



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

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO LUPIQUE
DE LA COMUNIDAD JIMBITONO, MEDIANTE LA
IDENTIFICACIÓN DE MACRO INVERTEBRADOS BENTÓNICOS
COMO BIOINDICADORES

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR: DAVID MESÍAS JIMÉNEZ TORRES

DIRECTOR: Ing. PATRICIO VLADIMIR MENDEZ ZAMBRANO Mgs.

Macas – Ecuador

2022

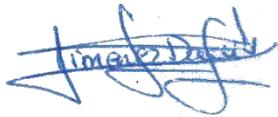
© 2022, David Mesías Jiménez Torres

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, DAVID MESÍAS JIMÉNEZ TORRES, 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, 07 de junio de 2022



David Mesías Jiménez Torres

050359003-6

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

El Tribunal de Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO LUPIQUE DE LA COMUNIDAD JIMBITONO, MEDIANTE LA IDENTIFICACIÓN DE MACRO INVERTEBRADOS BENTÓNICOS COMO BIOINDICADORES**, realizado por el señor: **DAVID MESÍAS JIMÉNEZ TORRES**, 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. Ximena Rashell Cazorla Vinueza Mgs. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-06-07
Ing. Patricio Vladimir Méndez Zambrano Mgs. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-06-07
Ing. Miguel Ángel Osorio Rivera Mgs. MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2022-06-07

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de titulación a mi familia, que de manera incondicional me estuvieron apoyando a lo largo de mi vida no solamente en lo personal sino también a nivel académico, de manera particular le dedico este logro a mi fallecido hermano Darío Ismael Torres Chacón a quien respeto y quiero, concluyo diciendo que esto lo he logrado con sacrificio, dedicación y confiando en Dios.

David

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la vida y el privilegio haber cumplido esta meta en mi vida, a mis padres Patricia y Manuel por su amor y apoyo, a mis tíos primos y amigos que estuvieron ahí para ayudarme he impulsarme a mejorar, finalmente agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por darme la oportunidad de formarme como profesional.

David

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
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 Teóricas.....	6
2.2.1. <i>Cuenca hidrográfica</i>	6
2.2.1.1. <i>Componentes de una cuenca Hidrográfica</i>	6
2.2.2. <i>Ecosistemas Acuáticos</i>	7
2.2.2.1. <i>Sistemas Lóticos</i>	7
2.2.2.2. <i>Sistemas Lénticos</i>	7
2.2.2.3. <i>Humedales</i>	7
2.2.2.4. <i>Embalses</i>	8
2.2.3. <i>Contaminación del agua</i>	8
2.2.3.1. <i>Principales contaminantes del recurso agua</i>	8
2.2.4. <i>Índice de calidad de agua</i>	9
2.2.5. <i>Tipos de índices para la evaluación de la calidad del agua</i>	9
2.2.5.1. <i>ICA según Horton</i>	9
2.2.5.2. <i>ICA de Oregon (OWQI)</i>	10

2.2.5.3.	<i>ICA Según Dinius</i>	10
2.2.6.	<i>Ventajas y limitaciones de los índices de calidad de agua</i>	10
2.2.7.	<i>Índice de Calidad de agua (ICA-NSF)</i>	11
2.2.8.	<i>Parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua</i>	12
2.2.8.1.	<i>Coliformes Fecales</i>	12
2.2.8.2.	<i>Potencial de hidrógeno (PH)</i>	12
2.2.8.3.	<i>Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)</i>	12
2.2.8.4.	<i>Oxígeno Disuelto</i>	13
2.2.8.5.	<i>Nitratos</i>	13
2.2.8.6.	<i>Fosfatos</i>	13
2.2.8.7.	<i>Temperatura</i>	14
2.2.8.8.	<i>Turbidez</i>	14
2.2.8.9.	<i>Sólidos Totales</i>	14
2.2.9.	<i>Tipos de muestras de agua.</i>	15
2.2.9.1.	<i>Muestra simple o puntual</i>	15
2.2.9.2.	<i>Muestra compuesta</i>	15
2.2.9.3.	<i>Muestra integrada</i>	15
2.2.10.	<i>Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua</i>	15
2.2.11.	<i>Tipos de bioindicadores acuáticos</i>	15
2.2.11.1.	<i>Macrófitas</i>	16
2.2.11.2.	<i>Algas</i>	16
2.2.11.3.	<i>Perifiton</i>	16
2.2.12.	<i>Características de los macroinvertebrados como bioindicadores</i>	17
2.2.13.	<i>Modos de vida de los macroinvertebrados acuáticos</i>	17
2.2.13.1.	<i>Neuston</i>	17
2.2.13.2.	<i>Necton</i>	18
2.2.13.3.	<i>Bentos</i>	18
2.2.14.	<i>Hábitats en los que se desarrollan los macroinvertebrados</i>	19
2.2.15.	<i>Métodos de recolección de macroinvertebrados</i>	21
2.2.15.1.	<i>Métodos de recolección cualitativos</i>	21
2.2.15.2.	<i>Métodos de recolección cuantitativos</i>	21
2.2.16.	<i>Adaptaciones Alimenticias de los macroinvertebrados acuáticos</i>	22
2.2.16.1.	<i>Herbívoros</i>	23
2.2.16.2.	<i>Carnívoros</i>	23
2.2.16.3.	<i>Detritívoros</i>	23
2.2.17.	<i>Índices biológicos enfocados en la determinación de la calidad del agua</i>	24

2.2.17.1.	<i>Índice BMWP/Col (Biological Monitoring Working Party para Colombia)</i>	24
2.2.17.2.	<i>Índice de Habitad Fluvial (IHF)</i>	24
2.2.17.3.	<i>Índice Ephemeroptera, Plecóptero, Trichoptera (EPT)</i>	25
2.2.18.	Base legal	25
2.2.18.1.	<i>Constitución de la República del Ecuador</i>	25
2.2.18.2.	<i>Ley Orgánica De Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua</i>	26
2.2.18.3.	<i>Acuerdo ministerial No. 061</i>	27
2.2.18.4.	<i>Acuerdo ministerial 097- A.</i>	27
2.3.	Definición de conceptos	28
2.3.1.	<i>El Agua</i>	28
2.3.2.	<i>Río</i>	28
2.3.3.	<i>Calidad del agua</i>	28
2.3.4.	<i>Monitoreo</i>	28
2.3.5.	<i>Muestra</i>	29
2.3.6.	<i>Indicadores Biológicos o Bioindicadores</i>	29
2.3.7.	<i>Macroinvertebrados Dulceacuícolas</i>	29
2.3.8.	<i>Taxonomía</i>	29
2.3.9.	<i>Eutrofización</i>	30
2.3.10.	<i>Análisis Clúster (AC)</i>	30

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	31
3.1.	Tipo de investigación	31
3.2.	Localización del área de estudio	31
3.3.	Selección de los puntos de muestreo	32
3.4.	Puntos de muestreo	32
3.5.	Materiales y equipos	34
3.5.1.	<i>Materiales y Equipos utilizados para el muestreo del río Lupique</i>	34
3.5.2.	<i>Materiales y equipos de laboratorio</i>	34
3.6.	Obtención de muestras	35
3.6.1.	<i>Análisis fisicoquímicos y microbiológicos</i>	36
3.7.	Cálculo del índice de calidad de agua ICA-NSF	38
3.8.	Muestreo de macroinvertebrados	40
3.8.1.	<i>Fase de campo</i>	40
3.8.2.	<i>Fase de laboratorio</i>	41

3.9.	Cálculo de índice BMWP/Col	41
------	----------------------------------	----

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS.....	43
4.1.	Descripción de los puntos de muestreo.....	43
4.2.	Resultados de los parámetros ICA-NSF.....	45
4.2.1.	<i>Temperatura (AT)</i>	45
4.2.2.	<i>Turbidez</i>	46
4.2.3.	<i>Potencial de Hidrógeno (pH)</i>	47
4.2.4.	<i>Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)</i>	48
4.2.5.	<i>Nitratos (mg/L)</i>	49
4.2.6.	<i>Fosfatos (mg/L)</i>	50
4.2.7.	<i>Sólidos disueltos totales (TDS por su siglas en ingles)</i>	51
4.2.8.	<i>Oxígeno Disuelto (OD)</i>	52
4.2.9.	<i>Coliformes fecales (UFC/100 ml)</i>	53
4.3.	Resultados del ICA-NSF.....	55
4.4.	Resultados del índice BMWP/Col.....	56
4.5.	Comparación entre los índices ICA-NSF y BMWP/Col	59
4.6.	Resultados del análisis canónico de correspondencia (CCA).....	61
	CONCLUSIONES.....	63
	RECOMENDACIONES.....	65
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Ventajas y desventajas presentadas por los índices de calidad de agua	111
Tabla 2-2:	Diversos hábitats donde se desarrollan los macroinvertebrados	20
Tabla 1-3:	Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo	33
Tabla 2-3:	Materiales y equipos usados para la recolección y preservación de las muestras .	34
Tabla 3-3:	Materiales y equipos utilizados en laboratorio	35
Tabla 4-3:	Procedimiento para la toma de muestras	36
Tabla 5-3:	Métodos estándar para el análisis fisicoquímico y microbiológico	37
Tabla 6-3:	Parámetros fisicoquímicos y factor de ponderación ICA- NSF	39
Tabla 7-3:	Calificación del agua según el ICA (NSF)	40
Tabla 8-3:	Puntajes de las familias de macroinvertebrados según el índice BMWP/COL	42
Tabla 9-3:	Valores de referencia para la calidad de agua BMWP-COL	42
Tabla 1-4:	Calidad del agua del río Lupique según el ICA-NSF	55
Tabla 2-4:	Calidad del agua según el índice biológico BMWP/Col	57
Tabla 3-4:	Comparación de resultados entre los índices IC-NSF y BMWP/Col	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Macroinvertebrados representativos de la familia Neuston	188
Figura 2-2:	Macroinvertebrados representativos de la familia Necton.....	18
Figura 3-2:	Macroinvertebrados representativos de la familia Bentos	19
Figura 4-2:	Métodos de recolección de macroinvertebrados	22
Figura 1-3:	Ubicación del tramo de estudio con los puntos de muestreo	33
Figura 1-4:	Primer punto de muestreo (PML-1)	43
Figura 2-4:	Segundo punto de muestreo (PML-2).....	44
Figura 3-4:	Tercer punto de muestreo (PML-3)	45

