



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

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO
WARINTZ EN EL TRAMO YAWI - WARINTZA
MEDIANTE EL USO DE MACROINVERTEBRADOS COMO
BIOINDICADORES

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR: MARVIN LEONEL OTAVALO CHIRIAPA

DIRECTOR: Ing. MIGUEL ÁNGEL OSORIO RIVERA Mgs.

Macas – Ecuador

2022

© 2022, Marvin Leonel Otavalo Chiriapa

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, MARVIN LEONEL OTAVALO CHIRIAPA, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Macas, 13 de julio del 2022



Marvin Leonel Otavalo Chiriapa
1400997829

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
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 WARINTZ EN EL TRAMO YAWI – WARINTZA MEDIANTE EL USO DE MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES**, realizado por el señor: **MARVIN LEONEL OTAVALO CHIRIAPA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. William Estuardo Carrillo Barahona MCs. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-07-13
Ing. Miguel Ángel Osorio Rivera Mgs. DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-07-13
Ing. Patricio Vladimir Méndez Zambrano Mgs. MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2022-07-13

DEDICATORIA

A mi madre por ser el motor fundamental en mi vida, por su apoyo incondicional, su paciencia, confianza y por ser un gran ejemplo para mí, a todos aquellos que confiaron en mí, me motivaron a seguir adelante y alcanzar mi meta, también a mis maestros y compañeros de los cuales tengo gratos recuerdos y enseñanzas en mi formación profesional.

Marvin

AGRADECIMIENTO

A mis padres por ser quienes siempre me ha impulsado a ser cada día mejor, a mi hermano por el apoyo que siempre me ha brindado, a mis amigos que siempre me han brindado su apoyo en el transcurso de mi etapa de aprendizaje, de manera especial a la Empresa Lowell por haber permitido realizar mi Trabajo de Integración Curricular y a mis docentes por el apoyo incondicional y las experiencias vividas durante todo este tiempo, a todos muchas gracias.

Marvin

TABLA DE CONTENIDO

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

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	3
1.1. Objetivos de la investigación	4
1.1.1. <i>Objetivo General</i>	4
1.1.2. <i>Objetivos Específicos</i>	4

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA	5
2.1. Antecedentes	5
2.2. Bases conceptuales	6
2.2.1. <i>Agua</i>	6
2.2.2. <i>Ecosistema acuático</i>	6
2.2.3. <i>Río</i>	7
2.2.4. <i>Biomonitoreo</i>	7
2.2.5. <i>Contaminación del agua</i>	7
2.2.6. <i>Impacto ambiental</i>	7
2.2.7. <i>Eutrofización</i>	8
2.2.8. <i>Bioindicadores</i>	8
2.2.9. <i>Macroinvertebrados acuáticos</i>	8
2.2.10. <i>Taxonomía</i>	9
2.2.11. <i>Índice de calidad del agua</i>	9
2.2.12. <i>Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP/Col)</i>	9
2.3. Bases teóricas	10
2.3.1. <i>Componentes de un río</i>	10
2.3.2. <i>Tipos de contaminación del agua</i>	10

2.3.3.	<i>Fuentes de contaminación del agua</i>	11
2.3.4.	<i>Índice de la calidad del agua ICA-NSF</i>	11
2.3.4.1.	<i>Parámetros fisicoquímicos y biológico</i>	11
2.3.5.	<i>Ventajas de los macroinvertebrados acuáticos</i>	13
2.3.6.	<i>Tipología de hábitat de los macroinvertebrados</i>	14
2.3.7.	<i>Alimentación de los macroinvertebrados acuáticos</i>	14
2.3.8.	<i>Formas de vida de los macroinvertebrados</i>	15
2.3.9.	<i>Tipos de redes para la recolección de macroinvertebrados</i>	16
2.3.10.	<i>Características de un bioindicador</i>	17
2.3.11.	<i>Ventajas de utilizar bioindicadores</i>	18
2.4.	Base legal	18
2.4.1.	<i>Constitución de la República del Ecuador</i>	18
2.4.2.	<i>Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua</i>	19
2.4.3.	<i>Código Orgánico Ambiental</i>	19
2.4.4.	<i>Acuerdo Ministerial 097-A</i>	20

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	21
3.1	Tipo de investigación	21
3.2.	Área de estudio	21
3.3.	Determinación de los puntos de monitoreo	21
3.4.	Desarrollo de los monitoreos	25
3.4.1.	<i>Muestreo de los parámetros fisicoquímicos y microbiológico</i>	25
3.4.1.1.	<i>Toma y conservación de las muestras</i>	25
3.4.2.	<i>Análisis de los parámetros fisicoquímicos y biológico</i>	26
3.4.2.1.	<i>Cálculo del índice de calidad del agua de la NSF</i>	27
3.4.3.	<i>Muestreo de los macroinvertebrados</i>	28
3.4.3.1.	<i>Recolección y limpieza de los macroinvertebrados</i>	28
3.4.3.2.	<i>Identificación de los macroinvertebrados</i>	28
3.4.3.3.	<i>Cálculo del índice BMWP/Col</i>	29
3.5.	Comparación de los índices	30

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS	31
4.1.	Resultados del ICA-NSF en las diferentes estaciones de monitoreo	31

4.2.	Resultados del índice BMWP/Col en las diferentes estaciones de monitoreo	33
4.3.	Resultados de la comparación de los índices	38
	CONCLUSIONES	40
	RECOMENDACIONES	41
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Hábitat de los macroinvertebrados	14
Tabla 2-2:	Modo de alimentación de los macroinvertebrados	14
Tabla 1-3:	Ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo	23
Tabla 2-3:	Procedimiento para la toma de muestras	25
Tabla 3-3:	Parámetro, instrumento, reactivo, equipo y método para el análisis fisicoquímico y microbiológico	26
Tabla 4-3:	Parámetros, unidades y peso del ICA de la NSF	27
Tabla 5-3:	Rangos de calidad de agua del ICA-NSF propuesta por Brown	28
Tabla 6-3:	Puntajes de las familias de macroinvertebrados para el índice BMWP/Col	29
Tabla 7-3:	Clases de calidad de agua, valores BMWP/Col, significado y colores	30
Tabla 1-4:	Resultados del ICA-NSF en las diferentes estaciones de monitoreo.....	32
Tabla 2-4:	Resultados del Índice BMWP/Col en la estación PW-1	33
Tabla 3-4:	Resultados del Índice BMWP/Col en la estación PW-2.....	34
Tabla 4-4:	Resultados del Índice BMWP/Col en la estación PW-3.....	35
Tabla 5-4:	Resultados del Índice BMWP/Col en la estación PW-4.....	36
Tabla 6-4:	Composición taxonómica de los macroinvertebrados durante las tres campañas de monitoreo.....	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Componentes de un río.	10
Figura 2-2:	Macroinvertebrados representativos del Benthos en un ecosistema acuático.....	15
Figura 3-2:	Macroinvertebrados representativos del Necton en un ecosistema acuático.....	15
Figura 4-2:	Macroinvertebrados representativos del Neuston en un ecosistema acuático.....	16
Figura 5-2:	Red patada para la recolección de macroinvertebrados	16
Figura 6-2:	Red Surber para la recolección de macroinvertebrados	17
Figura 7-2:	Red D-Net para la recolección de macroinvertebrados.....	17

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1:	Árbol del problema de la contaminación de los recursos hídricos... ..	3
Gráfico 1-3:	Mapa de ubicación del río Warintz	22
Gráfico 2-3:	Estación de monitoreo PW-1	23
Gráfico 3-3:	Estación de monitoreo PW-2	24
Gráfico 4-3:	Estación de monitoreo PW-3	24
Gráfico 5-3:	Estación de monitoreo PW-4	25
Gráfico 1-4:	Resultado del ACC de parámetros fisicoquímico y macroinvertebrados.....	39

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** INSTRUMENTO PARA LA TOMA DE PUNTOS DE MUESTREO
- ANEXO B:** HOMOGENEIZACIÓN DEL RECIPIENTE
- ANEXO C:** TOMA Y ETIQUETADO DE MUESTRAS DE AGUA
- ANEXO D:** EQUIPOS PARA MEDIR PARÁMETROS INSITU
- ANEXO F:** MEDICIÓN DE PARÁMETROS INSITU
- ANEXO G:** RECOLECCIÓN DE MACROINVERTEBRADOS
- ANEXO H:** ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE MUESTRAS
- ANEXO I:** ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AGUA Y RECONOCIMIENTO DE
MACROINVERTEBRADOS
- ANEXO J:** FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS MÁS ABUNDANTES

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la calidad del agua del río Warintz en el tramo Yawi - Warintza mediante la aplicación del índice *Biological Monitoring Working Party Colombia* (BMWP/Col) y el índice de calidad del agua (ICA) propuesta por la *Nacional Sanitation Foundation* (NSF). Se inicio con la selección de 4 estaciones de monitoreo denominadas Punto Warintza 1(PW-1), Punto Warintza 2 (PW-2), Punto Warintza 3 (PW-3) y Punto Warintza 4 (PW-4) llevadas a cabo mensualmente en los meses de diciembre de 2021, enero y febrero de 2022. Se analizaron 8 parámetros fisicoquímicos y 1 microbiológico, parámetros como temperatura, pH y oxígeno disuelto se midieron in situ mientras que, la demanda bioquímica de oxígeno, sólidos disueltos totales, oxígeno disuelto, nitratos, fosfatos, coliformes fecales se analizaron en laboratorio siguiendo la metodología desarrollada por el *Standar Methods*. Para la colecta de los macroinvertebrados se utilizó la red D-net ya que el método requerido es cualitativo (presencia o ausencia). Las muestras de los macroinvertebrados colectados en cada punto de monitoreo fueron trasladadas al laboratorio para su reconocimiento taxonómico. Los resultados obtenidos según el índice ICA-NSF en las estaciones PW-1, PW-2, PW-3 y PW-4 presenta una calidad de agua MEDIA, mientras que, con el índice BMWP/Col en las cuatro estaciones de monitoreo presenta una calidad de agua ACEPTABLE con clase II con aguas ligeramente contaminadas y se registró un total de 10 órdenes pertenecientes a 23 familias en las tres campañas de monitoreo. Según el análisis canónico de correspondencia (ACC) muestran cuatro agrupaciones donde relacionan ciertos parámetros fisicoquímicos y familias de macroinvertebrados. En conclusión, la calidad del agua de río Warintz disminuye conforme se acerca al casco urbano y en épocas lluviosas, por lo que se recomienda implementar un plan de manejo para la conservación y recuperación de esta fuente hídrica.

Palabras clave: <FUENTE HÍDRICA>, < MUESTRAS DE AGUA>, <PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS>, <IN SITU>, <PLAN DE MANEJO AMBIENTAL>, <CAMPAÑAS DE MONITOREO>.



1575-DBRA-UTP-2022

ABSTRACT

This study aimed to determine the water quality of the Warintz river in the section Yawi – Warintz through the index application *Biological Monitoring Working Party* (BMWP/Col) and the water quality index (WQI) proposed by the *National Sanitation Foundation* (NSF). First, n. 4 monitoring stations were selected and called Warintza Point 1 (PW-1), Warintza Point 2 (PW-2), Warintza Point 3 (PW-3) and Warintza Point 4 (PW-4) carried out monthly during December 2021, January and February 2022. There were analyzed 8 physicochemical parameters and 1 microbiological one; temperature, pH and dissolved oxygen were measured on site, instead the oxygen biochemical demand, total dissolved solids, dissolved oxygen, nitrates, phosphates and faecal coliforms were analyzed in the laboratory according to the *Standard Methods*. D-net was used to collect the macroinvertebrates as the method required is qualitative (existence or no-existence). Macroinvertebrates samples collected in each monitoring station were brought to the laboratory for their taxonomic identification. The obtained results as per the WQI-NSF index in stations PW-1, PW-2, PW-3 and PW-4 reveal a MEDIUM water quality; whereas, the BMWP/Col index reveals, in the four stations, an ACCEPTABLE water quality, II class, slightly polluted water. A total of 10 orders belonging to 23 families were registered during the three monitoring campaigns. As a result of the canonical correspondence analysis (CCA), there are four groups in which interact certain physicochemical parameters with macroinvertebrate families. In conclusion, Warintz river water quality gets worse getting closer to the town center and during the rainy season, so that it is recommended to implement a management plan to preserve and recover the water source.

Keywords: <WATER SOURCE>, <WATER SAMPLES>, <PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS>, <ON SITE>, <ENVIRONMENTAL MANAGEMENT PLAN>, <MONITORING CAMPAIGNS>



Lic. Jessica Galimberti Mg.
CI. 175646848-2

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso insustituible por lo que se convierte en una fuente indispensable para la recreación de la naturaleza y es la parte más delicada del ambiente, permitiendo potencializar la vida de todo ser vivo en la tierra (Rubio et al., 2014, p.139). Del total el agua en el planeta solo el 2,5% es agua dulce. El agua de superficie accesible comprende el 1% del total de agua dulce, de esta baja cantidad de agua superficial se encuentra principalmente en lagos, humedales y solo el 1% en ríos (Fernández, 2012, p.148). A nivel mundial muchos de los acuíferos están sometidos a un estrés hídrico y se estima que en un 30% de las aguas subterráneas se están agotándose por lo que casi dos tercios de la población sufren grave escasez de agua durante al menos un mes al año (UNESCO, 2021, p.2). Ecuador es un país con gran potencial en recursos hídricos, con 9 demarcaciones hidrográficas incluyendo cuencas y microcuencas. Sin embargo, los problemas de contaminación de agua están ligados con la aplicación que se le vaya a dar (doméstico e industrial) (FLACSO, 2008, pp.55-68). La provincia de Morona Santiago durante los últimos 30 años ha sufrido perturbaciones de sus ríos, principalmente por actividad minera, seguido por descarga de aguas residuales procedentes de las comunidades, mismas que han afectado significativamente la ecología de los ríos (Deley y Santillan, 2016; citado en Merino, 2018, p.16).

