clasificando al agua como una calidad MALA, en el mes de junio en la estación PC-1 y PC-2 los parámetros que más influyeron en la calidad del agua de río Copueno fueron los fosfatos, coliformes fecales y la DBO₅ a diferencia de la estación PC-3, los fosfatos, coliformes fecales, turbiedad, y nitratos fueron los parámetros de más influencia en la calidad del agua calificándola con un valor de 25,97 en comparación a las estaciones PC-1 y PC-2.

El último monitoreo realizo en el mes de julio en la estación PC-1, PC-2, y PC-3 los valores del índice fueron 53,97, 51,22 y 50,9 los cuales se encuentran en un rango de REGULAR, los parámetros que más influyeron en los meses de monitoreo en las tres estaciones fueron las coliformes fecales, nitratos y fosfatos.

La variación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el río Copueno, se debe a principalmente a las descargas de aguas contaminadas producto de las actividades antropogénicas que se realizan aledañas a las estaciones de monitoreo, además de ello la presencia de lluvias y caudales altos provoca el arrastre sedimentos, contaminantes depositados en el suelo (Secretaría de Medio Ambiente, 2000, p.229), elevando las concentraciones de turbidez, nitratos y fosfatos, además de la materia fecal que es unos de los parámetros que más influyen en la disminución de la calidad, como se indica en la tabla 1-4 el promedio general del mes de mayo y junio es de 41 y 36,66 respectivamente, encontrándose en un rango de MALA calidad, sin embargo en el mes de julio se observa que el río Copueno presento un promedio general de 52,03 encontrándose en un rango REGULAR, en este sentido presentó capacidad de autodepuración la cual se encuentra relacionada a la degradación de los compuestos vertidos (Santiago & Fernández, 2017, p. 2), cabe

recalcar que en este mes no se presentó lluvias ni aumento de caudales.

4.4. Resultados del índice biótico de familias

Tabla 11-4: Valoración del índice biótico en la estación PC-1

ESTACIÓN PC-1								
#	Orden	Familia	Mayo	Junio	Julio	Especies Abundantes	valor tolerancia	(ABD*PTJ) /TOTAL
1	Megaloptera	Corydalidae	10	5	2	17	0	0,00
2	Odonata	Aeshnidae	2	10	8	20	3	0,23
		Calopterygidae	5	3	8	16	5	0,30
		Gomphidae	2	2	0	4	1	0,02
		Libellulidae	0	0	2	2	9	0,07
		Corduliidae	2	0	0	2	5	0,04
		Coenagrionidae	4	3	2	9	9	0,31
3	Hemiptera	Gerridae	5	3	0	8	5	0,15
4	Decapoda	palaeomonidae	1	0	0	1	4	0,02
5	Trichoptera	Philopotamidae	20	4	11	35	3	0,40
		Hydropsychidae	4	9	24	37	4	0,56
6	Coleoptera	Ptilodactylidae	4	4	7	15	5	0,28
		Elmidae	0	0	1	1	4	0,02
7	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	7	3	5	15	2	0,11
8	Hirudinea	Dugesidae	9	12	28	49	10	1,86
9	Mollusca	Sphaeriidae	1	0	0	1	8	0,03
		Lymnaeidae	9	10	8	27	6	0,61
10	Diptera	tipulidae	1	2	0	3	3	0,03
11	Oligochaeta	Tubificidae	0	0	2	2	8	0,06
TOTAL			86	70	108	264	Regular	5,09

Realizado por: Jaramillo, Nahomy, 2021.

En la tabla 17-4 se indica la valoración del Índice Biótico de Familias, donde se recolectó un total de 12 órdenes y 19 familias de macroinvertebrados acuáticos en la estación PC-1 con un total de 264 especies abundantes correspondientes al mes de mayo, junio y julio el resultado obtenido por el IBF fue de 5,09 correspondientes a una calidad del agua REGULAR, presentando contaminación orgánica bastante sustancial.

La especie más abundante fue de la orden *trichoptera* de la familia *philopotamidae* con un total de las 25 especies, propios de hábitats de corrientes medias, fuertes y fondos pedregosos características predominantes en las dos estaciones del PC-1 (Pérez et al., 2016: p. 105).

Tabla 12-4: Valoración del índice biótico en la estación PC-2

ESTACIÓN PC-2								
#	Orden	Familia	Mayo	Junio	Julio	Especies Abundantes	Valor de Tolerancia	(ABD*PTJ) /TOTAL
1	Odonata	Calopterygidae	4	6	8	18	5	0,27
		Libellulidae	3	0	5	8	9	0,22
		Aeshnidae	1	3	0	4	3	0,04
2	Megaloptera	Corydalidae	1	4	3	8	0	0,00
3	Mollusca	Lymnaeidae	28	21	23	72	6	1,29
4	Coleoptera	Psephenidae	0	0	1	1	4	0,01
5		Ptilodactylidae	4	9	7	20	5	0,30
6	Oligochaeta	Tubificidae	1	1	2	4	8	0,10
7	Trichoptera	Hydropsychidae	8	11	42	61	4	0,73
		Philopotamidae	8	6	7	21	2	0,13
		Leptoceridae	0	0	1	1	4	0,01
8	Hirudinea	Dugesidae	7	12	45	64	10	1,92
9	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	2	6	43	51	2	0,31
10	Diptera	Tipulidae	0	1	0	1	3	0,01
11	Hemiptera	Gerridae	7	0	0	7	5	0,10
TOTAL			74	80	187	341	Regular	5,43

Realizado por: Jaramillo, Nahomy, 2021.

En la tabla 18-4 se indica la valoración del Índice Biótico de Familias, donde se recolectó un total de 11 órdenes y 15 familias de macroinvertebrados recolectados en los meses de mayo, junio y julio en la estación PC-2 con un total de 341 especies abundantes correspondiendo a un valor del IBF de 5,43 dando una calidad del agua REGULAR la cual presenta contaminación orgánica bastante sustancial según el IBF.

En la estación PC-3 en los meses de estudio, no se logró recolectar macroinvertebrados debió al aumento de caudal del río Upano como consecuencia de las lluvias que se reportó en la ciudad de Macas, ocasionado el desbordamiento del río el cual se abrió paso hacia la estación PC-3, razón por la cual incrementó el caudal y la velocidad del río Copueno, de acuerdo con el Boletín Meteorológico Nro. 031 de INAMHI, del miércoles 24 de junio de 2021, el nivel de amenaza meteorológica es MEDIO Y ALTO producto de la apertura del represamiento por la fuerza natural del río Upano (Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, 2020, p. 1). En la estación PC-3, el caudal del río Copueno, presentó un aspecto torrencioso con presencia de flujo de lodo, arrastre de escombros impidiendo la recolección de macroinvertebrados en el mes de mayo y junio, Por otro lado, en el mes de julio las condiciones temporales mejoraron, sin embargo, no se recolecto ningún espécimen debido a que la estación PC-3 no presentaba las características idóneas para su crecimiento.

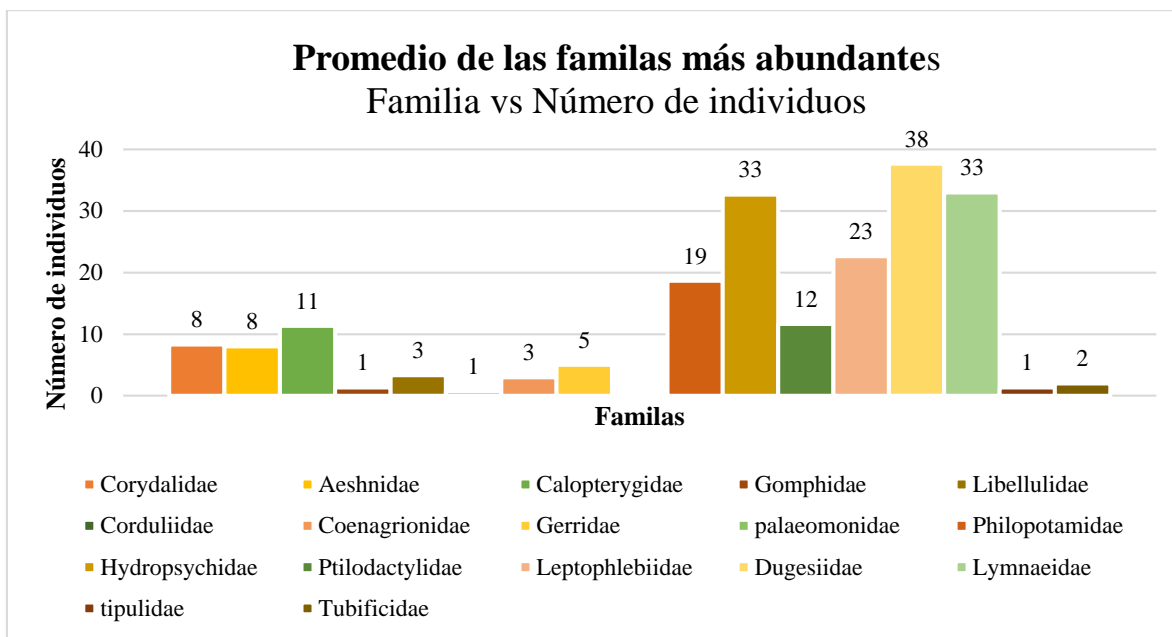


Gráfico 10-4: Promedio de las familias abundantes en las estaciones de monitoreo

Realizado por: Jaramillo, Nahomy, 2021.