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-4:	Resultados del cambio de temperatura	46
Gráfico 2-4:	Resultados de la turbidez.....	47
Gráfico 3-4:	Resultados del potencial de hidrógeno (pH)	48
Gráfico 4-4:	Resultados de la demanda bioquímica de oxígeno.....	49
Gráfico 5-4:	Resultados de los nitratos	50
Gráfico 6-4:	Resultados de los fosfatos	51
Gráfico 7-4:	Resultados de los sólidos disueltos totales	52
Gráfico 8-4:	Resultados del oxígeno disuelto	53
Gráfico 9-4:	Resultados de los coliformes fecales	54
Gráfico 10-4:	Análisis canónico de correspondencia.....	61
Gráfico 11-4:	Análisis jerárquico.....	62

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** TOMA DE MUESTRAS DE AGUA Y MACROINVERTEBRADOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO.
- ANEXO B:** ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS IN SITU Y EX SITU
- ANEXO C:** PRINCIPALES MACORINVERTEBRADOS ENCONTRADOS E IDENTIFICADOS EN EL AREA DE ESTUDIO
- ANEXO D:** CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO
- ANEXO E:** CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDAD ACUÁTICA Y SILVESTRE
- ANEXO F:** RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO
- ANEXO G:** RESULTADOS ICA-NSF DEL *SOFTWARE* IQA

RESUMEN

El objetivo principal fue la evaluación de la calidad del agua del río Lupique de la comunidad Jimbitono mediante la identificación de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores, además de la determinación de la calidad del agua mediante el índice ICA-NSF que evalúa parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Se determinaron tres puntos de muestreo en un tramo de río de tres kilómetros, después se realizaron los muestreos en un período de tres meses noviembre, diciembre (2021) y enero (2022), se tomaron muestras de agua en cada punto y se siguió los procedimientos de análisis descritos en el *Standard Methods* tanto en campo como en laboratorio determinado los 9 parámetros del ICA-NSF, para la recolección de los macroinvertebrados se utilizó una red D-net misma que se adapta a los diferentes sustratos e irregularidades del cuerpo hídrico, las muestras recolectadas fueron trasladadas al laboratorio donde fueron identificadas taxonómicamente. Los resultados obtenidos del índice biológico BMWP/Col demostraron que en la estación PML-1 se obtuvo una calidad de agua BUENA, en la estación PML-2 y PML-3 la calidad de agua decayó a ACEPTABLE, el índice ICA-NSF mostro que en las estaciones PML-1 y PML-2 la calidad del agua es REGULAR y en la estación PML-3 varia la calidad entre REGULAR en las dos primeras estaciones y BUENA en la tercera, dejando como resultado un agua no apta para consumo humano, pero puede ser usada para fines agrícolas. Mediante el análisis de los parámetros en el *software* IQA-data se determinó que los coliformes fecales es el parámetro que más influyo para el deterioro de la calidad del agua, mismo que pudo ser debido a las lluvias presentadas en los meses de noviembre y diciembre. Se recomienda a las autoridades limitar las descargas de aguas residuales o domésticas sobre el río o a vertientes conectadas al mismo.

Palabras clave: < MORONA SANTIAGO >, < ÍNDICE ICA-NSF >, < ÍNDICE BIOLÓGICO BMWP/COL >, < BIOMONITOREO >, < CONTAMINACIÓN >, < BIOINDICADORES >.

LEONARDO
FABIO
MEDINA
NUSTE

Firmado digitalmente por LEONARDO
FABIO MEDINA NUSTE
Nombre de reconocimiento (DN):
c=EC, o=BANCO CENTRAL DEL
ECUADOR, ou=ENTIDAD DE
CERTIFICACION DE INFORMACION-
ECIBCE, j=QUITO,
serialNumber=0000621485,
cn=LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE
Fecha: 2022.06.15 10:39:14 -05'00'



1242-DBRA-UTP-2022

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the water quality in the river Lupique, located in Jimbitono community, through the ICA-NSF index based on the physicochemical and microbiological parameters and also to identify the benthic macroinvertebrates as bioindicators. Three sampling locations were determined in a three kilometers-river section, and then samplings could be performed in a period of three months November, December (2021) and January (2022). Water samples were taken from each location and followed the analysis procedures indicated in the Standard Methods both in the field and in laboratory. Once the ICA-NSF 9 parameters were determined to collect the macroinvertebrates, D-net was used, and it adapted to various substrates and body's water irregularities; samples were brought to the laboratory to be taxonomically identified. The results obtained from the BMWP/Col biological index, showed that it was obtained a GOOD water quality value in PML-1 plant, decreased to ACCEPTABLE in PML-2 and PML-3 plants. ICA-NSF index showed that water quality is REGULAR in PML-1 and PML-2 plants; instead in PML-3, water quality is GOOD, so that the results reveal that water unfitS for human consumption but can be used for agricultural purposes. By analyzing the IQA-data software parameters, it was determined that faecal coliforms were the main cause of the water quality and probably that was because of the rains within the months of November and December. It is recommended that the authorities take control and limit the discharge of wastewater or domestic wastewater in the river or in the slopes connected to it.

Keywords: <MORONA SANTIAGO>, <ICA-NSF INDEX>, <BMWP/COL BIOLOGICAL INDEX>, <BIOMONITORING>, <CONTAMINATION>, <BIOINDICATORS>.



Firmado electrónicamente por:

**JESSICA
VALENTINA
GALIMBERTI .**

INTRODUCCIÓN

El agua es el recurso de mayor presencia en el planeta y el más importante, siendo vital para el desarrollo de la vida, también es una de las fuerzas que siempre interviene en los cambios que la superficie del planeta experimenta (Chow et al. 1994, p.1), por lo que este recurso desenvuelve un papel protagónico en la evolución de diversas civilizaciones que se beneficia de él y que puede provenir de ríos, lagos o acuíferos, por lo que el ser humano influye directa o indirectamente sobre los ecosistemas acuáticos (Jiménez et al. 2010, p. 11).

La gestión adecuada de este recurso implica un desafío, ya que sin agua no existiría las sociedades, la economía, la cultura y la vida, aunque el agua es un tema de orden mundial los problemas y las soluciones que se plantean son de carácter local (Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2010, p.1), es así que se considera al agua el recurso natural de mayor vulnerabilidad por lo que se han desarrollado metodologías que permitirán evaluar su calidad, la mayoría se fundamenta en el análisis de parámetros fisicoquímicos, pero también se pueden destacar la calidad de los organismos que se desarrollan y viven en los cuerpos hídricos revelando sus condiciones ecológicas (Herrera, 2005, p. 55).

Metodologías como el índice de calidad biológica enfocado en la identificación de macroinvertebrados como bioindicadores, evalúa la tolerancia que tienen a la contaminación antrópica (Naranjo & Pedro, 2013, p. 16), también el ICA-NSF que se basado en el análisis de 9 parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, determinando la fragilidad del cuerpo hídrico ante amenazas potenciales (Rodríguez & Barrera 2017, p.37), evidenciando los cambios en el ambiente acuático e identifica las alteraciones que pudieran presentarse, además de evidenciar la variación en la estructura de los macroinvertebrados ligado a la contaminación antrópica (Montoya, et al. 2011, p.195).

Los cuerpos hídricos en el Ecuador son muy extensos y representativos, ríos como el Guayas, Esmeraldas, Napo y Pastaza, se contaminan principalmente por las aguas residuales sin tratamiento (IANAS, 2019, p.284), es así que el deterioro de la calidad del agua en el Ecuador es notorio ya que los cuerpos hídricos localizados por debajo de los 2000 metros sobre el nivel del mar (msnm) están contaminados debido a actividades antrópicas de diversos orígenes convirtiéndose en un problema que presenta daños permanentes no solo para la salud humana sino también a los ecosistemas (Isch, 2011, p.7).