Ante este escenario es importante conocer el estado actual de los cuerpos hídricos para su mayor aprovechamiento, mediante la implementación de diversos métodos para el control de calidad de las aguas (Carrillo y Urgilés, 2016, p.1). Una de las herramientas más utilizadas son las biológicas mediante el uso de los macroinvertebrados presentando la ventaja de reflejar las condiciones presentes tiempo atrás a la toma de muestras y los fisicoquímicos quien nos da una información puntual en el momento (Alba, 1996, p.205).

Dentro de los índices biológicos se encuentra el BMWP/Col se considera un método simple por la utilización de macroinvertebrados como bioindicadores, analizando el nivel de familia por lo que cada taxon recibe una puntuación de acuerdo con su sensibilidad ante la presencia de un contaminante, se utilizan datos cualitativos (presencia o ausencia) (Arango et al., 2008, p.124). El índice de calidad ICA-NSF se denomina un método sencillo y público debido a que ignora los usos que se dará al agua, pudiendo de esta manera identificar el deterioro o mejora de la calidad del agua (Aguirre et al., 2016, pp.39-40). Ambas metodologías permiten determinar la calidad que presenta un cuerpo de agua al momento de la toma de muestras o tiempo atrás.

El área de estudio corresponde a un tramo del río Warintz, ubicada en la parroquia San Miguel de Conchay, cantón Limón Indanza, provincia de Morona Santiago, en un tramo de 2,7 km aproximadamente. El río Warintz es un recurso de gran valor para las personas que habitan en sus riveras ya que hacen uso de sus aguas como sitios de recreación además de poseer una belleza

paisajística, a sus alrededores se desarrollan actividades domésticas, ganaderas, mineras, mismas que podrían desencadenar perturbaciones a lo largo del río (PDOT, 2015, p.44).

Ante este escenario y conociendo el rol que desempeña los macroinvertebrados en cuanto a la evaluación de la calidad del agua, el objetivo del presente trabajo fue determinar la calidad del agua del río Warintz en el tramo Yawi - Warintza mediante el uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores lo cual se respaldarán con el método fisicoquímico. La integración de estos índices ayudara a alcanzar mejores resultados y obtener un panorama general del estado que se encuentran los ecosistemas dulceacuícolas a nivel local (Yumbo et al.; citado en Lozano, 2019, p.3).

Este trabajo de titulación se encuentra dividido en cuatro capítulos: capítulo I. diagnóstico del problema; capítulo II. Revisión de la literatura, donde se expone los antecedentes, la definición de los conceptos y bases teóricas; capítulo III. Marco metodológico; capítulo IV. Los resultados obtenidos de la investigación.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

El agua al ser un recurso vital para que todo ser vivo pueda subsistir, hace que la exigencia de la calidad de esta varíe en función del uso que se le vaya a asignar (Chacón, 2017, p.3). En la actualidad la escasez del agua limpia ha ido incrementando debido a la contaminación de las reservas hídricas producto de las actividades antrópicas (Meza et al., 2012, p.44). El incremento de la población produce en gran parte el deterioro de la calidad del agua debido a la cercanía de los centros poblados ocasionando la degradación de los cuerpos de agua (Alonso et al., 2005; citado en Lozano, 2019, p.1). A nivel mundial del 100% de la extracción de agua dulce el 69% se destina para agricultura, generalmente para el regadío, el 19% a la industria (generación de energía y electricidad) y el 12 % restante se destina a los municipios (UNESCO, 2021, p.2).

En Ecuador gran parte de los ríos se encuentran contaminados presentando un deterioro debido a los vertimientos de aguas residuales, mala disposición de los residuos, el uso excesivo de nutrientes, agroquímicos y la actividad minera artesanal (Secretaría del Agua, 2016, p.37). De tal manera que la contaminación y la degradación de los cuerpos de agua en el país son dos problemáticas que están directamente relacionados con el crecimiento demográfico, incumplimiento de la normativa y la ausencia de sanciones rigurosas (CEPAL, 2019, p.14).

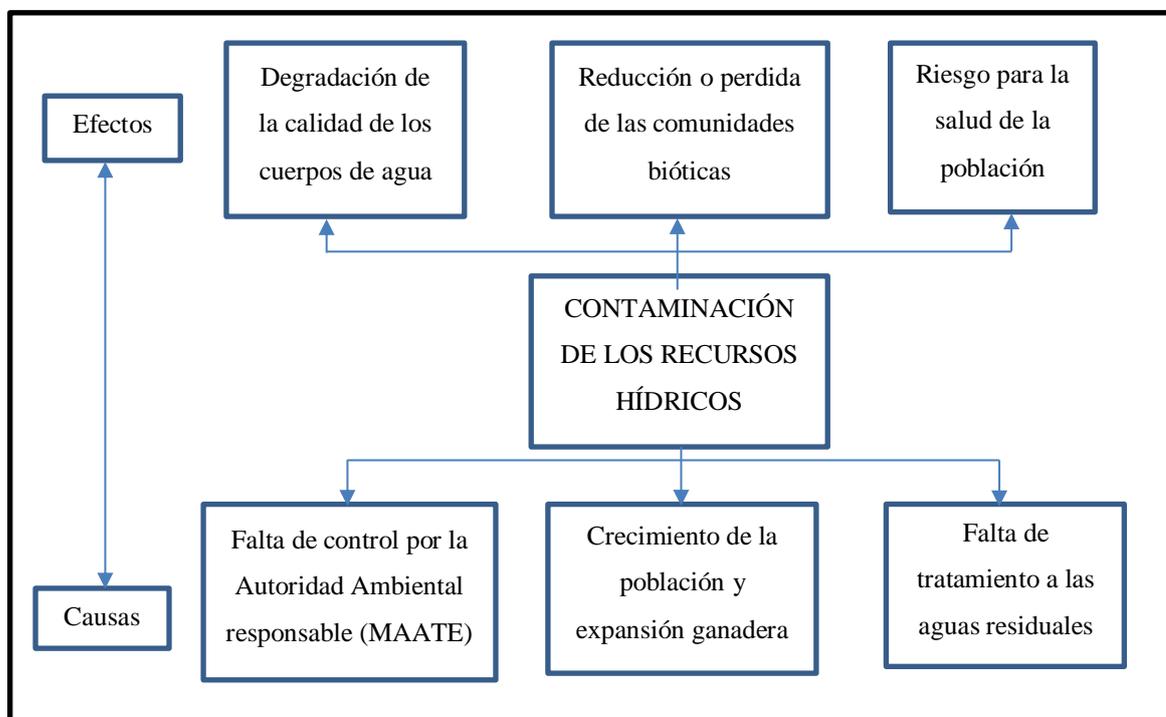


Gráfico 1-1: Árbol del problema de la contaminación de los recursos hídricos.

Realizado por: Otavalo, Marvin, 2022.

Por lo anteriormente mencionado se presenta la necesidad de realizar el estudio de calidad del agua del río Warintz, esto debido a que es uno de los afluentes más valiosos de las comunidades Yawi y Warintza, a las riberas se realizan actividades ganaderas, cabe mencionar que las dos comunidades no cuentan con sistema de alcantarillado por lo que sus aguas servidas son vertidas en pozos tradicionales y algunas son derramadas directamente a las quebradas que luego desembocan en el río. Adicional a ello existen tramos que utilizan para lavado de ropa y aseo personal. Siendo así que la presente investigación servirá como línea base para posteriores estudios, así como para la toma de decisiones a corto, mediano o largo plazo en función de las necesidades para la conservación de este recurso hídrico por parte de las autoridades locales como de los habitantes de las comunidades de Warintza y Yawi.

1.1. Objetivos de la investigación

1.1.1. Objetivo General

Determinar la calidad del agua del río Warintz en el tramo Yawi - Warintza mediante el uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Determinar el índice de calidad del agua del río Warintz en el tramo Yawi – Warintza, mediante la identificación de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad del agua.
- Determinar el índice de calidad del agua del río Warintz en el tramo Yawi – Warintza, mediante el índice de calidad de agua NSF
- Comparar los resultados obtenidos entre los índices BMWP/Col y NSF, mediante un análisis estadístico.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. Antecedentes

Los ríos tanto superficiales como subterráneos integran un elemento crucial en la evolución de la humanidad (Das y Acharya, 2003, p.163). Desde mediados del siglo pasado con el descontrolado crecimiento de la población, la ocupación de las riberas de los ríos, las actividades agrícolas e industriales han ocasionado la destrucción de los cuerpos de agua por medio de la modificación de los volúmenes y su calidad (Ordoñez et al., 2016; citado en Miranda, 2018, p.1).

La disponibilidad del agua a nivel mundial ha disminuido notoriamente como es el caso de los ríos en el oeste de África, el suroeste de Australia y el Pacífico Noroeste de los Estados Unidos de América, siendo así que dichas disminuciones han afectado directamente a la disponibilidad de agua tanto para la agricultura, industrias y para los suministros domésticos (UNESCO, 2020, p.21). Alrededor de 2.000 millones de personas sufren de escasez de agua de tal manera que 31 países sufren de estrés hídrico en un 25% al 70% y 22 países están por encima del 70% encontrándose dentro de un estrés hídrico severo (UNESCO, 2019, p.15).

Los ríos del Ecuador sustentan el desarrollo de diversas actividades tal es el caso de las industrias agrícolas y ganaderas quienes generan gran impacto en la estabilidad de los ecosistemas acuáticos causando problemas ambientales como la contaminación de los ríos (Prado, 2015, p.1). Ante esta problemática diversos organismos han implementado alternativas que ayuden al control y vigilancia de los sistemas dulceacuícolas (Lozano, 2019, p.2). Uno de los métodos más utilizados son los fisicoquímicos quienes son monitoreados con mayor frecuencia y representan condiciones instantáneas de las aguas (Samboni et al., 2007, p.173). También se encuentran los índices biológicos, mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos, quien se convierte en un método sencillo ya que existe técnicas de muestreo muy estandarizadas que no requiere equipos costosos y también tiene la ventaja de que refleja las condiciones existentes desde tiempo atrás (Alba, 1996, p.204).

En el Ecuador se han llevado a cabo diversos estudios en cuanto a calidad de agua mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos, pudiendo mencionar los de Liñero et al., (2016, pp.59-75) evalúan la calidad del agua en la corriente Mojarrero durante los meses de junio, agosto y octubre del 2014, obteniendo como resultado que el río presento buena calidad del agua en la sección alta y baja; Machado et al., (2018, pp.154-165), determinan la calidad del agua del río Sardinas en épocas secas y lluviosas, utilizando macroinvertebrados donde evalúan su diversidad, obteniendo como resultado una calidad de agua aceptable para las dos épocas del año; Buenaño et al., (2018, pp.41-47), reportan que el río altoandino (microcuenca del Pachanlica) de la provincia

de Tungurahua se encuentra categorizada como mala calidad; Osejos et al., (2020, pp.454-466), evalúan la calidad del agua del río Jipijapa ya que el río presenta problemas de descargas de aguas residuales domésticas no tratadas, por lo que obtienen como resultado que el río presenta una mala calidad del agua considerando como muy contaminada. Así mismo, Arroyo y Encalada, (2009, p.11), describe que en el Ecuador estudios relacionados a la taxonomía y metodología es muy limitada.

En la provincia de Morona Santiago se han realizado pocos estudios con base en a los índices de calidad de agua biológicos entre los cuales podemos mencionar: Chacón, (2017, pp.2-35), que realizó la evaluación de la calidad del agua del río Copueno, tramo Paccha-Jardín del Upano, en el cual se obtuvo una calidad de agua buena según el índice BMWP/Col, obteniendo un total de 3122 individuos siendo la clase insecta la más abundante; Lozano, (2019, pp.1-42), realizo la determinación de la calidad del agua mediante el uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores en la microcuenca del río Guanganza Chico y obtuvo que las estaciones de monitoreo la calidad del agua era buena recolectando un total de 1899 especímenes.

En la parroquia San Miguel de Conchay perteneciente al cantón Limón Indanza no se ha desarrollado ningún estudio en base a índices de calidad del agua de los ríos.

2.2. Bases conceptuales

2.2.1. Agua

Compuesto con características únicas, llegando a constituirse el más importante del planeta. Es un recurso renovable pero finito por lo que se convierte en la fuente y sustento de la vida y que sin ella ningún ser vivo podría subsistir (Fernández, 2012, p.148). El agua circula a través de los mares, ríos, lagos, océanos glaciares y aguas subterráneas convirtiéndose en el elemento físico más importante y móvil que tiene el sistema tierra, porque su movilidad permite que se desarrolle el llamado ciclo hidrológico del agua (Sierra, 2011, p.29). Posee propiedades únicas que lo hacen esencial para la vida y se encuentra en tres fases; sólida, líquida y gaseosa (Fernández, 2012, p.150).

2.2.2. Ecosistema acuático

Es la unidad ecológica en donde un grupo de organismos interactúan entre sí y estos a su vez con el ambiente que los rodea (atmósfera y la tierra), estos ecosistemas constituyen varios hábitats por lo que forma una cadena alimentaria (Roldán y Ramírez, 2008, p.19). Para que un ecosistema sea viable debe existir una red para que interactúen por lo que al pasar los años estos ecosistemas cambian debido a la interrupción que pueden provocar una regresión como por

ejemplo una inundación (Caríssimo et al., 2001, p.19). La estabilidad de la vida en un ecosistema está influenciada por factores como penetración de la luz, origen geológico, su morfología y su posición latitudinal (Roldán y Ramírez, 2008, p.19).

2.2.3. Río

Son ecosistemas muy complejos que poseen numerosos componentes únicos que está relacionado principalmente con la organización física. El clima y la geología son componentes claves de los ríos para identificar entre las distintas latitudes y biomasas (Elosegi y Sabater, 2009, p.26). También se considera como un sistema fluvial que posee características similares con el ecosistema y se forma por el agua lluvia o es deshielo de las montañas (Vicuña et al., 1983, pp.11-15). Un río puede convertirse en un sistema de transporte de sedimentos donde la pendiente va disminuyendo con la gradiente fluvial. La capacidad de arrastre del sedimento va a depender del caudal y de la pendiente (Elosegi y Sabater, 2009, p.71).