En el gráfico 10-4, se indica los promedios de las dos estaciones con las familias más abundantes recolectadas en los meses de mayo, junio y julio, presentando mayor abundancia la familia *Dugesiidae* del orden *Hirudinea* con un total de 38 individuos, la presencia de este grupo indica alta contaminación de materia orgánica residual (Roldán, 2020, p. 5) presente en el río Copueno producto de las actividades antrópicas realizadas por los moradores (Chaves, 2017, p. 40), siendo esta familia tolerante a la contaminación ya que tiene un valor de tolerancia de 10.

Seguido de la familia *Lymnaeidae* (caracoles) del orden *Mollusca*, con un total de 33 individuos que habitan el fondo del río en aguas poco contaminadas, requieren aguas ricas en calcio y se desarrollan en lugares con concentraciones buenas de oxígeno disuelto (Cuezzo, 2009, p. 5), en comparación con la familia *Hydropsychidae*, *Philopotamidae* del orden *Trichoptera*, con un total de 33 y 19 individuos estas familias generalmente habitan en aguas corrientes limpias y bien oxigenadas con baja contaminación orgánica (Pérez et al., 2016: p. 45), sin embargo han presentado cierta tolerancia a la contaminación debido a que poseen un valor de tolerancia de 4 y 3 respectivamente.

Por otro lado las especies menos abundantes pertenecen al orden *Onodata* de las familias *Gomphidae* y *Corduliidae*, se considera que la etapa adulta de estos individuos son estacionales además de ser características de aguas con un nivel intermedio de productividad (Pérez et al., 2016: p. 81), razones por las cuales la abundancia de estos individuos es mínima en el río Copueno.

4.5. Comparación entre índices

Tabla 13-4: Comparación del índice de calidad de agua NSF-IBF

Índices aplicados en el río Copueno				
Estación	ICA-NSF	MALA	IBF	REGULAR
PC-1	41		5,09	
PC-2	36,66		5,43	
PC-3	52,03		-	
Total	43,23		5,26	

Realizado por: Jaramillo, Nahomy, 2021.

En la tabla 4-4 se indica los resultados obtenidos en los meses de estudio, donde se aplicó el ICA-NSF e IBF; para el índice de calidad del agua, los resultados se obtuvieron considerando los 9 parámetros descritos por la NSF la cual registró una calificación de MALA, encontrándose atribuidas principalmente la descarga de aguas residuales proveniente de las distintas actividades antrópicas que realizan los moradores alrededor de la zona.

Los resultados de los parámetros como: coliformes fecales, turbidez y sólidos totales se encontraban fuera del criterio de calidad de la tabla 2 del acuerdo ministerial 097-A, estos incrementos de concentración en los parámetros pueden estar asociados a las lluvias registradas en los meses de mayo y junio, donde se evidenció un incremento del caudal del río Copueno y con ellos el arrastre de sedimentos, materia orgánica e inorgánica provenientes de granjas porcinas ubicadas en la zona de estudio las cuales influyeron en la calidad del agua del río.

Cabe recalcar que el índice de calidad del agua ICA-NSF mide la contaminación en el momento que se toma la muestra calificando de manera general el estado del agua, identificando la mejora o deterioro del mismo (Aguirre et al., 2016: p. 2) , mientras que el IBF permite describir las diferentes situaciones ambientales considerando criterios como: diversidad, habitabilidad y productividad (González et al., 2013: p. 3), este índice incorpora la relación entre la tolerancia y las familias recolectadas, las cuales han presentado resistencia a contaminantes vertidos en el río Copueno un ejemplo de ello es la presencia de la familia *DugesIIDae* con un valor de tolerancia a la contaminación de 10, siendo la familia más abundante registrada en esta investigación.

El resultado obtenido por el IBF, califica la calidad del agua como REGULAR, lo que quiere decir que el río Copueno presenta contaminación orgánica bastante sustancial, según Cárdenas et al., (2018: p. 2) el Índice Biótico de Familias es un buen indicador para evaluar la calidad del agua de ríos que se encuentren cercanos a actividades agrícolas y ganaderas, actividad principal desarrolla en el tramo de estudio.

En forma general se puede concluir que el IBF desarrollado en la investigación ha dado muy buenos resultados reflejando de manera alarmante el mal estado en el cual se encuentra el río Copueno tomando como referencia los valores obtenidos con el ICA-NSF, resultados similares a

un estudio a través de análisis fisicoquímicos y microbiológicos publicado por (Mendez et al., 2020: p. 10).

4.5.1. Análisis de Correspondencia Canónica

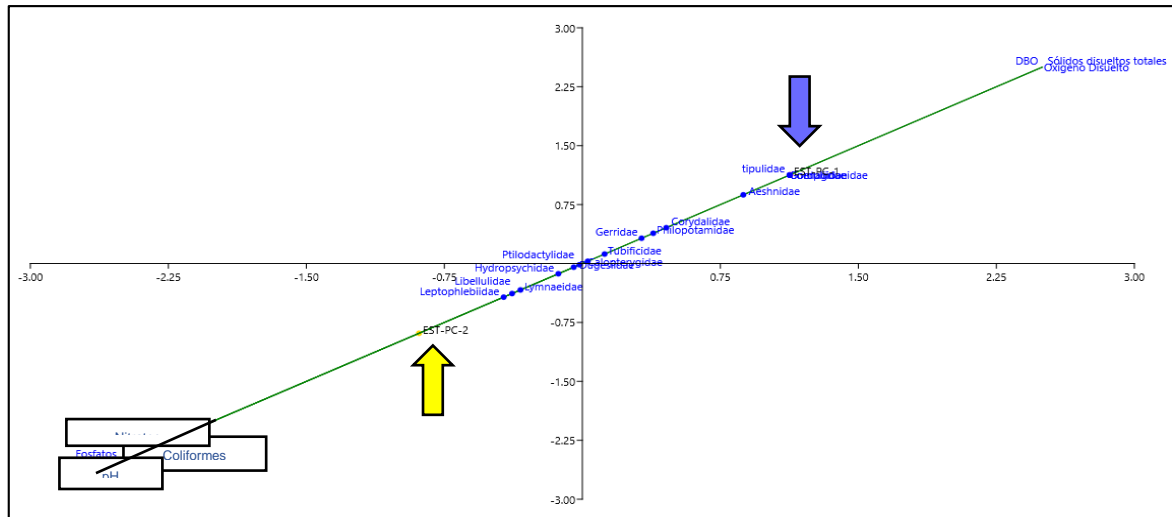


Gráfico 11-4: Análisis de correspondencia canónica

Realizado por: Jaramillo, Nahomy, 2021.

El arreste de ramas, troncos, material pétreo en la estación PC-3, a causa de las precipitaciones impidió la recolección de macroinvertebrados, modificando su calidad del agua, alterando parámetros como la turbidez, sólidos totales y nitratos, razón por la cual se generó una correspondencia canónica con dos estaciones.