En la amazonia ecuatoriana la calidad del agua está en constante amenaza debido a actividades extractivas de petróleo, la agroindustria, deforestación y la falta de tratamiento de las aguas residuales (Pérez et al. 2016, p.9), además actividades como la sobreexplotación del agua causan el deterioro y la baja disponibilidad del mismo, siendo evidentes en ríos que antes presentaban mayores caudales y baja contaminación, además de ser el elemento central en el equilibrio de los ecosistemas y ciclos ecológicos (Foro de los Recursos Hídricos, 2013, pp.9-10).

Por tal motivo el objetivo fundamental de esta investigación es la evaluación de la calidad del agua del río Lupique de la comunidad Jimbitono que tiene una población de 250 habitantes los mismos que se dedican principalmente a la agricultura, ganadería y la piscicultura (Landeta, 2014, p.15), por tal motivo sus aguas son de importancia para el desarrollo de la comunidad tanto a nivel ambiental, social y económico (Lozano, 2019, p.3).

La presente investigación técnica se encuentra conformada por cuatro capítulos, los mismo que se componen de los siguientes temas, el capítulo uno trata sobre el diagnóstico del problema en el que se analiza la calidad del agua del río Lupique, en el segundo capítulo se desarrolla la revisión de la literatura referente a la calidad del agua y los índices de calidad ICA-NSF y BMWP/Col, el tercer capítulo trata sobre la metodología que se utilizara para el desarrollo de la investigación, en el cuarto capítulo se exponen los resultados obtenidos de la investigación para finalmente detallar las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

A nivel mundial el agua es víctima de su condición debido a su capacidad para transformarse, fluir y auto depurarse en estado natural, debido a ello se ha utilizado este recurso para hacer el trabajo sucio, es decir deshacerse de desechos contaminantes generados por el hombre, por lo que más del 50 % de los países en vías de desarrollo están expuestos a fuentes hídricas contaminadas que según la ONU mata cada año a más gente que cualquier conflicto (FONAG, 2018, p. 7).

En países en vías de desarrollo se estima que menos del 5 % de las aguas residuales urbanas o domésticas reciben algún tipo de tratamiento adecuado, para que puedan ser liberadas al medio ambiente (UNESCO, 2019, p. 17), usando los cuerpos hídricos como receptores de contaminantes sin previo tratamiento generados en los poblados, zonas industriales, por actividades agropecuarias y escurrientías (Fernández et al. 2017, p. 42).

A nivel nacional la contaminación de los cuerpos hídricos es muy alta por lo que solo el 79,3 % de la población tiene acceso al agua libre de patógenos como el E.coli, en análisis más detallados muestran que del total de la población en el Ecuador el 84,6% del área urbana consume agua no contaminada y el 15,4 % consume agua contaminada, en las zonas rurales se estima que el 31,8% beben aguas contaminadas (Andrade & Peña, 2018, p. 46).

En la provincia de Morona Santiago se ubican las cuencas hídricas de los ríos Pastaza, Morona y Santiago, las mismas que son receptoras de contaminación generada en provincias ubicadas en cuencas altas ya que descargan sus aguas residuales sin tratar en los causes del Pastaza, Paute y Santiago (PDOT, 2011, p. 72), además las actividades extractivas de petróleo y mineras son la principal causa del deterioro de las cuencas amazónicas y estas a sus vez son asociadas al incremento de enfermedades por metales pesados y al aumento en el deterioro y destrucción de bosques y páramos (Buitrón, 2009, p. 141).

En la provincia de Morona Santiago se encuentra la comunidad de Jimbitono perteneciente a la parroquia General Proaño del cantón Morona en donde se realizó la evaluación de la calidad del agua del río Lupique, para lo cual se hizo tres muestreos entre los meses de noviembre, diciembre y enero, identificando tres puntos a lo largo del tramo de estudio para determinar qué calidad del agua tiene el río que es de importancia para el desarrollo de esta comunidad.

Cabe mencionar que la comunidad no cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales, ni alcantarillado sanitario en todas las zonas de la comunidad, lo que causa que el río Lupique pueda ser receptor de contaminación antrópica, por tal motivo, mantener una buena calidad de las aguas superficiales para que se preserve su flora y fauna naturales y de esta manera

mantenerla apta para cualquier uso que el hombre pueda darle o destinarle debe ser el objetivo durante una gestión adecuada de cualquier cuenca hídrica (Peñañiel, 2014, p. 15).

Por tal motivo el estudio para la determinación de la calidad del agua del río Lupique servirá para aportar información actualizada, como una línea base que permita implementar medidas de manejo y control, siendo una herramienta de apoyo para aquellas investigaciones en las que se pretende evaluar el nivel de contaminación de cualquier cuerpo hídrico y mediante ellas se tome medidas preventivas y/o correctivas, para garantizar el bienestar de los ecosistemas y del humano consecuentemente (Pucuna, 2020, p. 4).

1.1. Objetivos de la Investigación

1.1.1. Objetivo General

Evaluar la calidad del agua del río Lupique de la comunidad Jimbitono perteneciente a la parroquia General Proaño, mediante la identificación de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Evaluar la calidad del agua del río Lupique, en el tramo de la comunidad Jimbitono mediante la identificación de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores.
- Evaluar la calidad del agua del río Lupique mediante la aplicación del índice ICA -NSF
- Correlacionar las familias de macroinvertebrados encontrados con los resultados fisicoquímicos y microbiológicos para la determinación de la calidad de agua.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. Antecedentes

A nivel mundial, es evidente que la calidad del agua ha decaído debido a las modificaciones en el modo de vida de las poblaciones y el aumento demográfico, es así que los contaminantes también se han ido modificando llegando a ser más complejos, afectando directamente a la salud humana y causando pérdidas importantes en los ecosistemas (IANAS, 2019, pp. 12-13).

La generación de contaminantes de origen antrópico y naturales hacia los cuerpos hídricos causan una limitación en su aprovechamiento y uso, es así que para diagnosticar de forma rápida a nivel mundial se han desarrollado los índices de calidad del agua, resaltando el ICA-NSF desarrollado por Brown en 1970 para ríos de Estados Unidos pero es ampliamente adaptable a ríos de todo el mundo, determinando la calidad del agua para consumo humano (Torres et al. 2010, p. 87), para complementar los ICA se han desarrollado métodos biológicos enfocados en el uso de macroinvertebrados acuáticos debido a su alta capacidad para reaccionar a las alteraciones antrópicas de su hábitat (Torralba, 2008, p. 16).

Es así que investigaciones realizadas en torno a la evaluación de la calidad del agua mediante la utilización de macroinvertebrados como bioindicadores se ha extendido en Latinoamérica, Pastran (2017, p. 111) en su tesis evaluó la calidad del agua del río Suárez de Boyacá Colombia mediante la identificación de macroinvertebrados bentónicos, llegando a la conclusión de que las aguas de éste río se encuentra en estado crítico presentando altos índices de contaminación por desechos sólidos y orgánicos.

En el Ecuador la aplicación del índice de calidad del agua se ha extendido, por ejemplo Mora (2018, p. 32) evaluó la calidad del agua mediante el uso de macroinvertebrados en el río Sálma de Atacames usando el índice biológico BMWP/Col, se realizó éste estudio en un período de 6 meses de junio hasta agosto de 2017 recolectando las muestras de macroinvertebrados en los tres puntos de monitoreo escogidos, luego de evaluar su taxonomía y familia dieron como resultado una calidad de agua entre buena y muy buen.

García et al, (2021, p. 124) aplicó el índice de calidad de agua ICA en 9 ríos de Santo Domingo de los Tsachilas durante los años 2015-2017 para lo cual se identificaron 26 puntos para el muestreo, dando como resultado una calidad de agua entre buena y mala. Peñafiel (2014, p. 69) evaluó la calidad del agua del río Tomebamba de la ciudad de Cuenca utilizando los índices de calidad de agua ICA y el ICA-NSF en un período de 9 meses demostrando así mediante análisis que el río disminuye su calidad conforme avanza por el tramo de estudio dando una calidad de agua regular y mala en algunos puntos de muestreo.

En Morona Santiago se han realizado varios estudios para determinar la calidad del agua aplicando los índices ICA y BMWP entre ellas podemos mencionar a Miranda (2018, p. 47) en su tesis evaluó la calidad del agua de la microcuenca del río Blanco utilizando el método BMWP para la identificación de macroinvertebrados como bioindicadores, realizando tres muestreos y concluyendo que la calidad del agua de esta microcuenca es aceptable y demostrando que el uso de macroinvertebrados es una herramienta efectiva para medir los impactos antrópicos.

Cárdenas (2020, pp. 88-89) y Méndez (2020, p. 744) utilizaron el índice ICA –NSF para la evaluación de la calidad del agua, por una parte Cárdenas evaluó la microcuenca del río Tutanangoza ubicado en los cantones Sucúa y Morona de la provincia de Morona Santiago durante un período de tres meses obteniendo una calidad de agua entre regular y dudosa, por otra parte Méndez determinó la calidad del agua del río Copueno ubicado en la ciudad de Macas durante los meses de octubre, noviembre, diciembre y enero de los años 2019- 2020, una vez evaluado los parámetros se determinó que este río tiene una calificación de mala, afectado principalmente por descargas directas de aguas residuales.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Cuenca hidrográfica

Una cuenca hidrográfica no es más que una formación topográfica natural por la que se descarga el agua proveniente de las precipitaciones o nevados de gran altura formando un curso de agua o un sistema de agua principal por la que el agua obtiene una salida y el caudal sea descargado hacia las cuencas de menor tamaño (Vásconez et al., 2019, pp. 15-16).