2.2.4. Biomonitorio

Consiste en la medición de un grupo taxonómico que habitan en ecosistema acuático con la finalidad de evaluar el estado actual que presenta el agua, por lo que el uso de variables biológicas es indispensable para realizar el Biomonitorio (García et al., 2017, p.48). Es un proceso sencillo, sin embargo, en los humedales el Biomonitorio es más complejo debido a la gran diversidad y variabilidad en su hidrología por lo que su aplicación no está bien desarrollada (Springer, 2010, p.54). Desde sus inicios el Biomonitorio ha tenido acogida en las diferentes aplicaciones, sin embargo, su mayor uso está en el monitoreo ambiental utilizado en la evaluación de impactos de ecosistemas acuáticos (García et al., 2017, p.48).

2.2.5. Contaminación del agua

Se denomina a la acumulación de sustancias tóxicas en un cuerpo de agua haciendo que sus parámetros fisicoquímicos y biológicos excedan su valor de concentración y causen daños a la salud y al ambiente (MINAN, 2016, p.16). La contaminación del agua genera que la calidad de este cambie su composición de modo que no va a reunir las condiciones necesarias para el uso que se hubiera destinado en su condición natural (Guadarrama et al., 2016, p.2).

2.2.6. Impacto ambiental

Se entiende como el efecto que sufre el medio ambiente en sus distintos aspectos producto de las actividades antrópicas (actividad minera, doméstica, agrícola, ganadera). Un impacto es una alteración misma que puedes ser positivo o negativo con alguno de los componentes del medio (Gutiérrez y Sánchez, 2009, p.1). El impacto ambiental producto de la acción humana puede manifestarse en tres facetas; a) modificación de alguno de los factores ambientales, b) la modificación del valor del factor alterado y c) la interpretación ambiental de dichas modificaciones y en las últimas instancias para la salud y el bienestar del ser humano (Cruz et al., 2008, p.10).

2.2.7. Eutrofización

Se define como el proceso de deterioro de la calidad que sufre un cuerpo de agua a medida que se enriquece de nutrientes principalmente nitrógeno, fósforo y materia orgánica, mismos que generan grandes impactos ecológicos, sanitarios y económicos (Ledesma et al., 2013, p.420). Este proceso puede deberse de forma natural debido a que los elementos nutritivos que ingresan sean superiores a la salida de estos de tal manera ocasiona el proceso de eutrofización quien inicia primeramente con el enriquecimiento de nutrientes, luego con la desaparición de vegetación por lo que se produce la perdida de OD (Moreno et al., 2010, p.26).

2.2.8. Bioindicadores

Son organismos que ayudan a detectar alguna alteración que haya sufrido un medio acuático, por lo que son utilizadas como un estadístico de otras especies o parámetros fisicoquímicos que poseen un elevado costo de evaluar (González et al., 2014, p.24). Se consideran también especies ya sean animales, vegetales o microorganismos que presentan un rango de tolerancia estrecho a uno a varios factores ambientales de origen biótico o abiótico. Un bioindicador debe ser abundante y sensibles a cualquier cambio en su medio, entre los bioindicadores más utilizados se encuentran los macroinvertebrados bentónicos (Romero, 2015, p.40).

2.2.9. Macroinvertebrados acuáticos

Son organismos vivos fáciles de identificar su tamaño varía entre 0.5 mm y 5 mm, habitan en ecosistemas dulceacuícolas adheridos a vegetación acuática, troncos y rocas. Está conformado principalmente por platelmintos, insectos moluscos y crustáceos (Roldán, 2016, p.254). Son buenos indicadores de calidad del agua ya que algunos resisten y crecen en aguas contaminadas y otras no resisten a la contaminación (Carrera y Fierro, 2001, p.28). La composición de las comunidades de

macroinvertebrados refleja la condición que presenta los ecosistemas dulceacuícolas por lo que son ampliamente utilizados desde hace décadas como parte fundamental del monitoreo de la calidad del agua (Roldán, 2016, p.254).

2.2.10. Taxonomía

Se encarga de dar nombres a las clases o grupos de organismos de manera jerarquizada ayudando a identificar, interpretar y valorar la diversidad de los seres vivos, resultando esencial para que el ser humano pueda identificar la existencia de un cierto grupo de seres vivos (Iriando, 2000, p.2). Cada nivel se denomina una categoría taxonómica y dentro de estas categorías incluyen otras categorías, va de mayor a menor rango; género, familia, orden, clase, Phylum. Todas estas categorías taxonómicas y elemento reciben el nombre de taxones (Arija, 2012, p.3).

2.2.11. Índice de calidad del agua

Es una herramienta que permite identificar el grado de contaminación que presenta un cuerpo hídrico ya sea esta superficial o subterránea en un lugar y tiempo determinado, para lo cual se incorpora datos de diversos parámetros ya sean fisicoquímicos o biológicos y con ello realizar un análisis general de la calidad del agua en sus diferentes niveles (Caho y López, 2017, p.37). También se utiliza para identificar los cambios de la calidad de agua pudiendo estar representado por un número, símbolo o incluso un color (Torres et al., 2009, p.82).

2.2.12. Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP/Col)

El índice BMWP fue establecida en Inglaterra en el año de 1970 y luego adaptado por Roldán en al año 2003 (Naranjo y López, 2013, pp.16-17). Este es un método rápido y sencillo que sirve para evaluar la calidad de las aguas mediante el uso de macroinvertebrados, donde cada taxon recibe una puntuación de acuerdo con la tolerancia que presenta a la contaminación orgánica, basándose en un enfoque cualitativo (presencia o ausencia) (Forero et al., 2014, p.244). La puntuación va del 1 al 10, familias que reciben puntuaciones bajas son tolerantes a los contaminantes, mientras que, los que reciben puntuación cercana a 10 son sensibles a la contaminación presente en un cuerpo de agua (Roldán, 2016, p.261).

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Componentes de un río

- *Pozas*: lugares del río donde la circulación del agua es lenta y es más profundo, por lo general posee sedimentos.
- *Rápidos*: secciones de río poco profunda y turbulenta, donde el movimiento el agua es más rápido y choca con las rocas, estas partes están parcial o totalmente sumergida.
- *Corrientes*: sectores de un río donde el agua no es turbulenta y por lo general posee pequeñas piedras.
- *Sustrato*: material que es depositado en el fondo o el lecho de un río (Carrera y Fierro, 2001, p.22).

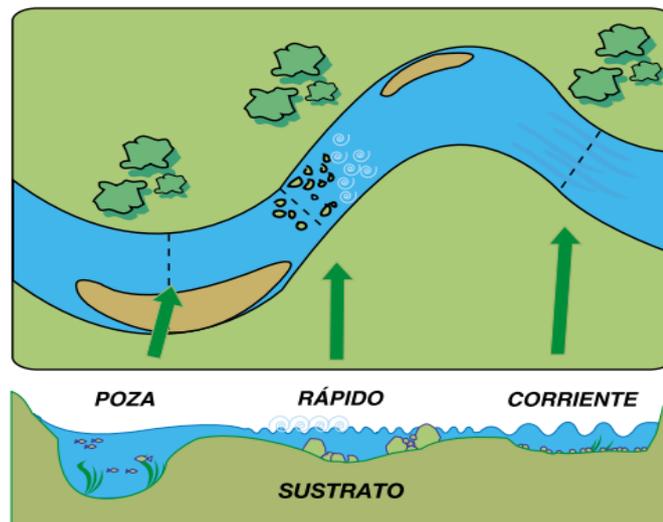


Figura 1-2: Componentes de un río.

Fuente: Carrera y Fierro, 2001, p.2.

2.3.2. Tipos de contaminación del agua

Contaminación natural: es generada por la naturaleza, pudiendo estar relacionada con la contaminación atmosférica, efecto invernadero y la lluvia ácida (Villasante, 2000, pp.211-212). También puede estar relacionado por el componente orgánico que se encuentra naturalmente a partir de la descomposición de algas, plantas acuáticas y la excreción de animales pudiendo este último incorporarse por medio de escorrentía (Nannavecchia, 2016, p.145).

Contaminación antropogénica: está relacionada directamente con las actividades que genera el hombre ya que es claro que los vegetales y animales no generan vertidos significativos que puedan afectar la calidad natural de las aguas (Segura, 2007, pp.5-6). Este tipo de contaminación generalmente no provoca concentraciones altas de contaminantes, excepto en lugares o zonas muy específicas como las grandes ciudades e industrias (Encinas, 2011, p.46).

Según (Roldán, 2003, p.16) los principales focos de contaminación en los ecosistemas acuáticos están relacionados con actividades antrópicas como la tala de bosques y la disposición final de los residuos.

2.3.3. Fuentes de contaminación del agua

– Puntuales

Este tipo de contaminación se caracteriza por ingresar a un cuerpo de agua en un punto fijo por lo que son fáciles de controlar. Uno de los ejemplos más claros de contaminación puntual son las descargas de aguas residuales (Sierra, 2011, p.400).

– No puntuales o difusas

Este tipo de contaminación no se puede localizar con facilidad ya que las masas de agua son afectadas por medio de escorrentías pudiendo derivarse de zonas agrícolas, ganaderas e industriales que drenan hacia los ríos por lo que es difícil de controlar (Guadarrama et al., 2016, p.3).

2.3.4. Índice de la calidad del agua ICA-NSF

Fue propuesta por Brown en 1970, y desarrollada por la Fundación Nacional de Saneamiento (NSF) (Castro et al., 2014, p.115). Este índice utiliza 9 parámetros distribuidos de la siguiente manera; ocho parámetros fisicoquímicos como son: la temperatura, nitratos, fosfatos, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, pH, turbidez y un parámetro microbiológico: coliformes fecales (Aguirre et al., 2016, p.41).

2.3.4.1. Parámetros fisicoquímicos y biológico

– Oxígeno disuelto

Es la cantidad de oxígeno presente en un cuerpo de agua y que es necesaria para que un ser vivo pueda tener un crecimiento y reproducción normal (Sierra, 2011, p.85). Este parámetro es inversamente proporcional con la temperatura por lo que al aumentar los valores de oxígeno disuelto van a disminuir la temperatura. La concentración máxima de OD a una temperatura normal es de 9 mg/L, por lo que concentraciones de 4mg/L es considerada no apta para que se desarrolle una vida acuática (Aznar, 2000, p.15). La solubilidad del OD está en función de varios factores tales como; salinidad, tensión de vapor, temperatura, presión, composición fisicoquímica del agua y el coeficiente de solubilidad (Marín, 2003, p.15).

– Temperatura

Al considerarse uno de los parámetros más influyentes del agua afecta en gran medida a la aceleración o retardo de las actividades biológicas, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la floculación, sedimentación y filtración (Vargas, 2004, p.13). El incremento de temperatura ocasiona que la solubilidad de los gases se modifique, de tal manera que aumenta los sólidos disueltos mientras que los gases va disminuyendo (Aznar, 2000, p.14).

– *Turbidez*

Es la opacidad que presenta el agua producto del material particulado en suspensión por lo que impide que los rayos de luz ingresen al agua (Roldán, 2003, p.2). La turbiedad posee dos orígenes; las inorgánicas que son producto de las erosiones (entre ellas arcilla y arena) y las de origen antrópico en donde puede llegar a tener un alto grado de material orgánico (entre ellas microorganismos y limus) (Sierra, 2011, p.55).

Hasta la actualidad no se conocen efectos directos a la salud humana a causa de la turbidez, pero si afecta directamente a la calidad estética del agua por lo que genera el rechazo de los consumidores (Vargas, 2004, p.5).

– *Sólidos totales disueltos (STD)*

Es el conjunto de las sales inorgánicas y pequeñas porciones de materia orgánica que se encuentra disuelta en el agua y los resultados se expresan en mg/L (Ecofluidos Ingenieros S.A., 2012, pp.11-12). También se define como la sumatoria de minerales, sales, metales, cationes y aniones que se encuentran disueltas en el agua. Una forma de medir los STD en el agua es determinando la conductividad de esta, de tal manera que se debe tomar en cuenta que la conductividad del agua pura es igual a cero (Vásconez et al., 2019, pp.60-61).

– *pH*

Expresa la intensidad de acidez, basicidad o alcalinidad por lo que el pH no demuestra la cantidad de compuestos ácidos o alcalinos presentes en el agua más bien muestra la fuerza que esta presenta (García, 2013, p.4). El pH no tiene efectos directos sobre la salud, pero si puede influir en los procesos de tratamiento de las aguas además que influyen en fenómenos como la corrosión y la incrustación en las redes de distribución de las aguas (Vargas, 2004, p.13). En aguas superficiales el pH oscila en intervalos de 6 a 8,5 u. pH, pudiendo presentar valores bajos en aguas subterráneas. En lagos y embalses el pH varía en función del tiempo y espacio de forma que disminuye a lo largo de la columna de agua (Marín, 2003, p.16).

– *Fosfatos*

Los fosfatos llegan a los cuerpos de agua por acción de las lluvias y estas a su vez son aprovechadas por las plantas y por el fitoplancton formando una cadena alimenticia, siendo así que al morir los organismos liberan el fósforo lo cual una parte se va a parar en las profundidades marinas (Roldán, 2003, p.7). El fósforo se presenta en soluciones acuosas incluyendo ortofosfatos y fosfatos orgánicos. Las aguas contaminadas por vertimientos de aguas residuales domésticas,

industriales pueden alcanzar concentraciones entre 4 y 15 mg/L. Raramente se encuentra altas concentraciones de fósforo en cuerpos de agua debido a que son aprovechadas inmediatamente por las plantas (Sierra, 2011, p.73).

– *Nitratos*

Se presenta en una muestra de agua en su forma más reducida y se constituye de la descomposición de sustancias orgánicas nitrogenadas entre ellas las proteínas y producto de la agricultura, pudiendo desencadenar el proceso de eutrofización (Roldán, 2003, p.6). En aguas superficiales las concentraciones de nitrógeno son menores a 2 mg/L, donde existe actividad humana pueden llegar a tener concentraciones de 5 mg/L por lo que generalmente es un indicativo que existe contaminación ya sea por desechos de origen doméstico o animal que son llegadas a cuerpos de agua por medio de escorrentías (Sierra, 2011, p.72).