El gráfico 11-4 indica la relación entre los parámetros fisicoquímicos y los macroinvertebrados, así en el cuadrante uno se muestra las variables fisicoquímicas como: DBO₅, OD presentan una relación debido a que la DBO₅ indica el contenido de materia orgánica que se encuentra en el agua, que al presentarse un aumento provoca la disminución en la concentración de oxígeno disuelto, pudiendo crear condiciones de anoxia (SEMARNAT, 2012, p. 2), lo que afecta a las familias presentes como: *Tipulidae*, del orden (*Diptera*) *Aeshnidae*; *Calopterygidae* del orden (*Onodata*), *Corydalidae*, del orden (*Megaloptera*), *Philopotamidae*, del orden (*Trichoptera*) y *Tubificidae*, del orden (*Oligocheta*), familias que viven en aguas limpias y poco contaminadas con buena concentración de oxígeno disuelto a excepción de la familia *Tubificidae* del orden *Oligocheta* que habitan en aguas contaminadas.

Las familias recolectadas se presentan en forma positiva lo que quiere decir que en la estación PC-1 hay mayor diversidad de fauna bentónica en comparación con la estación PC-2, sin embargo, en la estación PC-2 se presenta en forma negativa, es decir, que la calidad del agua se ve afectada por los parámetros como: nitratos, fosfatos, pH y coliformes fecales, esto se encuentra relacionado el arrastre de sedimentos, materia orgánica en descomposición producto de las

constantes lluvias presentadas en los meses de monitoreo, pudiendo encontrar familias como: *Leptophlebididae* e *Hidropsychidae* orden (*Trichoptera*), las cuales habitan en aguas con buena calidad, *Libellulidae* del orden (*Anisoptera*), capaces de soportar altas temperaturas (Pérez et al., 2016: p. 83), *Lymnaeidae* del orden (*Mollusca*), y *Dugesidae* del orden (*Hirudinea*), la presencia, abundancia o ausencia de estas familias va a depender del nivel de contaminación que presente el recurso hídrico existiendo familias como *Dugesidae* y *Lymnaeidae* que son resistente a la contaminación presente en el río Copueno.

CONCLUSIONES

- Se determinó la calidad del río Copueno en el tramo Paccha- Macas, mediante el índice de la calidad del agua ICA-NSF e índice biótico de familias, el resultado del índice de calidad del agua pertenece a una categoría MALA, demostrando que el río Copueno en los meses de monitoreo presentó problemas de contaminación, mientras que, los resultados obtenidos por el IBF categorizan al río con una calidad del agua REGULAR, lo cual indica que los macroinvertebrados recolectados presentaron tolerancia a los contaminantes vertidos en el agua.
- Durante la realización del estudio se identificaron diferentes especies de macroinvertebrados, logrando identificar un total de 605 individuos repartidos en 11 órdenes y 21 familias; el resultado obtenido categoriza la calidad del agua como REGULAR en las estaciones PC-1= 5,09 y PC-2=5,43 demostrando que en el río Copueno existe la presencia de contaminación orgánica, la familia con mayor número de individuos corresponde a *Dugesiidae* del orden *Hemiptera* con un total de 113 individuos, seguidas por las familias *Lymnaeidae* e *Hydropsychidae* las cuales pertenecen a los órdenes *mollusca* y *Trichoptera*, cuya abundancia es de 99 y 98 individuos respectivamente.
- Se realizó el análisis fisicoquímico y microbiológico de los parámetros mediante el índice de calidad del agua (ICA-NSF), los cuales demostraron que la calidad del agua en el periodo de estudio (Mayo, Junio y Julio) en las estaciones de monitoreo son: PC-1=41,00; PC-2= 36,66 y PC-3= 52,03, pudiéndose observar diferencias en las tres estaciones, lo cual indica que en temporada de lluvia la calidad del agua disminuye en comparación al último monitoreo realizado en julio, mientras que en condiciones temporales secas presentó una mejora en la calidad del agua del río Copueno. Sin embargo, la calidad del agua del río Copueno tiene calificación promedio de 43,23 correspondiente a un criterio de calidad MALA, según el software IQADData, los parámetros que tuvieron mayor influencia en la calidad del agua son las coliformes fecales, turbidez y sólidos totales.
- Según el análisis comparativo los macroinvertebrados recolectados se encuentran influenciados por las características físicas, químicas y microbiológicas del agua, por ejemplo la presencia de órdenes como *Coleóptera* viven en aguas limpias con concentraciones altas de oxígeno disuelto y no soportan altas temperaturas, al igual que el orden *Ephemeroptera*, son considerados indicadores de buena calidad del agua y con bajo contenido de materia orgánica, sin embargo órdenes como *Hirudinea* son un grupo que está presente en ambientes acuáticos con contaminación orgánica y baja concentración de oxígeno disuelto.

RECOMENDACIONES

- Debido a la expansión agrícola y ganadera que se ha evidenciado en el río de estudio es recomendable para futuras investigaciones, ampliar la zona de estudio evidenciando de mejor manera la variación de la calidad del agua del río Copueno.
- Con la finalidad de comparar si los incrementos y disminución de los parámetros analizados se deben a situaciones ocasionales que se presentaron durante el monitoreo, se recomienda realizar un seguimiento del recurso hídrico, en las mismas condiciones con el objetivo de tener una mayor confiabilidad de los resultados obtenidos o también se puede alargar el periodo de muestreo para saber el comportamiento que tiene el río Copueno en un periodo de lluvia en comparación con un periodo de seco.
- Las familias que viven aledañas al río Copueno dedicadas a actividades agrícolas y ganaderas, deben ser capacitadas sobre el adecuado manejo del agua en la agricultura y ganadería, con el fin de producir menos impactos en los ecosistemas acuáticos, evitando así riesgos y consecuencias que trae su uso irracional, considerando la limpieza del recurso hídrico superficial.
- Implementar campañas de reforestación que impidan la erosión del suelo y arrastre de sedimentos, materia orgánica e inorgánica que son acarreados hacia el río Copueno.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR, V. "Especies invasoras una amenaza para la biodiversidad y el hombre". *Biodiversitas*, [en línea], 2005, pp. 7-10. [Consulta: 5 junio 2021]. Disponible en: http://www.telematica.ccadet.unam.mx/antologias/biodiversidad/narrativas/bio_amenazada/pdf/especies_invasoras.pdf

AGUIRRE, M.; et al. "Aplicación del índice de calidad del agua (ICA). Caso de estudio: Lago de Izabal, Guatemala". *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, [en línea], 2016, (Guatemala), 25(2), p. 5. [Consulta: 7 junio 2021]. ISSN 1010-2760. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542016000200006.

ÁLVAREZ, S. & PÉREZ, L. Evaluación de la calidad de agua mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del Yeguaré, Honduras (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Tecnológica Centroamericana. (Tegucigalpa). 2007. p. 69. [Consulta: 10 junio 2021], pp. 69. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/524/1/IAD-2007-T001.pdf>.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION.; et al. "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater". *Academia*, [en línea], 2017, (United State of America), (23), pp. 1546. [Consulta: 10 junio 2021]. Disponible en: https://www.academia.edu/38769108/Standard_Methods_For_the_Examination_of_Water_and_Wastewater_23nd_edition.

ARIJA, C. "Taxonomía, Sistemática y Nomenclatura, herramientas esenciales en zoología y veterinaria". *Revista Electronica de Veterinaria*, [en línea], 2012, (España), 13(7), p. 10. [Consulta: 18 junio 2021]. ISSN 16957504. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/636/63624404021.pdf>

ARROYO, C. & ENCALADA, A. "Evaluación de la calidad de agua a través de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos en ríos tropicales en bosque de neblina montano". *Avances en Ciencias e Ingenierías*, [en línea], 2009, 1(1), pp. 11-16. [Consulta: 15 junio 2021]. ISSN: 1390-5384. Disponible en: <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/view/4>

ASAMBLEA NACIONAL DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. *Ley orgánica de recursos*

hídricos. [blog]. 2014. [Consulta: 15 junio 2021]. Disponible en: <https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12114/623>.

BARRASA, I. Caracterización y evaluación física, química y bacteriológica de la calidad del agua de la parte baja del río Abangares (Trabajo de Grado) (Ingeniería). Universidad de Costa Rica. (Costa Rica). 2015. p. 89. [Consulta: 28 junio 2021]. Disponible en: <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/2949%0Ahttp://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/2949/1/38506.pdf>.

BAUDER, J., & SIGLER, A. "Alcalinidad , pH y sólidos disueltos totales". Northern Plains & Mountains, [en línea], 2014, (1) pp. 8. [Consulta: 20 junio 2021] Disponible en: http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Alkalinity_pH_TDS_2012-11-15-SP.pdf.