2.2.1.1. Componentes de una cuenca Hidrográfica

Una cuenca hidrográfica posee los siguientes componentes:

- *Subcuencas*: Son microcuencas que drenan a una cuenca principal, tienen un caudal que varía con el tiempo pero pueden ser permanentes (Gálvez, 2011, p. 9).
- *Microcuencas*: Es aquella área en la que el agua converge o llega a una cuenca, en otras palabras una microcuenca es la división de una subcuenca (Gálvez, 2011, p. 9).
- *Cuenca Alta*: Ubicada en áreas de gran altura en las que podemos encontrar sistemas montañosos o cerros, aquí se forman los cuerpos de agua y es el origen de las escorrentías que se dan una vez que el suelo haya retenido u absorbido el agua suficiente para llenar su capacidad de campo (Cárdenas, 2020, p. 4).

- *Cuenca media*: Es el área donde confluyen todas aquellas aguas que se unen en causas superiores y en donde la cuenca principal permanece con un caudal determinado (Gálvez, 2011, p. 10).
- *Cuenca Baja*: Zona en la que el río descarga a ríos principales, estuarios o humedales que están ubicados en líneas bajas (Gálvez, 2011, p. 10).

2.2.2. *Ecosistemas Acuáticos*

Son todos aquellos ecosistemas que se encuentran formados por algún cuerpo hídrico, ya sea de agua dulce o marina.

Los ecosistemas acuáticos son unidades ecológicas que son el resultado de la interacción entre los elementos bióticos y abióticos, que forman las fuentes o cuerpos hídricos, dentro del elemento biótico tenemos a los organismos vivos, y en el elemento abiótico tenemos componentes fisicoquímicos e inclusive los geológicos, en otras palabras es el lugar donde interactúan y coexisten los organismos vivos (CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017, p. 6).

En el planeta existen diferentes ecosistemas acuáticos entre los cuales podemos diferenciar los siguientes:

2.2.2.1. *Sistemas Lóticos*

Son aquellos cuerpos de agua que se encuentran en constante movimiento, fluyen rápido y unidireccionalmente, entran en ésta categoría los ríos, arroyos y manantiales (Jaque & Potocí, 2015, pp. 6-7).

2.2.2.2. *Sistemas Lénticos*

Se caracterizan por poseer aguas calmadas o hasta cierto punto quietas y de bajo caudal, entre ellas tenemos a los lagos, pantanos, estanques y embalses (Jaque & Potocí, 2015, pp. 6-7).

2.2.2.3. *Humedales*

Los humedales son aquellas áreas que se encuentran gran parte del año inundadas de agua, entre sus características principales, sus aguas permanecen estancadas, son de flujo lento y reversible

ya que este mismo flujo puede ir desde un río hacia un humedal o al contrario, en su estación seca pierde agua mediante evaporación (Jaque & Potocí, 2015, pp. 6-7).

2.2.2.4. Embalses

se forman por el represamiento de ríos, se les considera ecosistemas acuáticos mixtos ya que sus aguas son corrientes como los ríos y lentas como los lagos (Jaque & Potocí, 2015, pp. 6-7).

2.2.3. Contaminación del agua

La contaminación de un cuerpo hídrico es la incorporación de sustancias o energías la cual tiene como consecuencia el daño a los organismos vivos de los ecosistemas, efectos adversos a la salud del hombre e interponiéndose a las libres actividades acuáticas, económicas y de abastecimiento (Sierra, 2011, p. 47).

Es por ello que la contaminación del agua es un problema que aumenta cada día y que se le considera uno de los peores a nivel ambiental (Fernandez, 2012, p. 1).

Sin embargo Cualquier cuerpo hídrico podrá auto depurar sus aguas de un contaminante diluyéndolo siempre que el contaminante ya sea de residuos urbanos, agrícolas o industriales no se encuentre en cantidades superiores a la capacidad del cuerpo de agua (Vélez, 2015, p. 8).

2.2.3.1. Principales contaminantes del recurso agua

los cuerpos de agua generalmente son contaminados con materiales orgánicos, hidrocarburos, pesticidas, bacterias, desechos generados en la industria y residuos domésticos (Medina & Andrade, 2009, p. 11), según Vélez (2015, p. 9) a estos contaminantes los podemos clasificar en:

- *Físicos*: Son aquellos que alteran el aspecto visual del agua, su olor y sabor, estos contaminantes pueden flotar o inclusive sedimentarse en el lecho acuático y de ésta forma interrumpir con los procesos de la flora y fauna, algunos de éstos contaminantes pueden mezclarse con el agua y por lo tanto degradar la calidad del agua.
- *Químicos*: Alteran la composición química del agua, al encontrarse diluidos en el medio acuoso, puede tener su origen en aquellas descargas de procesos industriales, agrícolas y actividades urbanas, por lo que éste tipo de descargas los hace idóneos para movilizar los contaminantes que pueden ser inorgánicos u orgánicos. Entre los contaminantes inorgánicos más frecuentes tenemos los sulfatos, nitratos, cloruros y carbonatos mismos que son la principal causa de la eutrofización en los cuerpos hídricos siendo el responsable de impedir el paso de la luz solar a través del agua causando que la flora marina no pueda realizar la fotosíntesis que a su vez causa la falta de oxigenación en el agua.

- *Biológicos*: Cuando hablamos de contaminantes biológicos nos referimos a aquellos organismos biológicos presentes en cualquier cuerpo de agua como los protozoos, parásitos, bacterias, hongos y virus que son la principal causa de enfermedades que afectan a las personas y animales, siendo las aguas residuales su principal fuente de origen.

2.2.4. Índice de calidad de agua

La calidad del agua puede ser determinada mediante índices que se han ido desarrollando para este fin, llegando a ser un instrumento esencial para determinar la calidad del agua de cualquier cuerpo hídrico.

El índice de calidad de agua (ICA) reúne datos de varios parámetros tanto fisicoquímicos como biológicos todo dentro de una ecuación matemática que evalúa el estado de contaminación de una fuente de agua, es por ello que el índice puede ser representado no solo por un número sino también por una descripción verbal, un color o un símbolo (Rodríguez & Barrera, 2017, p. 37).

El ICA siendo un instrumento de carácter multidisciplinario permite evidenciar las variaciones tanto espaciales como temporales de la calidad del agua de cuerpos hídricos ubicados en zonas de conflicto, colaborando con la comunicación al público y evidenciando la falta de conciencia (García et al. 2021, p. 118), el ICA simplifica el resultado de una amplia variedad de parámetros en un resultado simple que sea de fácil entendimiento no solo para las personas naturales sino también para técnicos y administradores ambientales (Torres et al. 2009, p. 82).

Actualmente la existencia de una gran variedad de índices o metodologías para la determinación de la calidad del agua, permite identificar ciertas diferencias entre ellas, la principal es la forma de cálculo y los parámetros que se utilizan (Rodríguez & Barrera 2017, p. 37).

2.2.5. Tipos de índices para la evaluación de la calidad del agua

A lo largo de los años se han desarrollado índices que ayudan y facilitan la determinación o evaluación de la calidad de agua de un cuerpo hídrico entre las más aplicadas tenemos:

2.2.5.1. ICA según Horton

Este ICA es el primero en proponer una metodología matemática para determinar el estado global de una cuenca hídrica superficial.

El ICA de Horton propone calcular patrones o condiciones de contaminación antrópica en los cuerpos hídricos, mediante diez variables que abarca las más comunes, entre ellas están coliformes fecales, PH, oxígeno disuelto, conductividad, alcalinidad, temperatura y contenido de cloruro, este ICA se utilizó con el propósito de evidenciar los cambios tanto físicos como químicos que ocurren en los cuerpos hídricos (Castro et al. 2014, pp. 114-115).

2.2.5.2. ICA de Oregón (OWQI)

Desarrollado en Estados Unidos y utilizado en Oregón por el departamento ambiental.

Este ICA resalta debido a su diseño que permite comparar la calidad del agua en los diferentes tramos de una misma cuenca hídrica o de diferentes, además es capaz de identificar y comparar en el espacio y tiempo las tendencias y condiciones de la calidad del agua, se basa en el análisis de un grupo de parámetros definidos, que genera un valor que describe la calidad del agua, el OWQI incluye variables como el oxígeno disuelto, temperatura, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos totales, pH, nitros, fosfatos totales, amonio y coliformes fecales (Castro et al. 2014, pp. 115-116).

2.2.5.3. ICA Según Dinius

Este índice a diferencia del ICA- NSF el cual se enfoca en determinar la calidad del agua solo para consumo humano, se enfoca en 5 posibles usos del agua, para agricultura, pesca y vida acuática, consumo humano, industria y recreación, Dinius recolecto información sobre la calidad del agua de diversas autoridades y de distintos niveles de variables de contaminación, una vez obtenida esta información Dinius planteo 11 ecuaciones subíndice, cada índice se calcula como una sumatoria de los subíndices dando como resultado el nivel y calidad del agua, entre un rango que va desde excelente a mala (Castro et al. 2014, p. 116).