– *Demanda Bioquímica de Oxígeno*

Se conoce como la cantidad de oxígeno necesaria para que los microorganismos aeróbicos puedan oxidar, degradar la materia orgánica presente en una muestra de agua. (Aznar, 2000, p.5). La DBO es el parámetro que mayormente se utiliza para determinar el contenido de materia orgánica presente en una muestra de agua. Esta muestra se realiza incubando en el laboratorio durante cinco días y sus resultados se los expresa en mg/L de oxígeno consumido (Sierra, 2011, p.74).

– *Coliformes fecales*

Es considerado como un indicador directo de que una muestra de agua se encuentra contaminada con virus o bacterias nocivos para la salud, encontrándose presente en las heces humanas y animales (Sierra, 2011, p.82). Se definen como bacilos gran-negativos no esporulados de manera que la especie que predomina dentro del grupo de coliformes fecales es la *Escherichia coli*. La presencia de este coliforme es un indicio que las aguas pueden estar contaminadas con aguas negras o algún desecho en descomposición (Ecofluidos Ingenieros S.A., 2012, p.13).

2.3.5. Ventajas de los macroinvertebrados acuáticos

Las razones por las que se consideran buenos indicadores de calidad de agua son:

- Son de amplia distribución
- Varían poco genéticamente
- Son fáciles de identificar
- Son sedentarios
- Presentan efectos de variaciones ambientales a corto tiempo
- Poseen ciclos de vida largos
- Se pueden cultivar en laboratorio (González et al., 2014, p.47).

2.3.6. Tipología de hábitat de los macroinvertebrados

Los macroinvertebrados viven enterrados en diversas tipologías de sustrato y otras se encuentran adheridos las rocas, piedras y restos de vegetación; mientras que otras se encuentran en orillas de los ríos y lagos por lo que estas se encuentran adheridos a la vegetación riverena o simplemente permanecen en las superficies del agua (Roldán y Ramírez, 2008, p.324).

Tabla 1-2: Hábitat de los macroinvertebrados

					
Hojas flotantes	Troncos caídos	Lodo o arena	Debajo de las piedras	Aguas corrientosas	Lagunas, lagos, pozas

Fuente: Carrera y Fierro, 2001, p.28.

Realizado por: Otavalo, Marvin, 2022.

2.3.7. Alimentación de los macroinvertebrados acuáticos

Los macroinvertebrados tienen diversidad de hábitos alimenticios por lo que unos se alimentan de carne, otros de plantas acuáticas y otros se alimentan de animales en descomposición. El alimento de estos organismos puede ser de tamaño microscópico (Roldán y Ramírez, 2008, p.331).

Tabla 2-2: Modo de alimentación de los macroinvertebrados

		
Plantas acuáticas, restos de plantas y algas	Otros invertebrados o peces	Animales en descomposición
		
Sangre de otros animales	Pequeños restos de comida en descomposición y elementos nutritivos del suelo	Elementos nutritivos del agua

Fuente: Carrera y Fierro, 2001, p.29.

Realizado por: Otavalo, Marvin, 2022.

2.3.8. Formas de vida de los macroinvertebrados

- *Bentos*: aquellos organismos que viven en el fondo de ríos, lagos y se encuentran adheridos a sustratos como piedras, rocas, troncos o restos vegetales. Entre los principales órdenes están: Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Megaloptera y Diptera (véase figura 2-2) (Roldán, 2003, p.12).

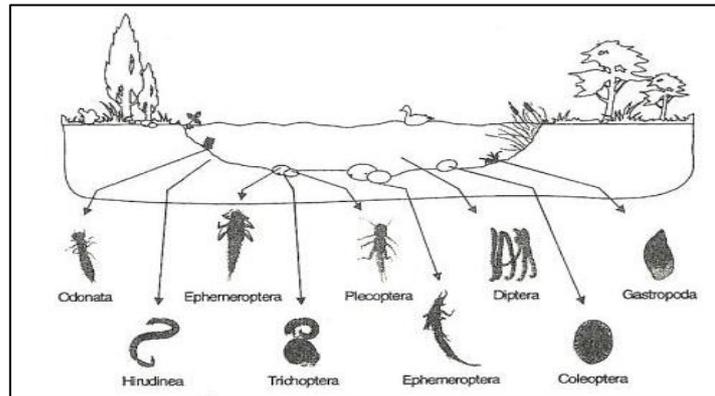


Figura 2-2: Macroinvertebrados representativos del BENTO.

Fuente: Roldán, 2003, p.13.

- *Necton*: son organismos que se encuentran nadando muy activamente en el agua como los peces. Entre ellos están: Corixidae y Notonectidae, Dytiscidae, Gyridae, Hydrophilidae, Baetidae (véase figura 3-2) (Roldán, 2003, p.12).

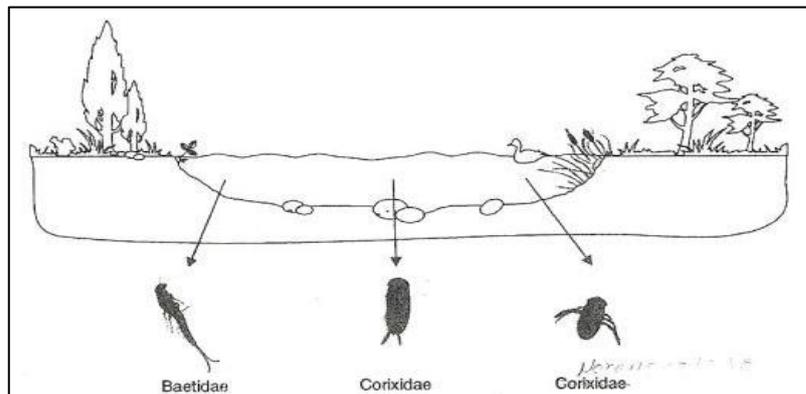


Figura 3-2: Macroinvertebrados representativos del NECTON.

Fuente: Roldán, 2003, p.13.

- *Neuston*: se caracterizan por vivir en la superficie del agua. Se encuentran cubiertos por una especie de cera en todas sus extremidades lo que impide que se hundan en el agua. Las familias más representativas están: Gerridae, Hydrometridae y Veliidae (véase figura 4-2) (Roldán y Ramírez 2008).

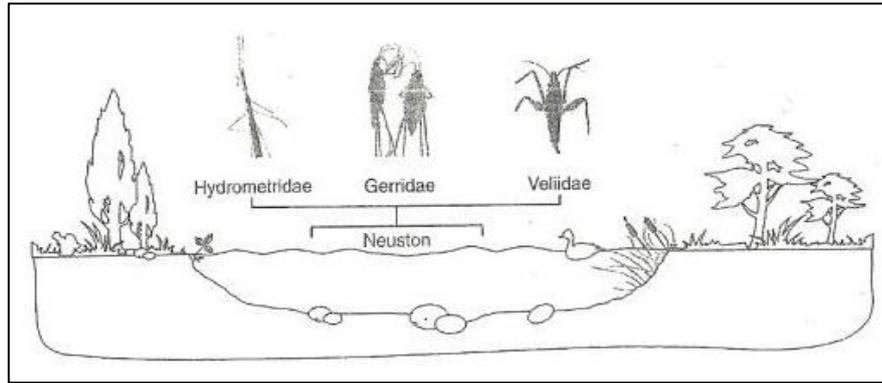


Figura 4-2: Macroinvertebrados representativos del Neuston.

Fuente: Roldán, 2003, p.12.

2.3.9. Tipos de redes para la recolección de macroinvertebrados

– Red de patada

Se utiliza en ríos medianamente torrentosos en donde se pueda caminar. Está constituida por una malla metálica o plástica de aproximadamente un metro cuadrado y con un ojo de la malla de 0,5 a 1 mm. La técnica consiste en remover el fondo con el pie mientras que la otra persona sostiene la red río abajo para atraparlos (Carrera y Fierro, 2001, p.36).



Figura 5-2: Red patada para la recolección de macroinvertebrados.

Fuente: Carrera y Fierro, 2001, p.36.

– Red Surber

Se utiliza cuando el método requerido es cuantitativo y exista sustratos pedregosos. Está conformado por un marco metálico de 900 cm² y está unida a una red cónica y muy fina (menos de 0,5 mm), para su recolección se introduce en el fondo del río contra corriente y con la mano se mueve las piedras, troncos, hojarascas, entre otros (Roldán y Ramírez, 2008, p.338).



Figura 6-2: Red Surber para la recolección de macroinvertebrados.

Fuente: Carrera y Fierro, 2001, p.37.

– *Red D-Net:*

Se emplea para muestrear superficies irregulares llevando a cabo un barrido a lo largo de las orillas donde las demás redes no pueden alcanzar (Samanez et al., 2014, p.38).



Figura 7-2: Red D-Net para la recolección de macroinvertebrados.

Fuente: Roldán y Ramírez, 2008, p.339.

2.3.10. Características de un bioindicador.

Según González et al., (2014, p.25), las principales características que debe reunir un taxon para ser consideradas un bioindicador son:

- Suficientemente sensibles para advertir alteraciones del ambiente.
- Capaz de advertir no solo el peligro que corre el taxon sino todo el ecosistema.
- La intensidad del cambio del taxon está correlacionada con la intensidad del disturbio ambiental.
- Su abundancia permite tomar muestras periódicamente.
- Su baja movilidad facilita conocer el origen del disturbio.
- Son muy resistentes por lo que es fácil de manipular.
- Fáciles de identificar.

- Presentan amplia distribución.
- No se requiere de equipo costoso.
- Los cambios que ocurre producen en muy poco tiempo después de originar la contaminación.

2.3.11. Ventajas de utilizar bioindicadores

Las principales ventajas que se presentan al utilizar los bioindicadores para la evaluación de los estados ecológicos son las siguientes:

- Son más económicas de implementar que las fisicoquímicas.
- Los bioindicadores añaden un componente temporal, permitiendo la integración de condiciones pasadas y presentes.
- Los organismos rara vez se ven afectadas por un contaminante en específico.
- Es posible conocer la biodisponibilidad de los contaminantes.
- Se puede establecer efectos aditivos, sinérgicos y antagonicos de los contaminantes.
- Advierten el efecto de ciertos estresores ambientales como especies invasoras (González et al., 2014, pp.28-29).

2.4. Base legal

2.4.1. Constitución de la República del Ecuador.

Título II: Derechos

Art. 12: “El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida” (Constitución de la República del Ecuador, 2014, 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*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados” (Constitución de la República del Ecuador, 2014, p.14).

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 colectividad el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire, suelo y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural” (Constitución de la República del Ecuador, 2014, p.122).

Título VII: Régimen del buen vivir

Art. 411: “El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua” (Constitución de la República del Ecuador, 2014, p.181).

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

Art. 12.- Protección, recuperación y conservación de fuentes: el Estado, los sistemas comunitarios, juntas de agua potable y juntas de riego, los consumidores y usuarios, son corresponsables en la protección, recuperación y conservación de las fuentes de aguas que se hallen en sus tierras, sin perjuicio de las competencias generales de la autoridad única del Agua de acuerdo con lo previsto en la Constitución y en esta ley. (Asamblea Nacional-República del Ecuador, 2014, pp.5-6).

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-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. En la conservación del agua, la naturaleza tiene derecho a”:

- b) El mantenimiento del caudal ecológico como garantía de preservación de los ecosistemas y la biodiversidad;
- d) La protección de las cuencas hidrográficas y los ecosistemas de toda contaminación (Asamblea Nacional-República del Ecuador 2014, p.19).

2.4.3. Código Orgánico Ambiental

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 en sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos, así como la restauración” (Presidencia de la República, 2017, p.13).

Art. 7.- “Deberes comunes del Estado y las personas. Son de interés público y por lo tanto deberes del Estado y de todas las personas, comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades y colectivos;

- 1.- respetar los derechos de la naturaleza y utilizar los recursos naturales, los bienes tangibles e intangibles asociados a ellos, de modo racional y sostenible.

2.- proteger, conservar y restaurar el patrimonio natural nacional, los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país.

3.- informar, comunicar o denunciar a la autoridad ambiental competente cualquier actividad contaminante que produzca o pueda producir impactos o daños ambientales” (Presidencia de la República, 2017, pp.12-13).

Art. 9.- “Principios Ambientales: literal 4. El que contamina paga: quien realice o promueva una actividad que contiene o que haga en el futuro, deberá incorporar a sus costos de producción todas las medidas necesarias para prevenir, evitar y reducirla. Asimismo, quien contamine estará obligado a la reparación integral y la indemnización a los perjudicados, adoptando medidas de compensación a las poblaciones afectadas y al pago de las sanciones que correspondan” (Presidencia de la República, 2017, p.14).

2.4.4. Acuerdo Ministerial 097-A

Es una reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, bajo el Amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental, donde se establecen los principios básicos para el control de la contaminación del agua, criterios de calidad del agua, límites permisibles, disposiciones y prohibiciones de las descargas a cuerpos de agua o sistema de alcantarillado los permisos de descarga y los parámetros de monitoreo de las descargas a cuerpos de agua (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015, pp.7-8).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

Es un conjunto de acciones que están destinadas a describir y analizar el problema planteado en una investigación, a través de procedimientos que incorpora diversas técnicas de observación y la recolección de datos utilizando el “como” se realizó el estudio o la investigación (Azuelo, 2019, p.112).

3.1 Tipo de investigación

Es de tipo exploratorio, observacional y analítico, exploratorio ya que no se tiene ningún tipo de investigación previa del lugar, observacional ya que se mide ciertas características fisicoquímicas de manera in situ y a su vez se realiza el monitoreo de macroinvertebrados en un momento dado y analítico ya que analiza los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en laboratorio para posterior buscar la relación que existe entre las variables ambientales con los macroinvertebrados mediante un análisis canónico de correspondencia en vista de que ambos índices determinan el estado de un cuerpo hídrico.

Por otra parte, se empleó el método cualitativo para la identificación de macroinvertebrados (presencia o ausencia) de tal manera evaluar las características de cada individuo, así mismo se utilizó el método cuantitativo ya que mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológico se obtuvo un valor numérico.

3.2. Área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en un tramo del río Warintz comprendida entre el sector Yawi y Warintza perteneciente a la parroquia San Miguel de Conchay, cantón Limón Indanza, provincia de Morona Santiago.