BEITA, W. Caracterización fisicoquímica de las aguas superficiales de la cuenca del río Rincón en la Península de Osa, Puntarenas, Costa Rica (Trabajo de grado) (Licenciatura). Universidad de Costa Rica. (Costa Rica). 2008. p. 95. [Consulta: 14 junio 2021]. Disponible en: [http://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/334/TFG_“Caracterización fisicoquímica de las aguas superficiales de la cuenca del río Rincón en la Península de Osa%2C Puntarenas%2C Costa Rica”.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/334/TFG_“Caracterización_fisicoquímica_de_las_aguas_superficiales_de_la_cuenca_del_río_Rincón_en_la_Península_de_Osa%2C_Puntarenas%2C_Costa_Rica”.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

BRAVO, L.; et al. *La importancia de la contaminación difusa en México y en el mundo*. [blog]. El portal del agua desde México, 2013. [Consulta: 26 junio 2021]. Disponible en: http://atl.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=5955:la-importancia-de-la-contaminacion-difusa-en-mexico-y-en-el-mundo&catid=171:proyectos-imta&Itemid=863.

BULLÓN, V. Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad de agua en la cuenca del río Perene, Chanchamayo (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Nacional del Centro del Perú., 2016. p. 70. [Consulta: 29 junio 2021]. Disponible en: [http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3462/Bullón Alcala.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3462/Bullón_Alcala.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

CAMARGO, J., & ALONSO FERNÁNDEZ, A. "Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles". *Ecosistemas*, [en línea], 2005, 14(3), pp. 87-99. [Consulta: 29 junio 2021]. ISSN 1132-6344. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/39440068_Estado_actual_y_perspectivas_en_el_empleo_de_la_comunidad_de_macroinvertebrados_bentonicos_como_indicadora_del_estado_ecolo

CÁRDENAS, E.; et al. "Aplicación del índice biótico de familias de macroinvertebrados para la caracterización del río Teusaca, afluente del río Bogotá". *Actualidad & Divulgación Científica*, [en línea], 2018, 21(2), pp. 587-597. [Consulta: 30 junio 2021]. Disponible en: <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/1004>

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>.

CASILLAS, S. Evaluación de la calidad de agua en los diferentes puntos de descarga de la cuenca del río Suchez (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Nacional del Altiplano Puno. Perú. 2014. p. 129. [Consulta: 30 junio 2021]. Disponible en: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4546/Casilla_Quispe_Sergio.pdf?sequence=1.

CASTRO, M.; et al. "Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global". *Ingeniería Solidaria*, [en línea], 2014, 10(17), pp. 111-124. [Consulta: 01 julio 2021]. ISSN 1900-3102. Disponible en: <https://revistas.ucc.edu.co/index.php/in/article/download/811/770/0>

CEPAL. *Diagnóstico de las estadísticas del agua en el Ecuador*. [blog]. Silo.Tips, 2017. [Consulta: 01 julio 2021]. Disponible en: <https://silo.tips/download/diagnostico-de-las-estadisticas-del-agua-en-ecuador-informe-final>

CHACÓN, K. 2017. Evaluación de la calidad del agua del río Copueno, tramo Paccha- Jardín del Upano, mediante macroinvertebrados bentónicos. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2017. p. 80. [Consulta: 01 julio 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8538/1/236T0319.pdf>.

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. *Constitución de la República del Ecuador*. [blog]. 2008. [Consulta: 01 julio 2021]. Disponible en: <https://n9.cl/zy5f>.

CORDERO, M.; et al. Diagnóstico de la calidad de agua en época seca en el canal principal del río Jiboa y propuesta de mitigación de fuentes contaminantes, en una zona crítica (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad de El Salvador. El Salvador. 2005. pp. 1-191. [Consulta: 2 julio 2021]. Disponible en: <http://docplayer.es/137411402-Universidad-de-el-salvador-facultad->

de-ingenieria-y-arquitectura-escuela-de-ingenieria-quimica.html

COUCEIRO, S.; et al. "Índice multimétrico de macroinvertebrados para evaluar la condición biológica de arroyos en la región amazónica central de Brasil". *Ecological Indicators*, [en línea], 2012, 18(1), pp. 118-125. [Consulta: 5 julio 2021]. ISSN: 1470160X. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.11.001>.

CUEZZO, M. "Mollusca Gastropoda". National Scientific and Technical Research Council, [en línea], 2009, 2(1), p. 37. [Consulta: 5 julio 2021]. ISSN: 2413-2489. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/259439745_Mollusca_Gastropoda

CURILLO, L. Cuantificación de la variabilidad espacial y temporal de iones de fosfato en dos cuencas andinas altas del sur del Ecuador (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. 2017. p. 115. [Consulta: 5 julio 2021]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14968/1/UPS-CT007384.pdf>.

ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A. *Estudio de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y plan de mitigación por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurímac y Cusco*. [blog]. 2012. [Consulta: 10 julio 2021]. Disponible en: <https://www1.paho.org/per/images/stories/PyP/PER37/15.pdf>.

FIGUEROA, R.; et al. "Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile". *Revista Chilena de Historia Natural*, [en línea], 2003, 76(2), p. 11. [Consulta: 28 enero 2021]. ISSN: 0716-078X. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-078X2003000200012&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

GAMBOA, M.; et al. "Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la salud". *SCIELO*, [en línea], 2008, 15(8), pp. 12. [Consulta: 10 julio 2021]. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482008000200001.

GARCÍA, J.; et al. "Uso de bioindicadores para la evaluación de la calidad del agua en ríos: aplicación en ríos tropicales de alta montaña". Universidad La Gran Colombia, [en línea], 2012, 23(1), pp. 47-62. [Consulta: 18 julio 2021]. ISSN 2346-0814. Disponible en: <http://revistas.ugca.edu.co/index.php/ugciencia/article/view/659>.

GOBIERNO MUNICIPAL DEL CANTÓN MORONA. *Plan estratégico institucional del*

gobierno autónomo descentralizado del cantón Morona. [blog]. 2017. [Consulta: 15 julio 2021]. Disponible en: http://www.morona.gob.ec/sites/default/files/LY_K_PLANES/PEI_GMCM2017_ACTUAL.pdf.

GONZÁLEZ, C.; et al. *Bioindicadores: Guardianes de nuestro futuro ambiental*. [en línea]. Chiapas-México: El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur) y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2014. [Consulta: 15 julio 2021]. ISBN 9786078429059. Disponible en: <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/11/Bioindicadores-Guardianes-de-nuestro-futuro-ambiental.pdf>.

GONZÁLEZ, H.; et al. "Guía rápida para la identificación de macroinvertebrados de los ríos altoandinos del cantón Cuenca". [en línea], 2019, Cuenca - Ecuador, p. 160. [Consulta: 14 julio 2021]. Disponible en: https://geo.etapa.net.ec/monitoreoecohidrologico/files/docs/GUIA_MACROINVERTEBRADOS.pdf.

GONZÁLEZ, V.; et al. "Aplicación de los índices de calidad de agua NSF , DINIUS y BMWP en la quebrada La Ayurá, Antioquia, Colombia". *Revista Gestión y Ambiente*, [en línea], 2013, 16(1), pp. 97-108. [Consulta: 14 julio 2021]. ISSN: 0124-177X. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/33863>.

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: 18 julio 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, vol. 58, (4), pp. 1-38. [Consulta: 7 abril 2021]. ISSN-0034-7744. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v58s4/a01v58s4.pdf>.

HERNÁNDEZ, F.; et al. "Determinación del índice de calidad del agua NSF y modelación del cromo hexavalente en la parte alta del río Suquiapa, Santa Ana, El Salvador". Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, [en línea], 2016, (1), p. 9. [Consulta: 7 abril 2021]. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Turbiedad+por+Nefelometría..pdf/fc92342e-8bba-4098-9310-56461c6a6dbc>.

INEN. "Norma técnica Ecuatoriana INEN 2169". Instituto Ecuatoriano de Normalización [en línea], 2013, (1), p. 26. [Consulta: 18 abril 2021]. Disponible en: <http://www.trabajo.gob.ec/wp->

content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2169-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-MANEJO-Y-CONSERVACIÓN-DE-MUESTRAS.pdf.