2.2.6. **Ventajas y limitaciones de los índices de calidad de agua**

A pesar de ser una herramienta fundamental para la determinación de la calidad del agua según Torres et al (2009, p. 82) existen ventajas y limitaciones evidentes en los diferentes índices de calidad de agua los cuales se detallan en la tabla 1-2 :

Tabla 1-2: Ventajas y desventajas presentadas por los índices de calidad de agua

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Método fácil, simple y claro para pronunciar los resultados que se han obtenido en laboratorio	La información proporcionada no es completa ya que solo brinda un resumen de los datos evaluados
Demuestra la diferencia de la calidad del agua tanto espacial como temporal	No permite evaluar todos los riesgos a los que un cuerpo de agua está expuesto
Es muy útil para la determinación de la calidad del agua siendo usado de manera general.	Las diferentes y cambiantes condiciones ambientales de un cuerpo de agua en determinada región no permite una aplicación universal
Los datos son de fácil comprensión para el interesado	Los resultados obtenidos pueden perder su validez con el pasar del tiempo
Identifica las tendencias en la calidad del agua las zonas problemáticas	
Excelente medio de comunicación para el público e incrementa la sensibilización con la mejora en la calidad del agua	

Fuente: Torres, Hernán & Patiño 2009, p.82.

Realizado por: Jiménez, David, 2021.

2.2.7. Índice de Calidad de agua (ICA-NSF)

La Fundación Nacional de Saneamiento (NSF siglas en inglés) basándose en los estudios realizados por Horton con la ayuda de Brown en 1970 el índice ICA- NSF el cual tiene como base la calidad del agua destinado al consumo humano, Brown tuvo la ayuda de 142 expertos en calidad y gestión del agua originarios de diversas partes del país norteamericano (Castro et al. 2014, p. 115).

El Índice de calidad del agua NSF es el índice de mayor aplicación para la determinación de la calidad del agua ya que también da información de ciertos tramos del cuerpo de agua en estudio, es decir podemos comparar los resultados de las secciones de un río, determinando así en que sección se está produciendo algún tipo de contaminación antrópica (Pucuna, 2020, p. 14).

Para la determinación de la calidad del agua en el ICA- NSF se consideran 9 parámetros fisicoquímicos y microbiológicos los cuales son:

- Coliformes fecales (NMP/100ml)
- pH
- Demanda bioquímica de oxígeno en 5 días (DBO5 mg/L)
- Nitratos (mg /l)
- Fosfatos (mg/l)
- Cambio de temperatura (grados centígrados)
- Turbidez (NTU)

- Sólidos Totales (mg/l)
- Oxígeno disuelto (OD en % de oxígeno o mg/l)

2.2.8. Parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua

2.2.8.1. Coliformes Fecales

Las coliformes fecales en el agua son un indicador de contaminación mediante bacterias o virus, generalmente utilizado para determinar la calidad del agua potable, dentro de las coliformes resaltan bacterias anaerobias y aerobias facultativas, siendo la E.coli la bacteria más representativa ya que puede desarrollarse en condiciones de elevadas temperaturas (Durán, 2018, p. 89).

Las coliformes fecales por lo general se encuentran en las heces fecales de origen animal o humano (Sierra, 2011, p. 82), estos pueden llegar a los cuerpos hídricos mediante las descargas de aguas residuales o de desechos en su fase de descomposición, las coliformes siguen siendo hasta el día de hoy uno de los principales riesgos para la salud debido a la aportación de microorganismos patógenos que causan enfermedades para la salud humana y animal (Ortega et al. 2008, p. 88).

2.2.8.2. Potencial de hidrógeno (PH)

Es un parámetro químico que se utiliza para conocer el nivel de acidez o alcalinidad del agua, identificando la concentración del ion hidronio (Vásconez et al. 2019, p. 62), además el pH es un parámetro importante debido a que tiene la capacidad de generar cambios en los ecosistemas hídricos y de contribuir en el nivel de toxicidad de algunos compuestos entre los que destacan el amonio y metales pesados (Durán, 2018, p. 89).

2.2.8.3. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)

Los microorganismos para su desarrollo en el medio acuático necesitan de oxígeno debido a que lo utilizan para degradar, estabilizar y oxidar la materia orgánica, para determinar la DBO5 de una muestra de agua se incubaba la misma a una temperatura entre 20 y 25 °C además de luz escasa y constante, pasados los 5 días en estas condiciones se mide el nivel de oxígeno que ha sido consumido por los microorganismos (Lozano, 2019, p. 15).

A lo largo de un cuerpo hídrico la materia orgánica contenida se va degradando debido al aporte de oxígeno, pero si esta materia está en concentraciones superiores consumirá mayores cantidades de oxígeno lo que causaría la proliferación de hongos y bacterias, consumiendo así el

oxígeno necesario para el desarrollo de la flora y fauna acuática causando, elevación del pH y cambios en la calidad del agua (Lecca & Lizama, 2014, p. 75).

2.2.8.4. Oxígeno Disuelto

Es un parámetro que nos indica el nivel de oxígeno que esta disuelto en cualquier cuerpo hídrico, dando un indicio de contaminación acuática y del nivel de contribución para el crecimiento de la flora y fauna.

altos niveles de oxígeno disuelto en el agua por lo general indica un alto grado de reacciones como la fotosíntesis en la flora acuática, grandes turbulencias a lo largo del cuerpo hídrico y un gran nivel de intensidad lumínica aportan para que el nivel de oxígeno disuelto en el agua sea más alto, es claro decir que mientras más oxígeno disuelto se encuentre en el agua más saludable será el cuerpo hídrico (Durán, 2018, p. 89).

2.2.8.5. Nitratos

El uso constante de fertilizantes que llegan a los cuerpos hídricos por filtración o escorrentía así como la materia orgánica sea humana o animal son los causantes de la presencia de nitratos en el agua, por lo general los nitratos en los cuerpos hídricos suelen ser en niveles bajos pero por las causas ya expuestas puede superar esos niveles causando oxidación del amoníaco u otras fuentes similares (Samaniego, 2019, p. 28).

Según Sierra (2011, p. 72) los nitratos son la forma más oxidada del nitrógeno, misma que se forma debido a la descomposición de sustancias orgánicas nitrogenadas que por lo general son proteínas, se considera un parámetro muy importante ya que si la concentración en el agua supera los 10 mg/L puede causar enfermedades como la methahemoglobina en los niños.

2.2.8.6. Fosfatos

Los fosfatos es otro indicador de contaminación antrópica generalmente tiene su origen en detergentes sintéticos que pudieron ser vertidos a los cuerpos hídricos, estos detergentes poseen concentración de entre 12-13 % de fósforo, además es un elemento esencial para la proliferación de la eutrofización en los cuerpos hídricos (Durán, 2018, p. 89).

Los fosfatos de origen orgánico también contribuyen en la eutrofización, aumentando el proceso de bacterias aeróbicas que para su desarrollo consumen el oxígeno contenido en el agua y por lo tanto perjudica la vida de los organismos y la vida acuática en general (Samaniego, 2019, p. 28).

2.2.8.7. *Temperatura*

La temperatura del agua es muy importante para el desarrollo de los diversos fenómenos que se llevan a cabo en cualquier cuerpo hídrico, es así que intervienen en la solubilidad del oxígeno, la concentración de las sales y en aquellas reacciones biológicas mismas que deben realizarse a una temperatura óptima (Zamora, 2009, p. 127), si la temperatura del agua se encuentra por encima de los 25 °C esta puede afectar a todas las especies y organismos acuáticos al producir un incremento en su metabolismo (Vásconez et al. 2019, p. 60).

2.2.8.8. *Turbidez*

Es un parámetro físico generado por la presencia de material en suspensión en el agua debido a contaminantes o factores externos.

La turbidez es la pérdida de transparencia del agua debido a la presencia de material suspendido, este puede ser de origen natural o antrópicos, entre las antrópicas pueden ser por actividades como la minería y explotación de materiales pétreos que a sus vez causan erosión en los suelos llegando a las cuencas hídricas mediante escorrentías, las de origen natural pueden ser por deslaves o explosiones volcánicas, todo esto aumenta el nivel de concentración de la turbidez y limita el paso de la luz al lecho acuático impidiendo el libre desarrollo de los organismos y plantas acuáticas (Durán, 2018, p. 88).

2.2.8.9. *Sólidos Totales*

Las sales disueltas, minerales y partículas orgánicas e inorgánicas son los sólidos totales que se pueden encontrar en los cuerpos hídricos, este parámetro físico aporta información para relacionarlo con parámetros como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO) para obtener resultados más cercanos a la realidad (Durán, 2018, p. 89). Dicho de otra forma los sólidos totales (ST) es todo lo que contiene una muestra de agua una vez que se le haya sometido al proceso de evaporación y secado a una temperatura media de 103-105 °C (Samaniego, 2019, p. 28).