3.3. Determinación de los puntos de monitoreo

Para la determinación de los puntos de monitoreo se inició con un recorrido del río y con la ayuda de un GPS basado en un sistema de localización, diseñado para proporcionar estimaciones precisas de posición y tiempo, donde utiliza una red de ordenadores y 24 satélites para determinar la altitud, longitud y latitud de cualquier objeto en la superficie terrestre (Pozo et al., 2000, p.55), se seleccionó un tramo de 2,7 km aproximadamente, en este tramo se establecieron cuatro puntos de

monitoreo georreferenciadas en coordenadas UTM WGS 84 (tabla 1-3). Para la elaboración del mapa de ubicación se utilizó el programa ArcMap versión 10.5 (Gráficos 1-3).

Cada una de las estaciones de monitoreo fueron establecidas considerando los siguientes aspectos:

- *Accesibilidad:* en cada estación existe un camino de acceso al río en estudio.
- *Representatividad:* se consideró zonas intervenidas y donde reciben descargas no puntuales de cada una de las comunidades; Yawi y Warintza.
- *Seguridad:* en cada una de las estaciones seleccionadas el río es bastante uniforme, poco profundo y no presenta zonas con turbulencias lo que hace seguro para el personal que toma la muestra.

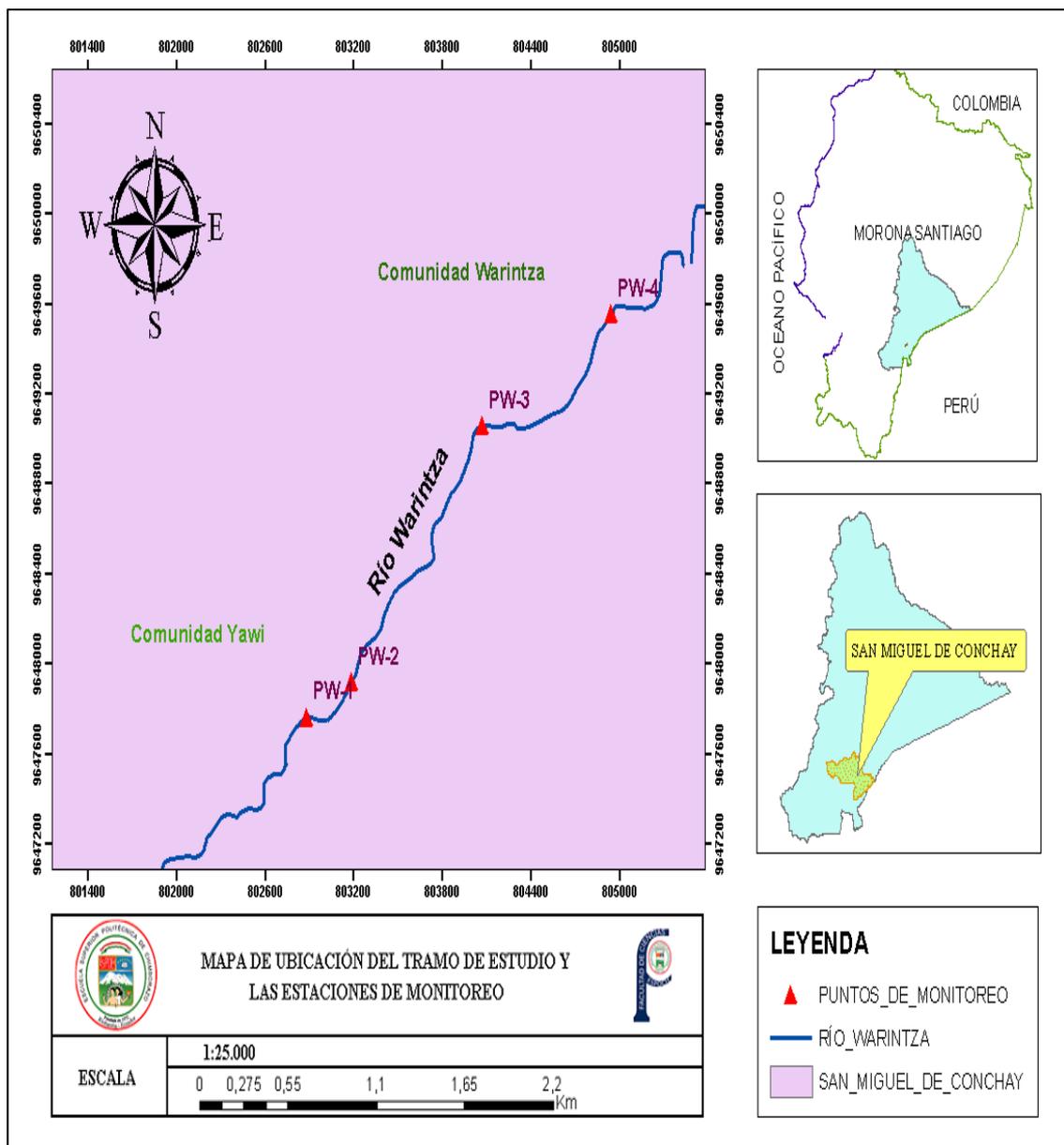


Gráfico 1-3: Mapa de ubicación del río Warintz.

Realizado por: Otavalo, Marvin, 2022.

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

TRAMO DE ESTUDIO			COORDENADAS UTM WGS 84 ZONA 17S		
Código	Descripción	Características	Longitud X	Latitud Y	Altitud m.s.n.m
PW-1	Punto Warintza 1	Zona poco intervenida	802874,17	9647767,00	927
PW-2	Punto Warintza 2	Zona intervenida	803182,53	9647922,28	917
PW-3	Punto Warintza 3	Zona intervenida	804068,82	9649059,88	903
PW-4	Punto Warintza 4	Zona intervenida	804941,12	9649556,14	835

Realizado por: Otavalo, Marvin, 2022.

Punto 1: se ubica aproximadamente a 50 metros aguas arriba de la comunidad Yawi, se eligió ya que se evidencia poca actividad antropogénica entre ellos sembró de pasto además que en su ribera existe vegetación autóctona lo que sería apta para albergar diversidad de especies de macroinvertebrados.



Gráfico 2-3: Estación de monitoreo PW-1

Fuente: Otavalo, Marvin, 2022.

Punto 2: este punto se ubica aproximadamente a 150 metros aguas abajo de la comunidad Yawi. Se tomo en consideración debido a que los habitantes utilizan este recurso como balneario y para lavado de ropa. También se evidencia pequeñas descargas no puntuales producto de la ganadería y actividades domésticas.



Gráfico 3-3: Estación de monitoreo PW-2

Fuente: Otavalo, Marvin, 2022.

Punto 3: este punto se ubica aproximadamente a 200 metros aguas arriba de la comunidad Warintza. En este punto se evidencia el sembrío de pasto para la ganadería, además atraviesa una trocha que une las dos comunidades: Yawi y Warintza.



Gráfico 4-3: Estación de monitoreo PW-3

Fuente: Otavalo, Marvin, 2022.

Punto 4: este último punto se ubica aproximadamente a 50 metros aguas abajo de la comunidad Warintza. Este punto se tomó en consideración ya que los habitantes de esta comunidad lo utilizan en ocasiones como balneario y para lavado de ropa. Cabe recalcar que este punto atraviesa las dos comunidades y estas no cuentan con sistema de alcantarillado y sus aguas residuales son vertidas a cuerpos de agua mediante descargas no puntuales.



Gráfico 5-3: Estación de monitoreo PW-4

Fuente: Otavalo, Marvin, 2022.

3.4. Desarrollo de los monitoreos

Los monitoreos y los análisis de los parámetros fisicoquímicos, microbiológico y macroinvertebrados se efectuaron mensualmente durante tres meses consecutivos, diciembre de 2021, enero y febrero de 2022.

3.4.1. Muestreo de los parámetros fisicoquímicos y microbiológico

3.4.1.1. Toma y conservación de las muestras.

Durante las campañas de monitoreo se colectaron un total de 12 muestras y 4 muestras por mes. El procedimiento de toma y conservación de muestras se efectuó basándose en la norma NTE INEN 2169:2013 y el Standard Methods.

Tabla 2-3: Procedimiento para la toma de muestras

Parámetro	Tipo de envase	Procedimiento
Temperatura	In situ	Para la medición de estos parámetros se introdujo la sonda en la columna de agua por debajo de la superficie evitando que la sonda entre en contacto con el suelo. Una vez estabilizada la lectura se procedió a copiar los valores una hoja de campo.
Oxígeno disuelto		

pH	In situ	Se introdujo la sonda directamente en la columna de agua manteniendo siempre por debajo de la superficie hasta que la lectura se estabilice para luego transcribir los valores en una hoja de campo.
DBO5	Botella de plástico de 1 L	Antes de la toma de muestra se enjuagó el envase tres veces con el agua del río a monitorear con la finalidad de homogeneizar el envase. Posterior se introdujo la botella contra corriente a una profundidad media hasta llenarla completamente.
Turbidez		
Sólidos disueltos totales		
Nitratos		
Fosfatos		
Coliformes fecales	Frasco de plástico esterilizado de 100 ml	Para la recolección de esta muestra se sumergió el frasco contra corriente dejando una cámara de aire libre, e inmediatamente se colocó la tapa y se procedió a retirarla.

Fuente: Baird et al., 2017, pp.38-46; NTE INEN 2169, 2013, pp. 2-5.

Realizado por: Otavalo, Marvin, 2022.

Al finalizar la toma de muestras estas fueron etiquetadas correctamente y preservadas en un cooler con hielo, para así evitar la alteración de las muestras hasta el momento de su análisis (NTE INEN 2169, 2013, pp.5-8).

3.4.2. Análisis de los parámetros fisicoquímicos y biológico

Una vez colectadas las muestras, estas fueron llevadas a la ESPOCH sede Morona Santiago. El instrumento, equipo y reactivo utilizado para el análisis de los parámetros fisicoquímico y microbiológico se describe en la tabla. 3-3.

Tabla 3-3: Parámetro, instrumento, reactivo, equipo y método para el análisis

Parámetro	Instrumento	Reactivo	Equipo	Método
Sólidos disueltos totales	Caja Petri de vidrio Probeta	Agua destilada	Horno de secado MENMERT Balanza analítica SARTORIUS	2540-B
Turbidez	Celdas de vidrio	Agua destilada	Turbidímetro portátil	2130-B
Nitratos	Celdas de vidrio	Nitrato Nitrover 5 Agua destilada	Espectrofotómetro	4500-NO ₃ -B

Fosfatos	Celdas de vidrio	Fosfato PhosVer3 Agua destilada	Espectrofotómetro	4500-P-D
BBO5	Bureta Botella ámbar Balón de 432 ml	Sosa caustica Solucion de nutriente	Agitador WTW Medidor de DBO WRW	5210-B
Coliformes fecales	Matraz Erlenmeyer NEOGEN filter	Medio de cultivo (ampolla m-FC) 2 ml	Bomba de vacío ROCKER R300 Incubadora REBELK R300	9222-B

Fuente: Baird et al., 2017, pp.11-165.

Realizado por: Otavalo, Marvin, 2022.

3.4.2.1. Cálculo del índice de calidad del agua de la NSF

Para la determinación del índice de calidad del agua de la NSF en las cuatro estaciones de monitoreo se empleó el software IQADData versión 2010 que se dedica al desarrollo y aplicación de los índices de calidad de agua (Posselt y Costa, 2010). Los valores de cada parámetro se introdujeron en la tabla y su cálculo fue inmediato y una vez obtenido el valor del ICA-NSF se basó en la tabla 5-3 para obtener la calidad del agua que presenta el río en estudio.

Tabla 4-3: Parámetros, unidades y peso del ICA de la NSF

Parámetros	Unidades	Peso del ICA
Oxígeno disuelto	mg/L	0,17
Coliformes fecales	NMP/ml	0,15
pH	-	0,12
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	0,10
Nitratos	mg/L	0,10
Fosfatos	mg/L	0,10
Temperatura	°C	0,10
Turbiedad	NTU	0,08
Solios disueltos totales	mg/L	0,08

Fuente: Brown et al., 1970, p.342.

Realizado por: Otavalo, Marvin, 2022.

Tabla 5-3: rangos de calidad de agua del ICA-NSF propuesta por Brown

Calidad	Rango	Color
Excelente	91-100	Azul
Buena	71-90	Verde
Regular	51-70	Amarillo
Mala	26-50	Naranja
Muy mala	0-25	Rojo

Fuente: Samboni, Carvajal y Escobar, 2007, p.180.

Realizado por: Otavalo, Marvin, 2022.

3.4.3. Muestreo de los macroinvertebrados

3.4.3.1. Recolección y limpieza de los macroinvertebrados

Durante las tres campañas de monitoreo se recolectaron 12 muestras y 4 muestras por mes. La recolección de macroinvertebrados acuáticos se desarrolló en base a las citas descritas por Carrera y Fierro 2001, Roldán 2003 y Alba 1996.

Los muestreos de los macroinvertebrados se realizaron aguas abajo hacia aguas arriba para evitar enturbiar el agua. Se utilizó una red D-net de 500um ya que el método requerido es cualitativo (Roldán, 2003, p.125), esta red se introdujo en el río contra corriente formando un ángulo de 90° y con las manos se removió el sustrato vegetal por un minuto aproximadamente y para evitar que la red se llene y que los macroinvertebrados sean llevados por la corriente estas fueron depositados en una bandeja blanca que se encontraba a la orilla del río.

El tiempo empleado para el muestreo en cada estación fue de aproximadamente 45 minutos, y se dio por terminado cuando ya no existía nuevas familias de macroinvertebrados (Alba, 1996, p.210). Para la limpieza de los macroinvertebrados se separó el sustrato vegetal de los especímenes con la ayuda de una pinza entomológica y fueron preservados en un frasco de plástico de boca ancha en alcohol al 70%. Cada muestra fue debidamente etiquetada en la parte exterior del frasco y conservadas en un cooler para evitar la exposición al sol (Carrera y Fierro, 2001, pp.37-39).