JIMÉNEZ, A.; et al. Ecosistemas fluviales, conservación de los ríos. [en línea], 2009, (1), p. 15. [Consulta: 25 abril 2021]. Disponible en: https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Publicaciones_Divulgacion_Y_Noticias/Documentos_Tecnicos/Guia_andarrios/01-guia andarrios_ resolucion.pdf.

LEÓN, M. Diagnóstico de la calidad del agua de la microcuenca del río Conguime y diseño de una propuesta de mitigación para la zona crítica establecida mediante el índice de calidad de agua (ICA brown) en la provincia de amora Chinchipe cantón Paquisha (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Central del Ecuador. Ecuador. 2014. p. 212. [Consulta: 26 julio 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2256>

LIMON, P., & WEBB, R. Un experimento de resonancia magnética para el laboratorio de pregrado. American Journal of Physics, [en línea], 1964, 32(5), pp. 361-364. [Consulta: 18 julio 2021]. ISSN 0002-9505. DOI 10.1119/1.1970348.

LONDOÑO, A.; et al. Métodos analíticos para la evaluación de la calidad fisicoquímica del agua (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Nacional De Colombia Sede Manizales. Colombia. 2010. pp. 377-399. [Consulta: 18 julio 2021]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/54604>

LOZANO, W. *Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales* [blog]. ResearchGate, 2012. [Consulta: 19 julio 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/298354134_Disenos_de_Plantas_de_Tratamiento_de_Aguas_Residuales.

LUQUE, F. "La contaminación de las aguas subterráneas por actividades urbanas e industriales: la visión de los usuarios". Jornadas sobre la contaminación de las aguas subterráneas: un problema pendiente, [en línea], 1998, (Barcelona-España), (39), pp. 211-222. [Consulta: 11 julio 2021]. Disponible en: <http://aguas.igme.es/igme/publica/pdflib3/luquefra.pdf>.

MAE. "Acuerdo Ministerial 028". Ministerio del Ambiente. [en línea], 2015, (Quito-Ecuador), (270), p. 220. [Consulta: 13 julio 2021]. Disponible en: <http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/05/Libro-VI-Calidad-Ambiental.pdf>.

MAE. "Norma de calidad del aire ambiente, Libro VI, Anexo 4". Ministerio del Ambiente, [en línea], 2015, (Quito-Ecuador), (1), p. 14. [Consulta: 18 julio 2021]. Disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112183.pdf>.

MEDINA, M. & ANDRADE, A. 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). Universidad Nacional de Loja. Ecuador. 2009. p. 111. [Consulta: 26 julio 2021]. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5046/1/DETERMINACION%20DE%20LA%20CALIDAD%20DEL%20AGUA%20DEL%20R%20M%20MALACATOS.pdf>.

MENDEZ, P.; et al. "Determinación del índice de calidad del agua (NSF) del río Copueno ubicado en Cantón Morona". Revista Científica El Dominio de las Ciencias, [en línea], 2020, 6(2), pp. 734-746. [Consulta: 12 Agosto 2021]. ISSN: 2477-8818 Disponible en: <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/1245/2066>.

MEZA, A.; et al. "Calidad de agua y composición de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta del río Chinchiná". Caldasia, [en línea], 2012, (Colombia), 34(2), pp. 443-456. [Consulta: 20 julio 2021]. ISSN 0366-5232 Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-52322012000200013.

MORENO, D.; et al. "Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia". [en línea], 2010, 22(0), pp. 25-33. [Consulta: 25 julio 2021]. ISSN 2318-0331. Disponible en: <http://www2.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n78ne/eutrofia2.pdf>

OJEDA, R. Evaluación preliminar del impacto sobre las aguas subterráneas y superficiales del área de influencia directa del vertedero de residuos sólidos del municipio de Arauca y propuesta de recuperación paisajística del mismo (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Nacional de Colombia sede Arauca. Colombia. 2005. p. 147. [Consulta: 25 julio 2021]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/20112/EVALUACION%20PRELIMINAR%20DEL%20IMPACTO%20SOBRE%20LAS%20AGUAS%20SUBTERRANEAS%20Y%20SUPERFICIALES%20DEL%20C%2081REA%20DE%20INFLUENCIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ONU. *Calidad del agua.* [blog]. 2015. [Consulta: 2 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>.

OSCOZ, J. "Guía de campo Macroinvertebrados de la Cuenca del Ebro". Confederación Hidrográfica del Ebro, [en línea], 2009, (1), p. 124. [Consulta: 2 agosto 2021]. Disponible en: <http://www.chebro.es/contenido.visualizar.do?idContenido=27937>.

PEÑA, J.; et al. "Estudio de impacto ambiental proyecto interceptores y unidades de tratamientos del sistema de alcantarillado de la ciudad de Macas". Alcaldía Morona, [en línea], 2019, 45(5), pp. 555-559. [Consulta: 15 agosto 2021]. ISSN: 0132-3423. Disponible en: <http://www.morona.gob.ec/sites/default/files/Proyectos/PTRATAMIENTO/Estudio de impacto ambiental - incluye plan de manejo.pdf>.

PEREVOCHTCHIKOVA, M. "La evaluación del impacto ambiental y la importancia de los indicadores ambientales". Gestión y política pública [en línea], 2013, (México) 22(283-312), pp. 30. [Consulta: 7 agosto 2021]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-10792013000200001&script=sci_arttext&tlng=pt.

PÉREZ, A.; et al. "Guía de macroinvertebrados bentónicos de la provincia de Orellana". Gobierno autónomo descentralizado de la provincia de Orellana, [en línea], 2016, (1), p. 120. [Consulta: 7 agosto 2021]. ISBN 9789942281456. Disponible en: <https://esf-cat.org/wp-content/uploads/2017/02/Guia-de-Macroinvertebrados-Bentonicos-de-la-provincia-de-Orellana-ESF-Baja-Calidad.pdf.pdf>.

PRAT, N. & MUNNÉ, A. "Biomonitoreo de la calidad del agua en los ríos ibéricos: lecciones aprendidas". Limnetica, [en línea], 2014, 33(1), pp. 47-64. [Consulta: 7 agosto 2021]. ISSN: 19891806. Disponible en: <https://www.limnetica.com/documentos/limnetica/limnetica-33-1-p-47.pdf>

RAMOS, E. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos*. [blog]. Ecofan. 2016. [Consulta: 10 agosto 2021]. Disponible en: www.ecorfan.org/spain.

ROJAS, A. "Elaboración de un mecanismo de cobertura nacional para el manejo de la contaminación difusa". Proyecto MINAE - UCR, [en línea], 2016, (1), p. 25. [Consulta: 10 agosto 2021]. Disponible en: <http://www.da.go.cr/wp-content/uploads/2017/01/Informe-Final-Contaminacion-Difusa-UCR.pdf>.

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 junio 2021]. DOI 10.18257/raccefyn.335. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.335>.

ROLDÁN, G. "Reseña histórica de la limnología en Colombia". Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, [en línea], 2020, 44(171), pp. 303-328. [Consulta: 28 junio 2021]. Disponible en: <https://raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/1056>

ROLDÁN, G. & RAMÍREZ, J. "Fundamentos de limnología neotropical". Universidad de Antioquia, [en línea], 2008, (1), p. 231. [Consulta: 30 junio 2021]. ISBN: 9789587141443 958714144X. Disponible en: <http://www.ianas.com/docs/books/wbp14.pdf>.

ROSAS, J.; et al. "Índice BMWP, FBI y EPT para determinar la calidad del agua en la laguna de Coyuca de Benítez, Guerrero, México". Revista Iberoamericana de Ciencias, [en línea], 2014, 1(2), pp. 82-88. [Consulta: 30 julio 2021]. ISSN 2334-2501. Disponible en: <http://reibci.org/publicados/2014/julio/2200103.pdf>.

RUIZ, L. *La Contaminación Ambiental, antecedentes, actividades y noticias* [blog]. Santiago-Chile, 1999. [Consulta: 30 julio 2021]. Disponible en: [http://colegioamerica.edu.uy/MATERIAL/GEOGRAFIA/libro contaminacion.pdf](http://colegioamerica.edu.uy/MATERIAL/GEOGRAFIA/libro%20contaminacion.pdf).

SAMANEZ, I.; et al. "Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas". [en línea], 2014, (Lima- Perú), p. 25. [Consulta: 14 julio 2021]. ISBN: 9786124174155. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp-content/uploads/sites/21/2014/02/Métodos-de-Colecta-identificación-y-análisis-de-comunidades-biológicas.compressed.pdf>.