2.2.9. Tipos de muestras de agua.

2.2.9.1. Muestra simple o puntual

Es una pequeña porción de una muestra de agua tomada de un punto específico, esta nos servirá para el análisis individual del punto determinado, representando las condiciones o características temporales o espaciales del cuerpo hídrico (MINAGRI, 2016, p. 29).

2.2.9.2. Muestra compuesta

La muestra compuesta es el resultado de la mezcla de varias muestras simples homogenizadas, mismas que fueron recogidas a lo largo de un período específico de tiempo, este tipo de muestreo se lo realiza cuando se requiere determinar las condiciones promedio de un período de tiempo determinado (MINAGRI, 2016, p. 29).

2.2.9.3. Muestra integrada

Son muestras tomadas en diferentes puntos de forma simultánea, para determinar las condiciones promedio de la calidad del agua del cuerpo hídrico (MINAGRI, 2016, p. 30).

2.2.10. Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua

Son animales que no poseen huesos y pueden ser vistos sin la ayuda de algún instrumento, son esenciales en los hábitats acuáticos ya que tienen el papel principal en la cadena alimenticia y en la disgregación de la materia orgánica, es por ello que estos organismos son muy utilizados como bioindicadores, siendo los mejores indicadores para determinar el grado de contaminación del agua (Guarderas et al. 2017, p. 7).

Se los denomina macroinvertebrados debido a las dimensiones que presentan siendo su tamaño de 0,5 - 5 mm, estos organismos acuáticos pueden desarrollarse en lechos acuáticos de lagos o ríos, también pueden estar adheridos a troncos, rocas o a la vegetación que puede estar dentro del agua. (Roldán, 2016, p. 254).

2.2.11. Tipos de bioindicadores acuáticos

Los animales o la misma vegetación pueden ser considerados como bioindicadores del medio, es decir todos aquellos organismos que tienen vida, debido a que su presencia en un momento y espacio específico es el resultado a la capacidad que poseen de acoplarse a muchos factores que

afectan su entorno o ambiente, en términos científicos los bioindicadores del ambiente acuático que con su presencia o abundancia son signo de algún proceso o estado del hábitat acuático por lo que se les incluye en la determinación de la calidad del agua (Pérez et al. 2016, p. 14).

Los bioindicadores acuáticos tienen la capacidad de adaptarse a ciertas condiciones que presenta su ambiente, ya que pueden tener cierta tolerancia a la contaminación antrópica que puede sufrir su hábitat, el nivel de tolerancia puede ser diferente ya que algunos organismos presentan sensibilidad a un contaminante o a su vez intolerancia (Alba, 2014, p. 204).

Los bioindicadores son escogidos de acuerdo al tipo de monitoreo que se pretende realizar en el cuerpo hídrico (García et al. 2017, p. 50) es así que a continuación se mencionan algunos bioindicadores acuáticos más usados:

2.2.11.1. Macrófitas

Son plantas acuáticas en las que se acumula sustancia en los tejidos siendo fáciles de recolectar y ampliamente utilizadas, de esta forma se las utiliza como bioindicadores siendo plantas típicas de la zona de estudio que incluyen plantas vasculares y briofitas acuáticas, las macrófitas como bioindicadores son comunes en estudios para determinar la contaminación acuática por metales pesados analizando su acumulación en los tejidos (García et al. 2017, p. 50).

2.2.11.2. Algas

Son bioindicadores que proporcionan información del comportamiento temporal del contaminante permitiendo de esta forma evaluar los cambios ambientales a corto plazo, las algas de mayor aplicación para determinar la calidad del agua son las diatomeas que en general aportan datos sobre el contaminante (García et al. 2017, p. 50).

Las algas microscópicas (fitoplancton o diatomeas) son organismos que responden a las alteraciones antrópicas de cualquier origen, causando cambios en su estructura y morfología (Zuarth et al. 2014, p. 45).

2.2.11.3. Perifiton

Este tipo de bioindicadores se encuentran pegados a los diferentes cuerpos presentes en el agua como pueden ser rocas, troncos o plantas sumergidas, este tipo de bioindicadores incluye un grupo en el que están las algas, hongos y/o microorganismos (García et al. 2017, p. 50).

2.2.12. Características de los macroinvertebrados como bioindicadores

A continuación se darán algunas de las características que según Roldán (2012, p. 39) en su publicación sobre los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua sobresalen como los mejores bioindicadores:

- Su recolección es sencilla, ya que son abundantes y por ende poseen una gran distribución.
- En su mayoría son sedentarios, por lo que pueden reflejar las características y condiciones de su hábitat local.
- Su identificación es muy sencilla al ser comparados con virus o bacterias.
- Pueden manifestar los efectos de las variaciones ambientales a corto plazo.
- Pueden aportar información para integrar efectos acumulativos.
- Su ciclo de vida es largo.
- Se los puede ver a simple vista.
- Se los puede mantener en un laboratorio.
- Su capacidad de respuesta a cambios en su ambiente es rápida.
- Presentan muy poca variación a nivel genético.

2.2.13. Modos de vida de los macroinvertebrados acuáticos

Los macroinvertebrados dulceacuícolas pueden sobrevivir en diferentes zonas de cualquier cuerpo de agua continental, sea en el fondo o estar libremente sobre o dentro ella, es por ello que se los puede diferenciar mediante estas características.

2.2.13.1. Neuston

Los neuston son macroinvertebrados que pueden caminar o saltar sobre el agua, la morfología de sus patas, uñas y exoesqueleto tienen la característica de poseer un recubrimiento de cera que les facilita vivir sobre el agua y ser impermeables, movilizándose sobre la tensión superficial que tiene el agua, las familias de neuston que más sobresalen son la *Gerridae*, *Mesoveliidae* y *Hidrometridae* (figura 2-2) (Roldán, 2012, p. 30).

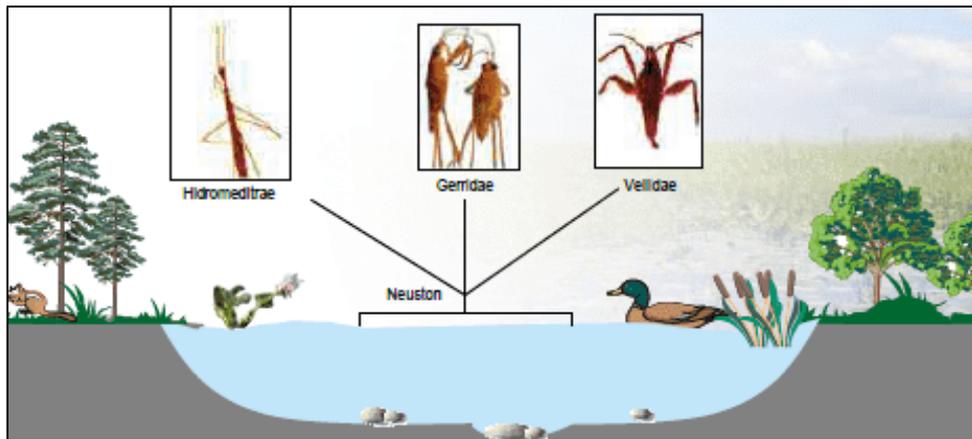


Figura 1-2: Macroinvertebrados representativos de la familia Neuston

Fuente: Roldán, 2012, pp. 30-32.

2.2.13.2. Necton

Son los macroinvertebrados que viven dentro del agua, es decir, nadan de manera libre, las familias más representativas de necton son las *Corixidae*, *Hidrophilidae* y *Baetidae* (Figura 3-2) (Roldán, 2012, pp. 30-32).

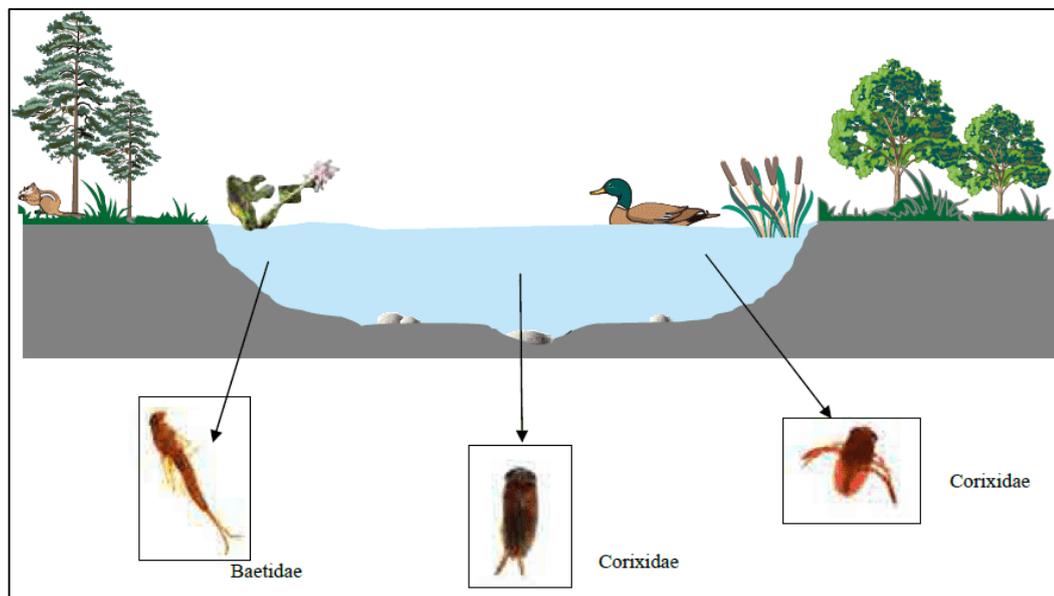


Figura 2-2: Macroinvertebrados representativos de la familia Necton

Fuente: Roldán, 2012, pp. 30-32.