3.4.3.2. Identificación de los macroinvertebrados

Las muestras de macroinvertebrados fueron identificadas en el laboratorio de la ESPOCH Sede Morona Santiago. Cada muestra de macroinvertebrados se depositó en una bandeja y con el apoyo de una pinza entomológica se colocó en una caja Petri de vidrio para luego identificarlas con la ayuda de un estereomicroscopio y una lámina de identificación propuesta por Roldán (2003, pp.45-124).

La identificación de los macroinvertebrados se realizó a nivel de familia y también es importante recalcar que para la identificación de los taxones es importante que se encuentren con alcohol ya que permitirá observar con mayor facilidad sus características (Chacón, 2017, p.35).

3.4.3.3. Cálculo del índice BMWP/Col.

Una vez identificadas las familias de los macroinvertebrados de acuerdo con su sensibilidad estas se registró en una hoja de cálculo del programa Excel, en donde se registró la puntuación de cada familia de acuerdo con el valor de la tabla 6-3. Finalmente se realizó la sumatoria en cada estación de monitoreo obteniendo el valor del índice. Para determinar la calidad de agua que presenta el río Warintz se basó en la tabla 7-3.

Tabla 6-3: Puntajes de las familias de macroinvertebrados para el índice BMWP/Col

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

Fuente: Roldán, 2003, p.31.

Realizado por: Otavalo, Marvin, 2022.

Tabla 7-3: Clases de calidad de agua, valores BMWP/Col, significado y colores

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

Fuente: Roldán, 2003, p.32.

Realizado por: Otavalo, Marvin, 2022.

3.5. Comparación de los índices

Para la comparación del Índice Biological Monitoring Working Party Colombia (BMWP/Col) y el índice de calidad de agua de la Fundación Nacional de Saneamiento (ICA-NSF) se utilizó el Análisis de Correspondencia Canónico ya que dicho análisis relaciona variables ambientales con las especies ya sea por presencia, ausencia o abundancia.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Resultados del ICA-NSF en las diferentes estaciones de monitoreo

En la tabla 1-4 se muestra los resultados obtenidos mediante la aplicación del índice ICA de la NSF durante las tres campañas de monitoreo (diciembre 2021, enero y febrero 2022). En el mes de diciembre en las cuatro estaciones correspondiente a PW-1, PW-2, PW-3 Y PW-4 presentan valores de 73,72; 73,02; 71,48; 66,80 respectivamente, encontrándose dentro de una clasificación de calidad de agua BUENA.

En la estación PW-1 los parámetros que mayor influyen en la disminución de la calidad es los fosfatos, coliformes fecales y la saturación de oxígeno, en la estación PW-2 y PW-3 parámetros como fosfatos y coliformes disminuyen la calidad del agua y finalmente en la estación PW-4 el incremento de coliformes fecales y los fosfatos reducen el valor del índice.

En el segundo mes de monitoreo en las estaciones PW-1, PW-2 y PW-3 arrojan valores de 65,71; 68,36 y 65,12 ubicándose en el rango de calidad MEDIA de agua y en el punto PW-4 presenta un valor de 71,66 clasificándose como calidad de agua BUENA. En EL PW-1 y PW-2 el incremento de coliformes fecales y de los fosfatos disminuyen el valor del índice de calidad del agua, mientras que, en la estación PW-3 la disminución está relacionada con los coliformes fecales y en menor medida con los fosfatos, finalmente en la estación PW-4 la disminución del valor del índice se relaciona con el incremento del fósforo, coliformes fecales, saturación de oxígeno y la demanda bioquímica de oxígeno.

En la última campaña de monitoreo correspondiente al mes de febrero en las estaciones PW-1, PW-2 y PW-3 se muestran valores de 60,58; 66,50; 61,04 manteniendo dentro del rango de calidad MEDIA del agua, sin embargo, en la última estación correspondiente al PW-4 presenta un valor de 71,04 catalogada como calidad de agua BUENA. En las estaciones PW-1, PW-2 y PW-3 no se obtienen valores máximos por la presencia de fosfatos, nitratos y el aumento los coliformes fecales, por último, en la estación PW-4 la disminución del índice está relacionada en mayor medida con los fosfatos, coliformes fecales y en menor medida los nitratos y la demanda bioquímica de oxígeno.

Tabla 1-4: Resultados del ICA-NSF en las diferentes estaciones de monitoreo

Parámetro	Unidad	Peso	Diciembre				Enero				Febrero			
			Estación PW-1	Estación PW-2	Estación PW-3	Estación PW-4	Estación PW-1	Estación PW-2	Estación PW-3	Estación PW-4	Estación PW-1	Estación PW-2	Estación PW-3	Estación PW-4
Oxígeno disuelto	%	0,17	120	119	120	123	122,90	123,20	122,10	124,50	124,50	125,10	124,10	123,50
Coliformes fecales	UFC/100ml	0,15	4	16	20	42	100	150	450	10	90	140	460	27
pH	-	0,12	7,10	7,05	7,07	7,06	7,36	7,42	7,20	7,26	7,44	7,40	7,52	7,15
DBO	mg/L	0,10	1,2	1,4	1,6	5,9	3,67	3,17	2,85	4,68	3,23	2,95	2,81	2,75
Nitratos	mg/L	0,10	0,8	0,9	0,8	0,8	2,1	2,3	1,2	1,1	0,40	0,60	1,90	0,55
Fosfatos	mg/L	0,10	1,21	0,69	0,95	0,72	0,68	1,64	0,80	0,99	2,75	1	1,31	1,05
Temperatura	°C	0,10	21,10	20,80	21	20,80	19,30	19,20	21,30	21,10	20,40	19,50	21,40	21,70
Turbiedad	NTU	0,08	1,33	1,51	1,43	1,72	1,71	1,14	0,73	0,71	0,82	1,10	2,43	0,50
Solidos disueltos totales	mg/L	0,08	79	84	76	152	35,30	32,70	32,20	31,80	41,90	32,80	34,80	35,40
VALOR			73,72	73,02	71,48	66,80	65,71	60,36	65,12	71,66	60,58	66,50	61,04	71,04
CLASIFICACIÓN			Buena	Buena	Buena	Media	Media	Media	Media	Buena	Media	Media	Media	Buena

Realizado por: Otavalo, Marvin, 2022.

4.2. Resultados del índice BMWP/Col en las diferentes estaciones de monitoreo

– Estación PW-1

En la tabla 2-4 se muestra los resultados del índice BMWP/Col, durante las tres campañas de monitoreo correspondiente a la estación PW-1 se obtuvo un total de 10 órdenes pertenecientes a 14 familias de macroinvertebrados acuáticos. Familias que mayor puntuación tuvieron fueron el *Perlidae* y *Gomphidae* y familia como *Chironomidae* tuvo una menor puntuación. En los meses de diciembre 2021, enero y febrero de 2022 se obtuvo un valor de 71, 63 respectivamente, encontrándose dentro de la clase II con aguas ligeramente contaminadas y con una calidad de agua ACEPTABLE

Tabla 2-4: Resultados del Índice BMWP/Col en la estación PW-1

ESTACIÓN PW-1								
N	Orden	Familia	Diciembre	BMWP /Col	Enero	BMWP /Col	Febrero	BMWP /Col
1	Coleoptera	Gyrinidae	1	9			1	9
2		Elmidae					1	6
3	Trichoptera	Calamoceratidae	1	8			1	8
4		Leptoceridae			1	8		
5	Hemiptera	Naucoridae	1	7	1	7	1	7
6		Veliidae	1	7	1	8	1	8
7	Plecoptera	Perlidae	1	10			1	10
8	Ephemeroptera	Leptohyphidae	1	7	1	7		
9		Baetidae			1	7	1	7
10	Annelida	Glossosomatidae	1	7				
11	Odonata	Gomphidae	1	10	1	10		
12	Megaloptera	Corydalidae	1	6	1	6	1	6
13	Diptera	Chironomidae			1	2	1	2
14	Crustácea	Pseudothelphusidae			1	8		
TOTAL					71		63	63
CLASE					II		II	II
CALIDAD					Aceptable		Aceptable	Aceptable

Realizado por: Otavalo, Marvin, 2022.

– Estación PW-2

Los resultados del índice BMWP/Col se presenta en la tabla 3-4, recolectando un total de 8 órdenes pertenecientes a 14 familias de macroinvertebrados durante las tres campañas de monitoreo correspondiente a la estación PW-2. Familias que mayor puntuación tuvieron en esta estación fueron los *Perlidae* y *Gomphidae*; mientras que las de menor puntuación fueron los *Ceratopogonidae* y *Tipulidae*. En el mes de diciembre 2021, enero y febrero 2022 se obtuvo en valores de 61, 63, 61 con clase II catalogada como agua ACEPTABLE.

Tabla 3-4: Resultados del Índice BMWP/Col en la estación PW-2

ESTACIÓN PW-2								
N	Orden	Familia	Diciembre	BMWP /Col	Enero	BMWP /Col	Febrero	BMWP /Col
1	Trichoptera	Leptoceridae	1	8	1	8	1	8
2		Philopotamidae	1	9	1	9		
3		Hydropsychidae			1	7	1	7
4	Plecoptera	Perlidae	1	10			1	10
5	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	1	9	1	9		
6		Leptohyphidae					1	7
7		Baetidae			1	7	1	7
8	Hemiptera	Naucoridae	1	7	1	7	1	7
9	Odonata	Libellulidae					1	6
10		Gomphidae			1	10		
11	Coleoptera	Elmidae	1	6			1	6
12	Megaloptera	Corydalidae	1	6	1	6		
13	Diptera	Ceratopogonidae	1	3				
14		Tipulidae	1	3			1	3
TOTAL				61		63		61
CLASE				II		II		II
CALIDAD				Acceptable		Acceptable		Acceptable

Realizado por; Otavalo, Marvin, 2022.

– Estación PW-3

Los resultados del índice BMWP/Col de la estación PW-3 se muestran en la tabla 4-4, se colectaron un total de 9 órdenes pertenecientes a 14 familias de macroinvertebrados en las tres campañas de monitoreo obteniendo una mayor puntuación familias como *Perlidae*, *Leptoceridae* y *Calamoceratidae*, mientras que familias como *Glossiphoniidae*, *Tipulidae* y *Chironomidae* obtuvieron puntajes más bajos. Durante los tres meses consecutivos se obtuvieron un valor de 61,

66 y 64 con clase II catalogadas como aguas ligeramente contaminadas y con una calidad de agua ACEPTABLE.

Tabla 4-4: Resultados del Índice BMWP/Col en la estación PW-3

ESTACIÓN PW-3								
N	Orden	Familia	Diciembre	BMWP /Col	Enero	BMWP /Col	Febrero	BMWP /Col
1	Trichoptera	Hydropsychidae	1	7	1	7		
2		Calamoceratidae	1	8			1	8
3		Leptoceridae			1	8	1	8
4	Plecoptera	Perlidae	1	10	1	10		
5	Ephemeroptera	Baetidae	1	7	1	7	1	7
6		Leptohiphidae			1	7	1	7
7	Hemiptera	Naucoridae	1	7	1	7	1	7
8	Megaloptera	Corydalidae	1	6	1	6	1	6
9	Odonata	Libellulidae					1	6
10		Gomphidae	1	10			1	10
11	Coleoptera	Elmidae			1	6		
12	Annelida	Glossiphoniidae	1	3	1	3		
13	Diptera	Tipulidae	1	3	1	3	1	3
14		Chironomidae			1	2	1	2
TOTAL				61		66		64
CLASE				II		II		II
CALIDAD				Aceptable		Aceptable		Aceptable

Realizado por; Otavalo, Marvin, 2022.

– Estación PW-4

La tabla 5-4 muestra los resultados del índice BMWP/Col en las tres campañas de monitoreo correspondiente a la estación PW-4. Se colectaron un total de 7 órdenes pertenecientes a 14 familias de macroinvertebrados acuáticos, las familias con mayor puntuación fueron; *Perlidae* y *Gomphidae*, mientras que, con menor puntuación fue el *Chironomidae*. En los tres meses correspondientes a diciembre de 2021, enero y febrero de 2022 se obtuvo un valor de 61, 62 y 64 encontrándose dentro de la clase II con aguas ligeramente contaminadas con una calidad de agua ACEPTABLE.

Tabla 5-4: Resultados del Índice BMWP/Col en la estación PW-4

ESTACIÓN PW-4								
N	Orden	Familia	Diciembre	BMWP /Col	Enero	BMWP /Col	Febrero	BMWP /Col
1	Trichoptera	Hydropsychidae	1	7	1	7	1	7
2		Leptoceridae					1	8
4	Plecoptera	Perlidae	1	10	1	10		
5	Ephemeroptera	Baetidae	1	7	1	7	1	7
6		Leptohyphidae	1	7	1	7	1	7
7	Hemiptera	Naucoridae	1	7	1	7	1	7
8		Veliidae					1	8
9	Megaloptera	Corydalidae	1	6	1	6	1	6
10		Sialidae	1	6			1	6
11	Odonata	Libellulidae	1	6	1	6	1	6
12		Coenagrionidae			1	7		
13	Diptera	Chironomidae	1	2	1	2	1	2
14		Tipulidae	1	3	1	3		
TOTAL				61		62		64
CLASE				II		II		II
CALIDAD				Acceptable		Acceptable		Acceptable

Realizado por: Otavalo, Marvin, 2022.

Tabla 6-4: Composición taxonómica de los macroinvertebrados durante las tres campañas de monitoreo

N°	Clase	Orden	Familia
1	Insecta	Plecoptera	Perlidae
2		Odonata	Libellulidae
3			Gomphidae
4			Coenagrionidae
5		Ephemeroptera	Leptophlebiidae
6			Leptohyphidae
7			Baetidae
8		Trichoptera	Leptoceridae
9			Philopotamidae
10			Hydropsychidae
11			Calamoceratidae
12		Hemiptera	Naucoridae
13			Veliidae
14		Coleoptera	Elmidae
15			Gyrinidae
16		Diptera	Tipulidae
17			Chironomidae
18			Ceratopogonidae
19		Megaloptera	Corydalidae
20			Sialidae
21	Hirudinea	Annelida	Glossiphoniidae
22			Glossossomatidae
23	Artrópoda	Crustácea	Pseudothelpusidae

Realizado por: Otavalo, Marvin, 2022.