SAMANIEGO, E. Determinación de la calidad del agua y elaboración de una propuesta de mitigación del río quebrada, ubicado en la parroquia de San Isidro, cantón Morona, provincia de Morona Santiago" (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador. 2019. p. 97. [Consulta: 16 agosto 2021]. Disponible en: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/13132/1/236T0452.PDF>.

SÁNCHEZ, O.; et al. *Perpectivas sobre conservación de ecosistemas acuaticos en México* [en línea]. D.F.-México: Instituto Nacional de Ecología (INE- SEMARNAT), 2007. [Consulta: 15 agosto 2021]. ISBN 9789688178560. Disponible en: <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/11/Perpectivas-sobre-conservación-de-ecosistemas-acuáticos-en->

México.pdf.

SANTIAGO, L. & FERNÁNDEZ, Q. "Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo". *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, [en línea], 2017, (La Habana), vol. 38(3), pp. 41-51. [Consulta: 20 julio 2021]. ISSN 1680-0338 Disponible en: <https://riha.cujae.edu.cu/index.php/riha/article/view/408>.

SECRETARIA DE ECONOMÍA DGN. "Análisis de agua - determinación de la demanda bioquímica de oxígeno en aguas naturales , residuales (DBO 5) y residuales tratadas - método de prueba (Cancela a la NMX-AA-028-1981)". *Secretaria de Economía DGN*, [en línea], 2002, (México), (1), p. 24. [Consulta: 15 agosto 2021]. Disponible en: <http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/2001/nmx-aa-028-scfi-2001.pdf>

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE. *Libro blanco del agua en España* [en línea]. España: Ministerio de Medio Ambiente, 2000. [Consulta: 19 agosto 2021]. ISBN 8483201283. Disponible en: <http://faolex.fao.org/docs/pdf/spa192539.pdf>

SEGNINI, S. "El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente". *ECOTROPICOS* [en línea], 2003, 16(2), pp. 45-63. [Consulta: 18 agosto 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/237591371_EL_USO_DE_LOS_MACROINVERTEBRADOS_BENTONICOS_COMO_INDICADORES_DE_LA_CONDICION_ECOLOGICA_DE_LOS_CUERPOS_DE_AGUA_CORRIENTE_BENTHIC_MACRONVERTEBRATES_AS_INDICATORS_IN_THE_ECOLOGICAL_ASSESSMENT_OF_STREAMS.

SEMARNAT. "El Medio Ambiente en México Calidad del agua". Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales, [en línea], 2012, (1), P. 52. [Consulta: 18 agosto 2021]. Disponible en: https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_resumen14/06_agua/6_2_1.html.

SENAGUA. "Estrategia Nacional de Calidad del Agua". Ministerio de Ambiente, [en línea], 2016, (Quito), p. 97. [Consulta: 25 agosto 2021]. Disponible en: https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua_2016-2030.pdf.

SERMEÑO, J.; et al. "Determinación de la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El

Salvador, utilizando invertebrados acuáticos índice biológico a nivel de familias de invertebrados acuáticos en El Salvador". *Bioma*, [en línea], 2010, (San Salvador, El Salvador), p. 63. [Consulta: 24 agosto 2021]. ISBN: 978-99923-27-609. Disponible en: <https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/determinacion-de-la-calidad-ambiental-de-las-aguas-de-los-rios-de-el-salvador-utilizando-invertebrados-acuaticos-indice-biologico-a-nivel-de-familias-de-invertebrados-acuaticos-en-el-salvador-ibf-sv/>

SERVICIO NACIONAL DE GESTIÓN DE RIESGOS Y EMERGENCIAS. Informe de Situación – Eventos Hidrometeorológicos. [en línea], 2020, (Macas- Ecuador), p. 3. [Consulta: 24 agosto 2021]. Disponible en: https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/2020/06/Informe-de-Situación-No-006_InuSocUPANO_27062020.pdf.

SIERRA, C. "Calidad del agua. Evaluación y diagnóstico". Universidad de Medellín, [en línea], 2011, (Medellin-Colombia), pp. 3. [Consulta: 19 enero 2021]. Disponible en: <https://repository.udem.edu.co/handle/11407/2568>.

TERCEDOR, J. et al. "Metodología para el establecimiento el estado ecológico según la directiva marco del agua. Protocolos de muestreo y análisis para invertebrados bentónicos". Confederación Hidrográfica del Ebro, [en línea], 2005, pp. 59. [Consulta: 19 enero 2021]. Disponible en: http://195.55.247.234/webcalidad/estudios/indicadoresbiologicos/Manual_bentonicos.pdf.

TORRES, P.; et al. "Índice de calidad del agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano: una revisión crítica". *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, [en línea], 2009, 8(15), pp. 79-94. [Consulta: 17 enero 2021]. ISSN 1692-3324. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/237039847_Indices_de_calidad_de_agua_en_fuentes_superficiales_utilizadas_en_la_produccion_de_agua_para_consumo_humano_Una_revision_critica_Water_quality_index_in_surface_sources_used_in_water_production_for_hum/link/57d15b1408ae601b39a1c578/download

VARGAS, O. & LEÓN, O. "Las especies invasoras: un reto para la restauración ecológica". *Restauración ecológica en zonas invadidas por retamo espinoso y plantaciones forestales de especies exóticas*, [en línea], 2009, (1), pp. 19-38. [Consulta: 11 septiembre 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/264557346_Las_especies_invasoras_un_reto_para_la_restauracion_ecologica

VITERI, M.; et al. "Determinación de bioindicadores y protocolos de la calidad de agua en el embalse de la Central Hidroeléctrica Baba". *Dominio de las Ciencias*, [en línea], 2017, 3(3), pp. 628-646. [Consulta: 11 septiembre 2021]. ISSN 2477-8818. Disponible en: <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/497/pdf>

YOGENDRA, K. & PUTTAIAH, E. "Determinación del índice de calidad del agua y la idoneidad de un cuerpo de agua urbano en la ciudad de Shimoga Karnataka". *Proceedings of Taal*, [en línea], 2007, pp. 342-346. [Consulta: 11 septiembre 2021]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1909-04552017000200035&lng=es&nrm=is

ZITA, A. *Impacto ambiental: definición, causas y evaluación*. [blog]. Toda Materia. 2018. [Consulta: 28 junio 2021]. Disponible en: <https://www.todamateria.com/impacto-ambiental/>.

ANEXOS

ANEXO A: IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO



Estación PC-1



Estación PC-2

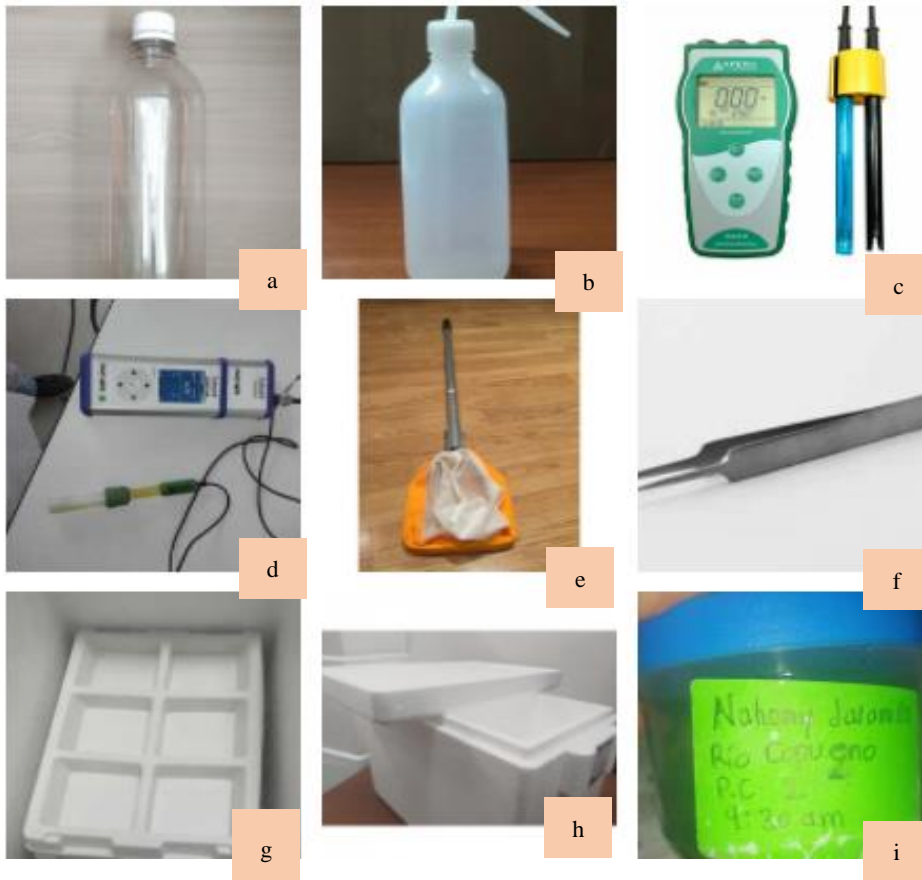


Estación PC-3

ANEXO B. ETIQUETA DE MUESTREO

Condiciones climáticas:			
Río:			
Estación:	PC-1	PC-2	PC-3
Fecha:		Hora:	
Responsable:			
Observaciones:			