2.2.13.3. Bentos

Son organismos que se desarrollan en el fondo del agua, pueden sobrevivir al adherirse a cualquier cuerpo que esté en el fondo como rocas, troncos, piedras o vegetación.

Las principales familias de bentos que podemos encontrar son los *Plecoptera*, *Trichoptera* y *Diptera*, algunos bentos pueden sobrevivir dentro del lecho acuático por algunos centímetros de profundidad como los *Euthyplocidae*, otros como los *Blephariceridae* se pegan a las rocas o piedras con la ayuda de ventosas, y finalmente macroinvertebrados del orden *Zigoptera* pueden vivir sobre la vegetación que se encuentra en el fondo del agua (figura 4-2) (Roldán, 2012, pp. 30-32).

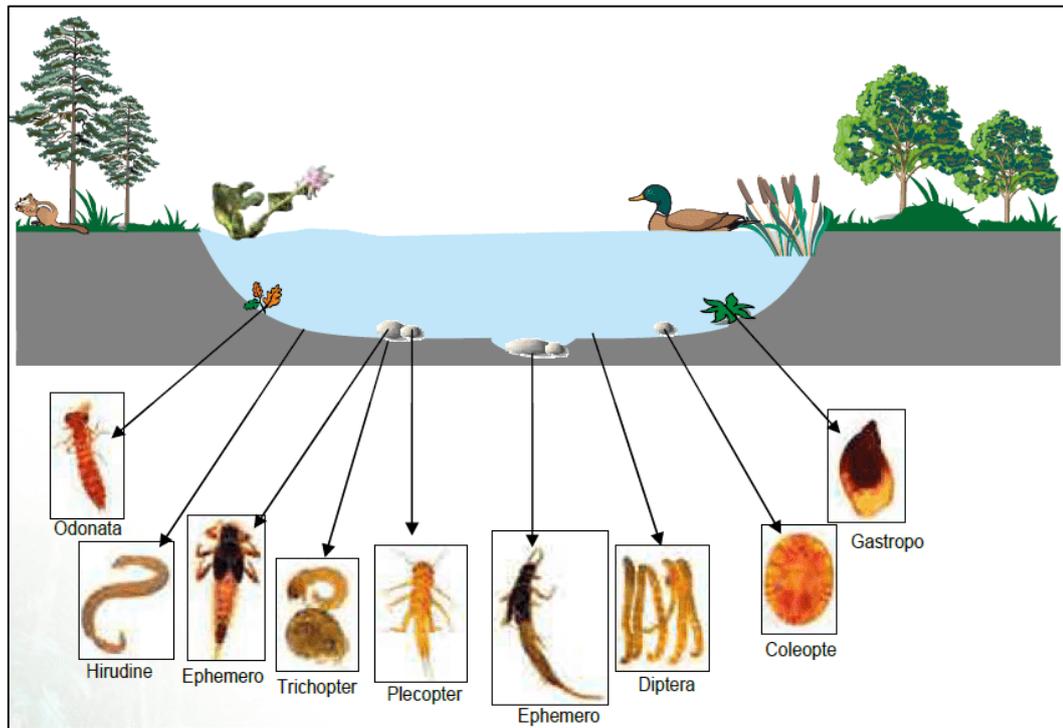


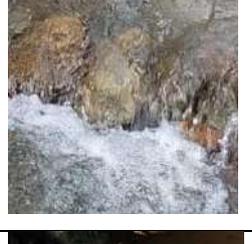
Figura 3-2: Macroinvertebrados representativos de la familia Bentos

Fuente: Roldán, 2012, pp. 30-32.

2.2.14. Hábitats en los que se desarrollan los macroinvertebrados

Los macroinvertebrados pueden desarrollarse en diversos hábitats es por ello que el limnólogo debe encontrar e identificar estos hábitats, ya que estos pueden llegar a ser muy diversos por lo que cada uno integra una comunidad diferente, en la tabla 2-2 se detallan los hábitats más comunes:

Tabla 2-2: Diversos hábitats donde se desarrollan los macroinvertebrados

	<p>Restos de hojas o de plantas en las riveras</p>
	<p>Restos de troncos estancados o en descomposición.</p>
	<p>En el lodo o arena del fondo o de las orillas del cuerpo hídrico.</p>
	<p>Debajo o sobre las rocas que sobresalen o están sumergidas.</p>
	<p>Donde la corriente del río es más rápida o correntosa.</p>
	<p>En aguas estancadas, lagos, pozos o lagunas</p>

Fuente: Carrera & Fierro 2018, p.28.

Realizado por: Jiménez, David, 2021.

Al realizar cualquier estudio sobre la calidad del agua mediante macroinvertebrados se deberá tener en cuenta los posibles hábitats que pueda presentar el área donde se está tomando la muestra (Roldán. 2003, p. 11).

2.2.15. Métodos de recolección de macroinvertebrados

Buscando en cada uno de los sustratos o hábitats acuáticos podremos recolectar la mayor diversidad de macroinvertebrados, siendo este el objetivo principal para su recolección en campo (Roldán, 2003, p. 125), para ello existen métodos de recolección que se dividen en cualitativos y cuantitativos.

2.2.15.1. Métodos de recolección cualitativos

- *Red tipo D-net o triangulo:* Con esta red se realiza un barrido en las orillas del cuerpo hídrico, debido a su forma le permite llegar y adaptarse a espacios muy difíciles e irregulares del área de barrido cercano a los 10 m en cada orilla, el sustrato recolectado se deposita en un colador o red para eliminar la abundancia de sedimentos, posteriormente la muestra se recolecta en un frasco hasta su examinación en el laboratorio ver la figura 4-2, literal-a (Roldán, 2003, p. 126).
- *Red de mano o pantalla:* Esta red se compone de un marco sea de madera o aluminio que sujeta una red de 500 micras de abertura y de aproximadamente 1 m², para la recolección una persona sujeta la red y otra se coloca a contra corriente removiendo el sustrato sea con los pies o las manos el cual es recolectado corriente abajo por la red, cubriendo un área de 6 m² y realizando este procedimiento unas tres veces, luego se debe examinar la muestra en campo o si no es posible llevarla en una bolsa o frasco con alcohol para preservar los macroinvertebrados ver la figura 4-2, literal-b (Roldán, 2003, p. 126).
- *Recolección manual:* Consiste en el levantando manualmente de diferentes sustratos del cuerpo hídrico como piedras, ramas o troncos sumergidos, en los cuales se encuentran pegados los macroinvertebrados, los cuales mediante la ayuda de un pinza entomológica se los recolecta y guarda en frascos con alcohol, replicando este procedimiento numerosas veces hasta recorrer un área aproximada de 10 a 15 m², se considera suficiente el muestreo cuando se empieza a capturar ejemplares del mismo tipo (Roldán, 2003, p. 126).

2.2.15.2. Métodos de recolección cuantitativos

- *Red Surber:* Esta red está compuesta por dos marcos metálicos que se unen mediante bisagras, un marco esta sobre el sustrato y el otro está a 90 grados sosteniendo una red de 80 cm de largo (ver figura 4-2, literal- c), para saber el número de macroinvertebrados recolectados por m² se debe conocer las medidas del marco que se colocara sobre el sustrato, el proceso de recolecta es sencillo, se coloca la red a contra corriente y se removido el sustrato con los pies o manos, luego se guarda la muestra para ser escogido en laboratorio,

esta red también se la puede usar para la recolección cualitativa poniéndola en diferentes lugares del cuerpo hídrico (Roldán, 2003, p. 126).

- *Draga Eckman*: Tiene forma de pala al estar compuesta por dos estructuras, es fundamental para tomar muestras de fondos blandos, en áreas de 225 cm² aproximadamente, al igual que los demás métodos este se lo debe realizar tres veces por cada punto de muestreo, la muestra recolectada se la coloca en un colador adecuado para este tipo de sustrato y en donde se podrá recolectar los macroinvertebrados (ver figura 4-2, literal- d), (Valer et al. 2014, p. 40).