La clasificación de los macroinvertebrados presentes en el río Warintz se muestran en la tabla 6-4. Durante el periodo de estudio se encontraron 23 familias de macroinvertebrados acuáticos, la clase más diversa es la Insecta representada con 8 órdenes, la clase insecta es la más numerosa debido a que su habitación son los sistemas acuáticos y que pueden vivir tanto en aguas limpias como en aguas contaminadas, estos procesan la materia orgánica, reciclan nutrientes y son fuente de alimento para los peces y otras especies.

El mayor número de familias se colectaron en la parte alta del río, mientras que, en la parte baja en menor cantidad, siendo así que, órdenes como; Plecoptera de la familia *Perlidae*, Odonata de

la familia *Gomphidae*, Ephemeroptera de la familia *Leptophlebiidae*, Trichoptera de la familia *Leptoceridae* y *Calamoceratidae* reciben mayor puntuación dentro del BMWP/Col, esto debido a que son característicos de aguas muy limpias ya que se desarrollan en aguas loticas y correntosas y bien oxigenadas por ende son buenos indicadores de calidad de aguas oligotróficas (Roldán 1996, pp. 20-148).

Las familias tales como: *Chironomidae*, *Tipulidae*, *Ceratopogonidae*, de la orden Diptera; *Glossiphoniidae* de la orden Annelida son característicos de aguas contaminadas, viven en aguas quietas o de poco movimiento, toleran ambientes enriquecidos de carga orgánica residual (Forero et al., 2013, p.381) y reciben una puntuación baja en el BMWP/Col.

4.3. Resultados de la comparación de los índices

En el gráfico 1-4 se evidencia los resultados del análisis canónico de correspondencia (AAC) mostrando 4 agrupaciones. En la primera se evidencia una fuerte correlación entre la variable fosfatos con la estación PW-1 y con géneros como *Gyrinidae* y *Pseudothelpusidae*. En la segunda agrupación se correlacionan variables como turbidez con familias de macroinvertebrados como *Elmidae* y *Gomphidae*. En la tercera agrupación muestras una correlación la variable de coliformes fecales con familias como *Glossiphoniidae* y *Tipulidae* y a estas se asocia la estación PW-3. Finalmente, en la cuarta agrupación correlacionan variables como sólidos disueltos totales, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno y temperatura con familias se *Sialidae* y *Coenagrionidae* junto a la estación PW-4. Las otras familias de macroinvertebrados restantes no tienen ninguna correlación con parámetros fisicoquímicos y microbiológico ni estación de monitoreo.

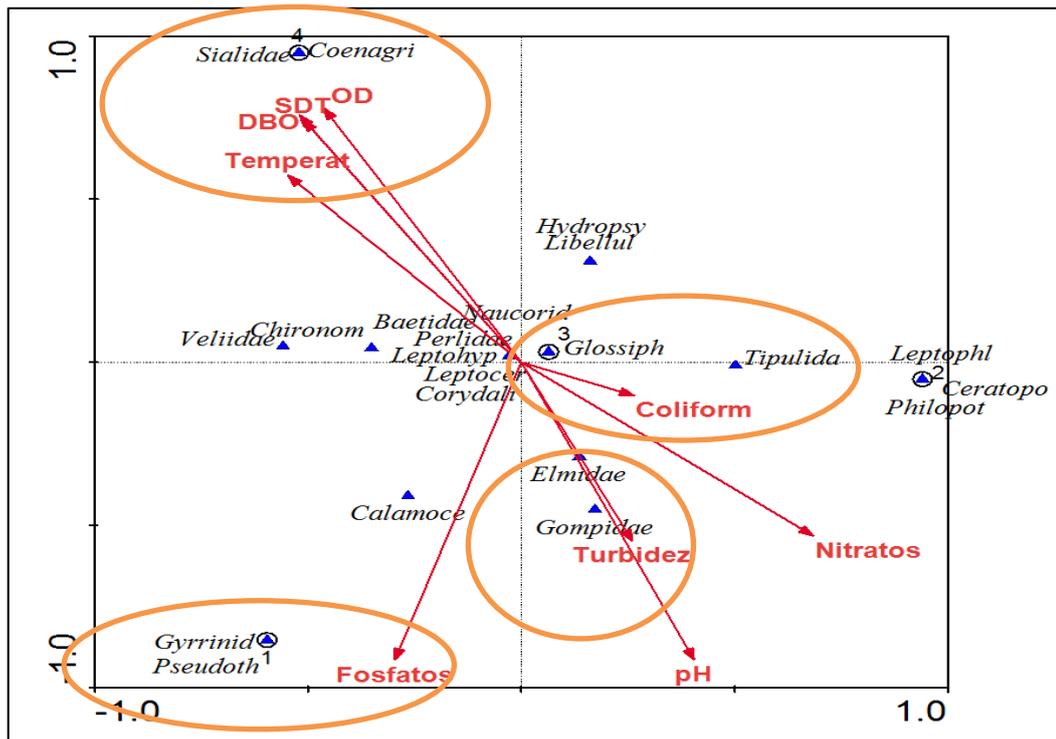


Gráfico 1-4: Resultado del ACC de parámetros fisicoquímico y macroinvertebrado

Realizado por: Otavalo, Marvin, 2022.

CONCLUSIONES

- Se evaluó la calidad del agua en base al índice BMWP/Col, obteniendo como promedio general en las estaciones PW-1, PW-2, PW-3 y PW-4 una calidad de agua ACEPTABLE con clase II catalogada como aguas ligeramente contaminadas. A lo largo de las tres campañas se identificaron un total de 10 órdenes pertenecientes a 23 familias de macroinvertebrados.
- Se determinó la calidad del agua del río Warintz por medio del índice ICA de la NSF obteniendo como resultado general en las cuatro estaciones de monitoreo una calidad de agua MEDIA, presentando variaciones temporales poco significativas durante todo el periodo de estudio, los parámetros que tienen mayor influencia en la calidad de agua en las cuatro estaciones de monitoreo son los fosfatos con un 24,33% seguido de los coliformes fecales con un 22% y en menor medida la DBO con un 5,5% seguido por los nitratos con un 5,33%.
- Se realizó la comparación entre los índices biológico (BMWP/Col) y las fisicoquímicas (ICA-NSF) mediante el análisis canónico de correspondencia obteniendo tres agrupaciones demostrando la correlación entre parámetros como; temperatura, DBO, SDT, OD, fosfatos, coliformes fecales y turbidez con familias de macroinvertebrados como *Glossiphoniidae*, *Tipulidae*, *Gyrinidae*, *Pseudothelphusidae*, *Elmidae*, *Gomphidae*, *Sialidae* y *Coenagrionidae*

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudios de todo el río integrando índices biológicos, fisicoquímicos y ecológicos ya que la aplicación de estas metodologías ayudara a obtener resultados más confiables.
- En cuanto a índices fisicoquímicos realizar monitoreos por periodos largos y en estaciones lluviosas y secas con la finalidad de llevar un mejor control para una mejor toma de decisiones en cuanto a la conservación de este recurso hídrico.
- Implementar programas de educación ambiental a los pobladores de las comunidades aledañas al río Warintz con el propósito de dar a conocer sobre las consecuencias del uso inadecuado de las fuentes hídricas.
- Se recomienda implementar un Plan de Manejo Ambiental para la conservación y recuperación de esta fuente hídrica que es utilizada para diferentes actividades tales como balneario.
- A las autoridades del GAD de la parroquia Limón Indanza, tomar en consideración la implementación de un sistema de alcantarillado, ya que la disminución de la calidad del agua del río Warintz podría estar atribuida con la infiltración de aguas negras provenientes de los pozos sépticos de las comunidades Yawi y Warintza.

BIBLIOGRAFÍA

AGUIRRE, Maritza, VANEGAS, Eddi & GARCÍA, Nanci. “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), pp. 39–43. [Consulta: 15 noviembre 2021]. ISSN-1010-2760. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v25n2/rcta06216.pdf>.

ALBA, Javier. “Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos”. *IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA), Almería*, vol. 2, no. 9 (1996), (Granada) pp. 202–213.

ARANGO, María, ÁLVAREZ, Luisa, ARANGO, Gloria, TORRES, Orlando & MONSALVE, Asmed. “Calidad del agua de las Quebradas la Cristalina y la Risaralda, San Luis, Antioquia”. *Revista EIA* [en línea], 2008, (Colombia) 1(9), pp. 121–141. [Consulta: 15 noviembre 2021]. ISSN 1794-1237. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n9/n9a10.pdf>.

ARIJA, Carmen. “Taxonomía, Sistemática y Nomenclatura, herramientas esenciales en Zoología y Veterinaria”. *Revista Electrónica de Veterinaria* [en línea], 2012, (España) 13(7), pp. 1–10. [Consulta: 17 noviembre 2021]. ISSN 1695-7504. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/636/63624404021.pdf>

ARROYO, Carolina & ENCALADA, Andrea. “Evaluación de la calidad de agua a través de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos en ríos tropicales en bosque de Neblina Montano”. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías* [en línea], 2009 (Ecuador) 1(1), pp. 11–16. [Consulta: 21 noviembre 2021]. ISSN 1390-5384. Disponible en: <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/issue/view/3/3>

ASAMBLEA NACIONAL-REPÚBLICA DEL ECUADOR. *Ley orgánica de los recursos hídricos, usos y aprovechamiento de agua* [en línea]. Quito-Ecuador: s/n, 2014 [Consulta: 21 diciembre 2021]. Disponible en: <http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Ley-Orgánica-de-Recursos-Hídricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf>.

AZNAR, Antonio. “Determinación de los parámetros fisicoquímicos de calidad de las aguas”. *Gestión Ambiental*, vol. 2, no. 23 (2000), (España) pp. 12–19.

AZUERO, Ángel. “Significatividad del marco metodológico en el desarrollo de proyectos de investigación”. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía* [en línea], 2019, (Venezuela) 4(8), pp. 110–127. [Consulta: 21 noviembre 2021]. ISSN 2542-3088. DOI 10.35381/r.k.v4i8.274. Disponible en: <https://fundacionkoinonia.com.ve/ojs/index.php/revistakoinonia/article/view/274/html>

BAIRD, Rodger, EATON, Andrew & RICE, Eugene. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 23 ed. Washington-Estados Unidos, 2017, pp. 11-165.

BROWN, Robert, MCLELLAND, Nina, DEININGER, Rolf & TOZER, Ronald. “A water quality index-do we dare?”. *Water and Sewage Works*, vol. 117, no. 10 (1970), (Nigeria) pp. 339–343.

BUENAÑO, Marcia, VÁSQUEZ, Carlos, ZURITA, Hernán, PARRA, Giovana & PÉREZ, Ruth. “Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua en la cuenca del Pachanlica, provincia de Tungurahua, Ecuador”. *Intropica*, [en línea], 2018, (Colombia) 13(1), pp. 41–49. [Consulta: 21 noviembre 2021]. ISSN 1794-161X. DOI 10.21676/23897864.2405. Disponible en: <https://revistas.unimagdalena.edu.co/index.php/intropica/article/view/2405/1758>

CAHO, Carlos & LÓPEZ, Ellie. “Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI”. *Producción más limpia*, vol. 12, no. 2 (2017), (Colombia) pp. 35–49. DOI 10.22507/pml.v12n2a3.

CARÍSSIMO, María, CERO, Patricia, FONALLERAS, María, SILVA, Paula & GIORDANO, María. *Ecosistema acuático*. Buenos Aires-Argentina: Instituto Nacional de Formación de docentes, 2001. ISBN 978-950-00-0987-4. pp. 15-20.

CARRERA, Carlos & FIERRO, Karol. *Manual de monitoreo de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua* [en línea]. Quito-Ecuador: EcoCiencia, 2001. [Consulta: 21 diciembre 2021]. Disponible en: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=56374>.

CARRILLO, María & URGILÉS, Paola. Determinación del Índice de calidad de agua ICA-NSF de los ríos Mazar y Pindilig (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad de Cuenca, Cuenca – Ecuador. 2009. p. 1

CASTRO, Mario, ALMEIDA, Juniel, FERRER, Julio & DIAZ, Daissy. 2014. “Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global”. *Ingeniería Solidaria*, vol. 10, no. 17 (2014), (Colombia) pp. 111–124. ISSN 1900-3102. DOI 10.16925/in.v9i17.811.

CEPAL. *Diagnóstico de las estadísticas del Agua en el Ecuador*. Quito - Ecuador: s/n, 2019, p. 14

CHACÓN, Katherine. Evaluación de la calidad del agua del río Copueno, tramo Paccha-Jardín del Upano, mediante macroinvertebrados bentónicos [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Macas – Ecuador. 2017. pp. 1-35. [Consulta: 5 diciembre 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* [en línea]. Quito-Ecuador: s/n, 2015. [Consulta: 21 diciembre 2021]. Disponible en: <https://www.cosede.gob.ec/wp-content/uploads/2019/08/CONSTITUCION-DE-LA-REPUBLICA-DEL-ECUADOR.pdf>.

CRUZ, Vicente, GALLEGO, Enrique & GONZÁLEZ, Luis. 2008. *Sistema de evaluación de Impacto Ambiental*. Madrid-España: s/n, 2008, pp. 7-36.

DAS, J. and ACHARYA, B. “Hydrology and assessment of lotic water quality in Cuttack City, India”. *Water, Air, and Soil Pollution*, vol. 150, (2003), (India) pp. 163–175. ISSN 00496979. DOI 10.1023/A:1026193514875.

ECOFUIDOS INGENIEROS S.A. *Estudio de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y por uso doméstico y agroquímicos en Apurímac y Cusco*. Lima-Perú: s/n, 2012, pp. 10-13.

ELOSEGI, Arturo & SABATER, Sergi. *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. España: Rubes Editorial, 2009. ISBN 9788496515871, pp. 26-71

ENCINAS, María. *Medio Ambiente y contaminación principios básicos*. España: s/n, 2011. ISBN 9788461511457, p. 46

FERNÁNDEZ, Alicia. “El agua: un recurso esencial”. *Química Viva* [en línea], 2012, (Argentina) 11(3), pp. 147–170. [Consulta: 4 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>.