ANEXO C: EQUIPOS Y MATERIALES PARA LA TOMA DE MUESTRAS



Equipo de campo para el monitoreo: a) botella de polietileno, b) Agua destilada, c) Equipo multiparamétrico, d) Equipo pH-metro, e) red D-net, f) Pinza entomológica, g) Bandejas de recolección, h) Cooler, i) frasco estéril

ANEXO D: EQUIPO DE LABORATORIO



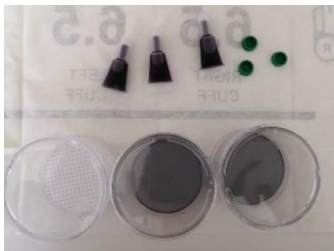
a



b



c



d



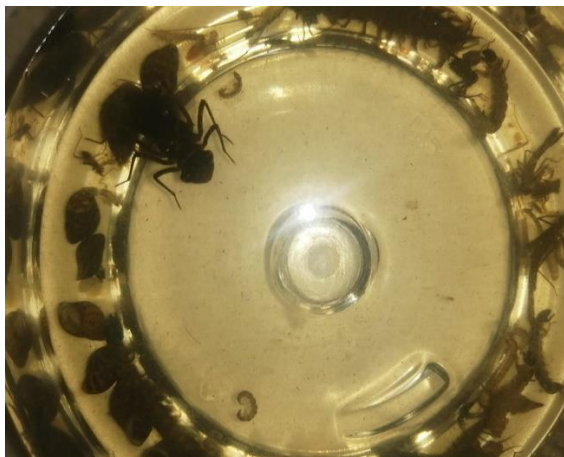
e



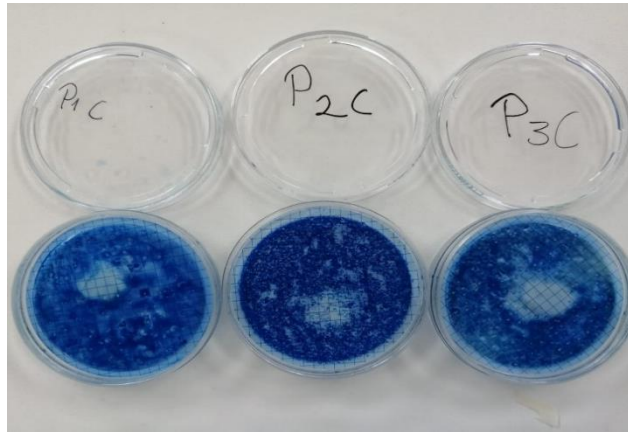
f

Equipo de Laboratorio: a) Estereomicroscopio, b) Incubadora, c) Equipo de DBO₅ Oxitop d) Sistema de filtración, e) Equipo de filtración al vacío, f) Balanza

ANEXO E: RECOLECCIÓN DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICAS



ANEXO F: ANÁLISIS DE MUESTRAS E IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA



ANEXO G: RESULTADOS DEL SOFTWARE IQADATA

Formulario de acceso

Registro de software protocolado: BR 51 2015 00089

IQAData 2015

PPGSPi PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS E PROCESSOS INDUSTRIAIS MESTRADO

Lengua: Español

Login:

Contraseña:

Entrar Salida

Registro de Muestras

Datos:

Código: 2 Ciudad: VENANCIO AIRES Condiciones climáticas: Chuvoso Cuenca Hidrográfica: Atlántico Sur

Cuerpo Hidrico: Río Jacuí Altitud (metros): 1061 Fecha: 18/5/2021 Hora: 13:00

Local: MAYO PC1 Coordenadas (Long., Lat.): (Formato: gg.dddddd) Ejemplo: 50.820400

Observación:

Código	Variable	Unidad	Valor
100	Temperatura de referencia (T _r)	°C	24,400
101	Temperatura (T)	°C	22,100
102	Temperatura (T-T _r)	°C	2,30
200	Oxígeno disuelto	mg/L O ₂	8,370
301	Coliformes fecales	NMP/100ml	650,000
302	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L O ₂	12,000
303	Fósforo total	mg/L P	2,020
401	Nitrogeno total Kjeldahl	mg/L N	
402	Nitrogeno amoniacal	mg/L NH ₃ -N	
403	Nitrito	mg/L NO ₂ -N	
404	Nitrato	mg/L de NO ₃ -N	1,000
405	Nitrogeno total (TN = NO ₂ + NO ₃)	mg/L N	1,00

Clasificación: Malo (44,75) ICA utiliza: NSF

Guardar Cancelar

Registro de Muestras

Visualización

Utilice el siguiente formulario para filtrar las muestras:

Local: Condiciones climáticas:

Ciudad: Cuenca Hidrográfica:

Cuerpo Hidrico: Intervalo de fechas:

Código	Local	Fecha	Horas	Observación	Coordenadas	F. Registro	F. Atribución	Usuario
2	MAYO PC1	18/05/2021	13:00:00			27/07/2021	28/07/2021	admin
3	MAYO PC2	18/05/2021	13:00:00			27/07/2021	27/07/2021	admin
4	MAYO PC3	18/05/2021	13:00:00	AUSENCIA DE COLIFORMES		27/07/2021	09/08/2021	admin
5	JUNIO PC1	09/06/2021	13:00:00			27/07/2021	28/07/2021	admin
6	JUNIO PC2	28/07/2021	13:00:00			28/07/2021	28/07/2021	admin
7	JUNIO PC3	28/07/2021	13:00:00			28/07/2021	28/07/2021	admin
8	JULIO PC1	06/07/2021	13:00:00			28/07/2021	28/07/2021	admin
9	JULIO PC2	06/07/2021	13:00:00			28/07/2021	28/07/2021	admin
10	JULIO PC3	06/07/2021	13:00:00			28/07/2021	28/07/2021	admin

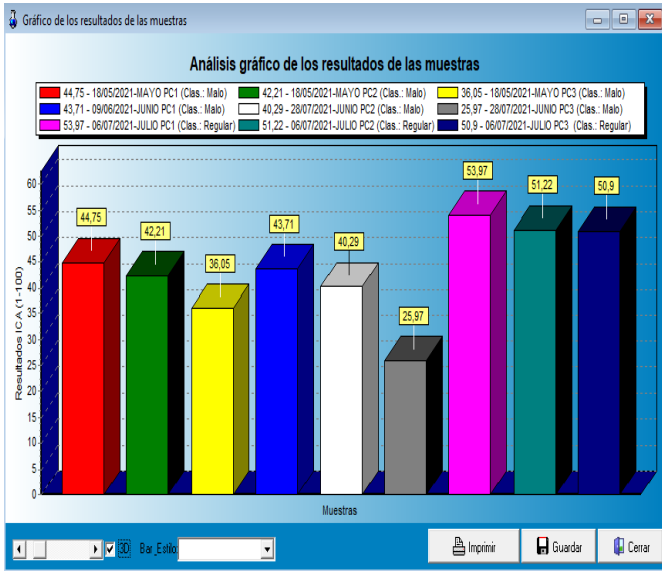
Curva ABC

Seleccione una muestra para ser analizada:

Fecha	Local	ICA	Fecha	Horas
18/05/2021	MAYO PC1	NSF	18/05/2021	13:00:00
18/05/2021	MAYO PC2	NSF	18/05/2021	13:00:00
18/05/2021	MAYO PC3	NSF	18/05/2021	13:00:00
09/06/2021	JUNIO PC1	NSF	09/06/2021	13:00:00
28/07/2021	JUNIO PC2	NSF	28/07/2021	13:00:00
28/07/2021	JUNIO PC3	NSF	28/07/2021	13:00:00

Variable	Valor	Peso	Q	Q _{Max}	Q _{Min} -Q	Resultado	Resultado: Max	DI: Resultado	Resultado: Acum.	R: Acum. Max
Fósforo total	3,95	0,10	2,00	100,00	98,00	1,07	1,58	0,01	1,07	1,58
Turbidez	1023,00	0,08	5,00	95,70	91,70	1,14	1,44	0,30	1,22	2,20
Demanda bioquímica de oxígeno	13,00	0,11	25,00	100,00	74,91	1,43	1,66	0,23	1,74	3,79
Nitratos	4,85	0,10	38,25	90,00	55,71	1,44	1,58	0,14	2,50	5,00
Sólidos totales disueltos	10780,00	0,07	20,00	85,00	65,00	1,23	1,37	0,13	3,09	8,19
Saturación de oxígeno	107,80	0,17	96,00	98,90	2,84	2,17	2,19	0,01	6,70	17,69
pH	7,15	0,11	90,20	93,00	2,80	1,64	1,65	0,01	11,00	25,45
Temperatura de referencia (T _r)	22,60									
Temperatura (T)	19,70									
Temperatura (T-T _r)	2,90	0,10	90,10	93,00	2,90	1,57	1,57	0,00	17,26	46,23
Oxígeno disuelto	8,75									
Coliformes fecales	1,80	0,16	100,00	100,00	0,00	2,09	2,09	0,00	36,05	96,60
Nitrogeno total (TN = NO ₂ + NO ₃)	4,85									

Representa > 50%
 Representa entre 25 y 50%
 Representa entre 10 y 24%
 Representa < 10%



IQAData... ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA

UNISC - Universidade de Santa Cruz do Sul
 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

Local:	Fecha:
MAYO PC1	18/05/2021
Corpo Hidrico: Río Jacuí	Hora: 13:00:00
Bacia Hidrográfica: Atlántico Sur	ICA: NSF
Altitud (m): 1061	Resultados: 44,75
	Clasificación: Malo
MAYO PC2	18/05/2021
Corpo Hidrico: Río Jacuí	Hora: 13:00:00
Bacia Hidrográfica: Atlántico Sur	ICA: NSF
Altitud (m): 1061	Resultados: 42,21
	Clasificación: Malo
MAYO PC3	18/05/2021
Corpo Hidrico: Río Jacuí	Hora: 13:00:00
Bacia Hidrográfica: Atlántico Sur	ICA: NSF
Altitud (m): 1061	Resultados: 36,05
	Clasificación: Malo
JUNIO PC1	09/06/2021
Corpo Hidrico: Río Jacuí	Hora: 13:00:00
Bacia Hidrográfica: Atlántico Sur	ICA: NSF
Altitud (m): 1061	Resultados: 43,71
	Clasificación: Malo
JUNIO PC2	28/07/2021
Corpo Hidrico: Río Jacuí	Hora: 13:00:00
Bacia Hidrográfica: Atlántico Sur	ICA: NSF
Altitud (m): 1061	Resultados: 40,29
	Clasificación: Malo
JUNIO PC3	28/07/2021
Corpo Hidrico: Río Jacuí	Hora: 13:00:00
Bacia Hidrográfica: Atlántico Sur	ICA: NSF
Altitud (m): 1061	Resultados: 25,97
	Clasificación: Malo
JULIO PC1	06/07/2021
Corpo Hidrico: Río Jacuí	Hora: 13:00:00
Bacia Hidrográfica: Atlántico Sur	ICA: NSF
Altitud (m): 1061	Resultados: 53,97
	Clasificación: Malo

ANEXO H: ACUERDO MINISTERIAL 097- A, TABLA 2

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

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

PARÁMETROS	Expresados como	Unidad	Criterio de calidad	
			Agua dulce	Agua marina y de estuario
Aluminio ⁽¹⁾	Al	mg/l	0,1	1,5
Amoniaco Total ⁽²⁾	NH3	mg/l	-	0,4
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1	1,5
Bifenilos Policlorados	Concentración de PCBs totales	µg/l	1,0	1,0
Boro	B	mg/l	0,75	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,001	0,005
Cianuros	CN	mg/l	0,01	0,01
Cinc	Zn	mg/l	0,03	0,015
Cloro residual total	Cl ₂	mg/l	0,01	0,01
Clorofenoles ⁽³⁾		mg/l	0,05	0,05
Cobalto	Co	mg/l	0,2	0,2
Cobre	Cu	mg/l	0,005	0,005
Cromo total	Cr	mg/l	0,032	0,05
Estaño	Sn	mg/l		2,00
Fenoles monohídricos	Expresado como fenoles	mg/l	0,001	0,001
Aceltes y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,5	0,5
Hierro	Fe	mg/l	0,3	0,3
Manganeso	Mn	mg/l	0,1	0,1
Materia flotante de origen antrópico	visible		Ausencia	Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,1
Oxígeno Disuelto	OD	% de saturación	> 80	> 60
Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05
Plaguicidas organoclorados totales	Organoclorados totales	µg/l	10,0	10,0
Plaguicidas organofosforados totales	Organofosforados totales	µg/l	10,0	10,0
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,005
Plomo	Pb	mg/l	0,001	0,001
Potencial de Hidrógeno	pH	unidades de pH	6,5 – 9	6,5 – 9,5
Selenio	Se	mg/l	0,001	0,001
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,2	
Nitratos	NO ₃	mg/l	13	200
DQO	DQO	mg/l	40	-
DBO5	DBO ₅	mg/l	20	-
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	max incremento de 10% de la condición natural	-

(1) Aluminio: Si el pH es menor a 6,5 el criterio de calidad será 0,005 mg/l

(2) Aplicar la Tabla 2a como criterio de calidad para agua dulce

(3) Si sobrepasa el criterio de calidad se debe analizar el diclorofenol cuyo criterio de calidad es 0,2 µg/l

ANEXO I: ACUERDO MINISTERIAL 097-A, TABLA 3

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

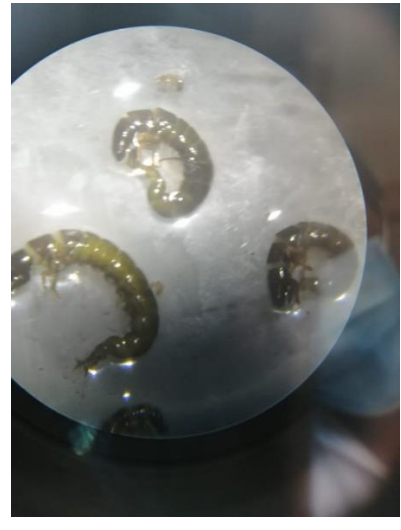
ANEXO J: FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS MÁS ABUNDANTES



Familia: Dugesiidae



Familia: Lymnaeidae



Familia: Hydropsychidae



Familia: Ptilodactylidae



Familia: Leptophlebiidae



Familia: Corydalidae



**Familia:
Calopterygidae**



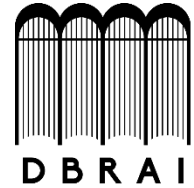
Familia: Philopotamidae



Familia: Aeshnidae



**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: 09/03/2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR

NOMBRES – APELLIDOS: NAHOMY MISHEL JARAMILLO QUITO

INFORMACIÓN INSTITUCIONAL

FACULTAD: CIENCIAS

CARRERA: INGENIERÍA AMBIENTAL

TÍTULO A OPTAR: INGENIERA AMBIENTAL

F. ANALISTA DE BIBLIOTECA RESPONSABLE:

Lcda. INÉS ZAPATA ZUMÁRRAGA Mgr.

Inés
Zapata

Firmado digitalmente por Inés Zapata
DN: cn=Inés Zapata gr=Inés Zapata
c=ES Spain o=ESPOCH
ou=OBRA
e=ines.zapata@esPOCH.edu.ec
Motivo: Aprobado este documento
Ubicación:
Fecha: 2022-03-09 16:10:05-00



09-03-2022
0043-DBRA-UTP-2022