FLACSO. *GEO Ecuador 2008: Informe sobre el estado del medio ambiente*. Quito - Ecuador : s/n, 2008. ISBN 9789978671894, pp. 55-68.

FORERO, Adriana, REINOSO, Gladys & GUTIÉRREZ, Carolina. “Evaluación de la calidad del agua del río Opía (Tolima-Colombia) mediante macroinvertebrados acuáticos y parámetros fisicoquímicos”. *Caldasia*, vol. 35, no. 2 (2013), (Colombia) pp. 371–387. ISSN 03665232.

FORERO, Laura, LONGO, Magnolia, RAMÍREZ, John & CHALAR, Guillermo. “Índice de calidad ecológica con base en macroinvertebrados acuáticos para la cuenca del río Negro (ICE RN-MAE), Colombia”. *Revista de Biología Tropical*, vol. 62, no. 2 (2014), (Colombia) pp. 233–247.

GARCÍA, Cristina. “Parámetros fisicoquímicos del agua”. *PV Albeitar*, vol. 45, (2013), (España) pp. 1–4.

GARCÍA, Juan, SARMIENTO, Luisa, SALVADOR, Manuel & PORRAS, Lina. “Uso de bioindicadores para la evaluación de la calidad del agua en ríos: aplicación en ríos tropicales de alta montaña”. *UGCiencia*, vol. 23, (2017), (Colombia) pp. 47–62. ISSN 2346-0814.

GONZÁLEZ, Cesar, VALLARINO, Adriana, PÉREZ, Juan & LOW, Antonio. *BIOINDICADORES: Guardianes de nuestro futuro ambiental* [en línea]. Chiapas-México: ECOSUR, 2014. [Consulta: 21 diciembre 2021]. Disponible en: <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/11/Bioindicadores-Guardianes-de-nuestro-futuro-ambiental.pdf>.

GUADARRAMA, Rosendo, KIDO, Juan, ROLDAN, Gustavo & SALAS, Marco. “Contaminación del agua”. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, vol. 2, no. 5 (2016), (España) pp. 1–10.

GUTIERREZ, José & SANCHEZ, Luis. *Medio Ambiente y desarrollo sostenible*. [en línea]. Lima-Perú: s/n, 2009. [Consulta: 21 noviembre 2021]. Disponible en: http://files.uladech.edu.pe/docente/17817631/mads/Sesion_1/Temas%20sobre%20medio%20a

mbiente%20y%20desarrollo%20sostenible%20ULADECH/14._Impacto_ambiental_lectura_2009_.pdf

IRIONDO, José. “Taxonomía y conservación: dos aproximaciones a un mismo dilema”. *Portugaliae Acta Biologica*, vol. 19, no. 1 (2000), (España) pp. 1–7. ISSN 0874-9035.

LEDESMA, Claudia, BONANSEA, Matías, RODRIGUEZ, Claudia & SÁNCHEZ, ÁNGEL. “Determinación de indicadores de eutrofización en el embalse Río Tercero, Córdoba (Argentina)”. *Revista Ciencia Agronómica* [en línea], 2013, (Argentina) 44(3), pp. 419–425. [Consulta: 21 diciembre 2021]. ISSN 1806-6690. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/rca/a/mBw9jQZ43cXVShJPBrvnTQs/?lang=es&format=pdf>.

ILDEFONSO, Arana, BALAREZZO, Víctor, ERASO, Héctor, PACHECO, Francisco, RAMOS, Carolina, MUZO, Ruth & CALVA, Carla. “Calidad del agua de un río andino ecuatoriano a través del uso de macroinvertebrados”. *Cuadernos de Investigación UNED*, vol. 8, no. 1 (2016), (Ecuador) pp. 69–75.

LOZANO, Mónica. Determinación de la calidad del agua mediante el uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores en la microcuenca del río Guanganza Chico de la provincia de Morona Santiago (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Macas - Ecuador. 2019. pp. 1-42.

MACHADO, Verónica, GRANDA, Roberto & ENDARA, Alexandra. “Análisis de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos para evaluar la calidad del agua del río Sardinas, Chocó Andino Ecuatoriano”. *Enfoque UTE*, vol. 9, no. 4 (2018), (Ecuador) pp. 154–167. ISSN 1390-9363.

MARÍN, Rafael. *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos*. Madrid-España: Diaz de Santos, 2003. ISBN 9786074813906, pp.15-16.

MERINO, Karla. Determinación de la calidad de agua mediante el uso de diatomeas bentónicas en el tramo Padre Carollo-Paus, del Río Blanco. Parroquia Río Blanco, cantón Morona provincia de Morona Santiago [en línea] (Trabajo de titulación) (ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Macas-Ecuador. 2018. pp. 21-46. [Consulta: 15-11-2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10558/1/236T0417.pdf>.

MEZA, Ana, RUBIO, Juliana, DIAS, Lucimar & WALTEROS, Jeymmy. “Calidad de agua y composición de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta del río Chinchiná”. *Caldasia*, vol. 34, no. 2 (2012), (Colombia) pp. 443–456. ISSN 0366-5232.

MINAN. *Agua y alimento*. Lima-Perú: Gráfica39 S.A.C, 2016, pp. 15-16.

MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR. *Acuerdo Ministerial 097-A*. Quito-Ecuador: s/n, 2015. pp. 6-9.

MIRANDA, Carla. 2018. Evaluación de la calidad del agua mediante macroinvertebrados en el tramo Padre Carollo-Paus de la microcuenca Hidrografía del río Blanco, Morona Santiago (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador. 2018. pp. 1-10.

MORENO, Daniela, QUINTERO, Jacqueline & LÓPEZ, Armando. 2010. “Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia”. *Contactos*, vol. 78, (2010), (México) pp. 25–33.

NANNAVECCHIA, Paula. Contaminación antrópica de los cuerpos de agua. Estudio de su efecto sobre organismos del fitoplancton a escala ecológica y de bioensayos de laboratorio (Trabajo de titulación) (Doctorado). Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires – Argentina. 2016. pp. 144-146.

NARANJO, Juan & LÓPEZ, Pedro. “Biological Monitoring Working Party, un Índice biótico con potencialidades para evaluar la calidad de las aguas en ríos Cubanos”. *Ciencia en su PC*, no. 2 (2013), (Cuba) pp. 15–25.

NTE INEN 2169. *Agua, Calidad de agua, Muestreo Manejo y Conservación de Muestras*.

OSEJOS, Miguel. MERINO, Monserrate, MERINO, Martín & SOLIS, Jaime. 2020. “Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua de la parte céntrica del río Jipijapa – Ecuador”. *Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento*, vol. 4, no. 4 (2020), (Ecuador) pp. 454–467. DOI 10.26820/recimundo/4.(4).octubre.2020.454-467.

PDOT. *Plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial De San Miguel de Conchay*. Limón-Ecuador: s/n, 2015. pp. 43-46.

POSSELT, E. & COSTA, A. *Programa de Mestrado em Sistemas e Processos Industriais PPGSPI, UNISC* [blog]. [Consulta: 7 enero 2022]. Disponible en: <https://www.unisc.br/pt/2016-09-19-20-55-20/iqadata>.

POZO, A., RIBEIRO, A., GARCÍA, M., GARCÍA, L., GUINEA, D. & SANDOVAL, F. “Sistema de Posicionamiento Global (GPS): descripción, análisis de errores, aplicaciones y futuro”. *Mundo eléctrico*, no. 306 (2000), (España) pp. 54–59.

PRADO, Vanesa. Estado de la Calidad del Agua del río Teaone (Cuenca baja entre la Termoeléctrica y la desembocadura del río Esmeraldas, Sector de la Propicia 1 (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas. Esmeraldas-Ecuador. 2015. pp. 1-2.

PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. *Código Orgánico del ambiente*. [en línea]. Quito-Ecuador: s/n, 2017. [Consulta: 21 diciembre 2021]. Disponible en: https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf.

ROLDÁN, Gabriel. *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Bogotá-Colombia: Universidad de Antioquia, 1996. pp. 10-210.

ROLDÁN, Gabriel. *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia*. Medellín-Colombia: Universidad de Antioquia, 2003. pp. 8-40.

ROLDÁN, Gabriel. “Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica”. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, vol. 40, no. 155 (2016), (Colombia) pp. 254–274. DOI 10.18257/raccefyn.335.

ROLDÁN, Gabriel & RAMÍREZ, John. *Fundamentos de limnología neotropical*. 2da ed. Medellín-Colombia: Universidad de Antioquia, 2008. ISBN 9789587141443 958714144X. pp. 19-339.

ROMERO, Nabhi. “Importancia y utilidad de los bioindicadores acuáticos”. *Biodiversidad Colombia*, vol. 5, no. 7 (2015), (Colombia) pp. 39–48.

RUBIO, Héctor, ORTIZ, Roberto, QUINTANA, Rey, SAUCEDO, Rubén, OCHOA, Jesús & REY, Nora. “Índice De Calidad De Agua (Ica) En La Presa La Boquilla En Chihuahua, México”. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, vol. 1, no. 2 (2014), (México) pp. 139–150. ISSN 2007-9028.

SAMANEZ, Iris, RIMARACHIN, Vania, PALMA, Carlos, ARANA, Jerry & ORTEGA, Hernán. *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú*. Lima-Perú: Zona Comunicaciones S.A.C., 2014. ISBN: 978-612-4174-15-5. pp. 37-40.

SAMBONI, Natalia, CARVAJAL, Yesid & ESCOBAR, Juan. “Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua”. *Revista de Ingeniería e Investigación*, vol. 27, no. 3 (2007), (Colombia) pp. 172–181.

SECRETARÍA DEL AGUA. *Estrategia Nacional de Calidad del Agua*. [en línea]. Quito-Ecuador: s/n, 2016. [Consulta: 6 diciembre 2021]. Disponible en: https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua_2016-2030.pdf.

SEGURA, Luis. Estudio de antecedentes sobre la contaminación hídrica en Colombia (Trabajo de titulación) (Técnico). Escuela Superior de Admisión Pública ESAP. Colombia. 2007. pp. 5-6.

SIERRA, Carlos. *Calidad del Agua. Evaluación y diagnóstico*. Medellín-Colombia: Universidad de Medellín, 2011. ISBN 9788578110796. pp. 29-400.

SPRINGER, Mónica. “Biomonitoreo acuático”. *Revista de Biología Tropical*, vol. 58, no. 4 (2010), (Costa Rica) pp. 53–59. ISSN 0034-7744.

TORRES, Patricia, CRUZ, Camilo & PATIÑO, Paola. “Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizada en la producción de agua para consumo humano”. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, vol. 8, no. 15 (2009), (Colombia) pp. 79–94.

UNESCO. *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019: No dejar a nadie atrás*. Italia- París: WWAP, 2019. ISBN 978-92-3-300108-4, pp. 12-20.

UNESCO. *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020: Agua y cambio climático.* Italia-París: WWAP, 2020. ISBN 978-92-3-300136-7, pp. 19-30.

UNESCO. *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2021. El valor del agua.* [en línea]. Italia-París: WWAP, 2021. [Consulta: 6 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.elagoradiario.com/wp-content/uploads/2021/03/375751spa.pdf>.

VARGAS, Lidia. *Tratamiento de agua para consumo humano Plantas de filtración rápida.* Lima-Perú: CEPIS/OPS, 2004, pp. 1-54.

VÁSCONEZ, Michelle, MANCHENO, Andrea, ÁLVAREZ, Cesar, PREHN, Claudia, CEVALLOS, Carina & ORTIZ, Liliana. *Cuenca Hidrográficas.* Cuenca-Ecuador: Abya-Yala, 2019. ISBN 978-9978-10-380-7, pp. 50-70.

VICUÑA, B., AMOR, A. & ESCUDERO, A. *El Río, aspectos limnológicos.* Salamanca-España: s/n, 1983. pp. 11-15.

VILLASANTE, José. “Tipos de contaminación, sus fuentes y efectos en el estuario de Santoña”. *Monte Buciero*, vol. 5, (2000), (España pp). 211–224. ISSN 1138-9680.



ANEXOS

ANEXO A: INSTRUMENTO PARA LA TOMA DE PUNTOS DE MUESTREO



ANEXO B: HOMOGENIZACIÓN DEL RECIPIENTE



ANEXO C: TOMA Y ETIQUETADO DE MUESTRAS DE AGUA



ANEXO D: EQUIPOS PARA MEDIR PARAMETROS INSITU



ANEXO F: MEDICION DE PARAMETROS INSITU



ANEXO G: RECOLECCIÓN DE MACROINVERTEBRADOS





ANEXO H: ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE MUESTRAS



ANEXO I: ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AGUA Y RECONOCIMIENTO DE MACROINVERTEBRADOS





ANEXO J: FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS MÁS ABUNDANTES



Hydropsichidae



Naucoriade



Leptohiphidae



Chironomidae



Vellidae



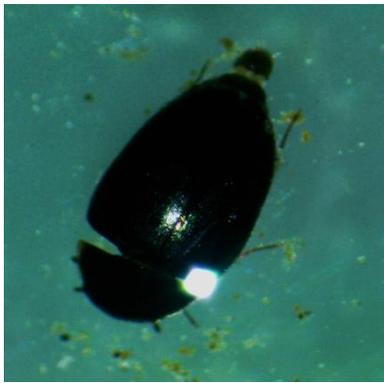
Pegaloptera Sialidae



Corydalidae



Cristace pseudothelpusidae



Coleoptera girinidae



Perlidae



Beatidae



Glossiphoniidae



Ephemeroptera leptophebiidae



Ceratopogonidae



Trichoptera Leptoceridae



Coleptera Elmidae



Odonata gomphidata



Odonata Coenagrionidae



Libellulidae



Calamoceratidae



epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 05 / 09 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Marvin Leonel Otavalo Chiriapa
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Ambiental
Título a optar: Ingeniero Ambiental
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS
Y RECURSOS DEL APRENDIZAJE
E INVESTIGACIÓN
Ing. Jonathan Barrera Cepellón MSc.
ANALISTA DE BIBLIOTECA

1575-DBRA-UTP-2022