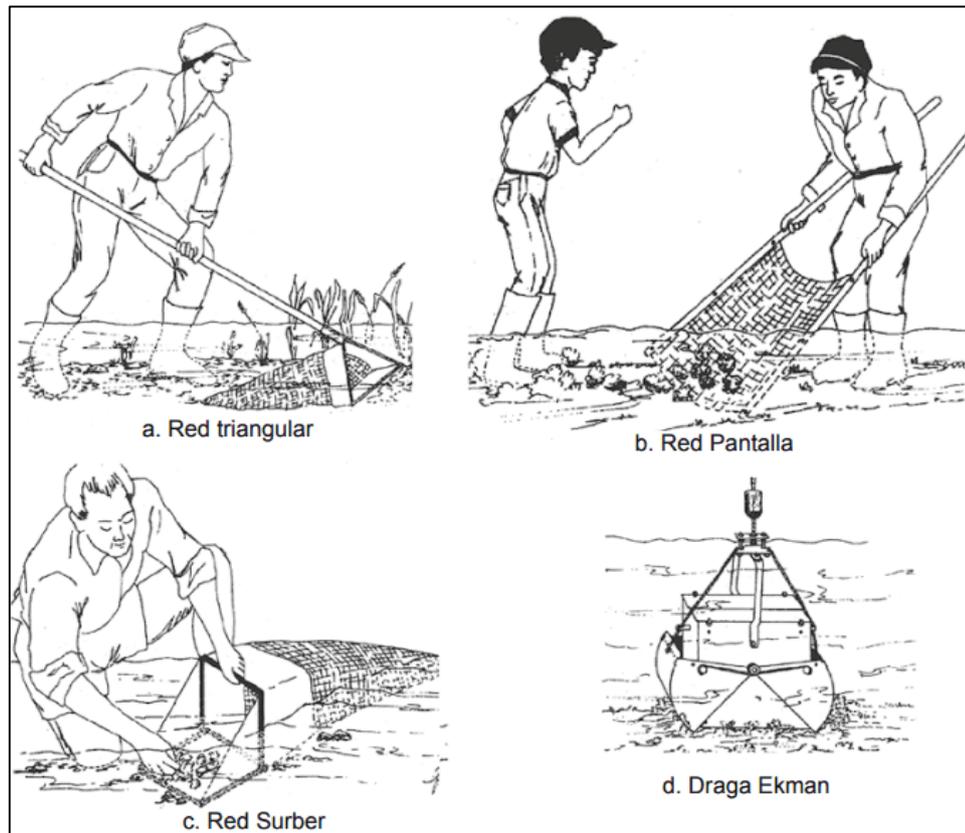


Figura 4-2: Métodos de recolección de macroinvertebrados

Fuente: Roldán 2012, p. 53.

2.2.16. Adaptaciones Alimenticias de los macroinvertebrados acuáticos

El principio de supervivencia “comer o ser comido”, no solo aplica para los ecosistemas terrestres sino también para los acuáticos (Roldán 2012, p. 34), es así que los organismos vivos se alimentan de otros, distinguiendo a los herbívoros, carnívoros y los detritívoros, por lo que basándose en su dieta podemos distinguir varios grupos, pero de acuerdo con su ciclo de vida y sus hábitos alimenticios pueden cambiar, es decir pueden consumir diversos alimentos de orígenes distintos (*omnívoros*) (Hanson et al. 2010, p. 7).

2.2.16.1. Herbívoros

Dentro de los macroinvertebrados acuáticos herbívoros podemos distinguir dos grupos:

- *Desmenuzadores (Fragmentadores)*: Son aquellos que se alimentan de algas o plantas acuáticas vasculares tomando pedazos con dimensiones mayores a 1mm, además de las plantas acuáticas pueden obtener su alimento de forma externa al ingerir hojas, tallos o raíces que pueden estar enterrados en o cerca del agua (Hanson et al. 2010, p. 7).
- *No Fragmentadores*: Dentro de ésta categoría encontramos muy pocos herbívoros por ejemplo la *Chironomidae* es capaz de introducir sus agallas en las plantas (*podostemaceae*), otros semiacuáticos como los *homópteros (Hemiptera)* que tienen la capacidad de succionar la savia (Hanson et al. 2010, p. 7).

2.2.16.2. Carnívoros

Dentro de los carnívoros se distinguen aquellos que se alimentan de otros animales, resaltando tres categorías:

- *Depredadores*: Llamados así porque cazan a sus presas mediante mordida o con la ayuda de alguna enzima que pueden inyectar y succionar a su presa, los carnívoros por lo general poseen adaptaciones de carácter morfológico para facilitar su cacería como ejemplo podemos citar a las chinches que poseen patas raptorias y la *Odonata* que tiene labio expandible (Hanson et al. 2010, p. 7).
- *Parasitoides*: Necesitan de un hospedero para desarrollarse el cual siempre muere, los parasitoides se diferencian de los carnívoros debido a que consumen un solo individuo, dentro de los más comunes son las avispas que depositan sus huevos en los insectos acuáticos, para así dentro del organismo desarrollarse, las larvas de algunos *Sciomyzidae (Diptera)* también se las incluye en ésta categoría siendo parasitoides de caracoles. (Hanson et al. 2010, p. 7).
- *Parásitos*: Organismos que viven en sociedad con su hospedero a diferencia de los parasitoides estos no los matan, entre ellos tenemos a los *Bopyridae (Isopoda)* que viven y se alimentan en las branquias de camarones, larvas de algunas almejas y en las branquias de los peces (Hanson et al. 2010, p. 7).

2.2.16.3. Detritívoros

Son aquellos que se alimentan de materia orgánica muerta (detritos), en ésta categoría resaltan tres grupos:

- *Fragmentadores*: Son aquellos que se alimentan de pedazos de hojas en descomposición, o pedazos de madera con dimensiones mayores a 1mm, también resaltan por tener una dieta que incluye bacterias y hongos, convirtiendo todo lo que ingieren en materia orgánica muy fina (Hanson et al. 2010, p. 7).
- *Filtradores*: Se destacan por tener una morfología especializada en su estructura, algunas especies como las *Ephemeroptera* y *Trichoptera* se destacan por tener patas con brocha de zetas, cepillos bucales o redes de seda en algunas *Trichoptera* y *Chironomidae* que se usan para remover partículas finas del fondo acuático, para lo cual aprovechan las corrientes que es donde pasa gran cantidad de alimento como el *fitoplancton* y *zooplancton* (Hanson et al. 2010, pp. 7-8).
- *Recogedores*: Se alimentan de partículas muy finas que están en el agua y que pueden tener dimensiones menores de 1mm (Hanson et al. 2010, pp. 7-8).

2.2.17. Índices biológicos enfocados en la determinación de la calidad del agua

Los principales índices biológicos aplicados en la determinación de la calidad del agua son los siguientes:

2.2.17.1. Índice BMWP/Col (Biological Monitoring Working Party para Colombia)

Creado en Inglaterra en 1970 con la finalidad de analizar la tolerancia que presentan las diversas familias de macroinvertebrados a la contaminación acuática, en éste índice se ordenaron las diferentes familias en 10 niveles que corresponden a una puntuación que está en un rango de 1-10 lo que significa que se sigue una gradiente de mayor a menor tolerancia a la contaminación (Trama et al., 2020, p. 152).

Roldán (1996) publica la primera guía para la identificación de macroinvertebrados que más tarde se convertiría en una de las guías más utilizadas en Latinoamérica, es así que con base a los estudios iniciados por Roldán sobre las comunidades de macroinvertebrados se propone la utilización del método BMWP/Col siendo una primera adaptación para la evaluación de los ecosistemas acuáticos, basado en los macroinvertebrados encontrados en cuerpos hídricos de Colombia (Roldán, 2012, pp. 45-46).

2.2.17.2. Índice de Habitad Fluvial (IHF)

Este índice está enfocado en la evaluación de las características y condiciones físicas del cuerpo hídrico, analizando la composición del sustrato, el porcentaje de sombra que recibe el cauce debido a la vegetación, la presencia de rápidos, la profundidad y la velocidad del lecho acuático,

dando a cada sitio de estudio un puntaje con base a la presencia o ausencia de éstas características, un valor menor a 40 del IHF indica grandes falencias en la calidad del hábitat impidiendo el desarrollo de la comunidad de macroinvertebrados, siendo el óptimo un IHF superior a 75 (Trama et al. 2020, p. 152).

2.2.17.3. Índice Ephemeroptera, Plecóptero, Trichoptera (EPT)

Se enfoca en la abundancia o ausencia de tres órdenes de insectos cada una de éstas poseen cierta tolerancia a la contaminación es así que los Ephemeroptera tienen una mayor tolerancia a la contaminación antrópica, Trichoptera se caracterizan por tener una tolerancia de nivel medio y la Plecóptera que no resiste la contaminación es decir solo pueden coexistir en cuerpos hídricos limpios (Bueñaño et al. 2018, p. 43).

2.2.18. Base legal

2.2.18.1. Constitución de la República del Ecuador

– Título II Derechos.

En la sección primera, Agua y alimentos en su art. 12: *“El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua es un patrimonio de uso público, estratégico, imprescindible, inalienable y sobre todo esencial para la vida”* (Constitución de la República del Ecuador, 2008, p. 13).

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

En su capítulo séptimo, Derechos de la naturaleza en su art. 71: *“La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene el derecho a que se respete, íntegramente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura y procesos evolutivos”* (Constitución de la República del Ecuador, 2008, p. 33).

– Título VII Régimen del Buen Vivir

Sección sexta, Agua, en su art. 411: *“El estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de todos los recursos hídricos, las cuencas hídricas y caudales ecológicos que estén asociados al ciclo del agua. Así mismo se regulará toda actividad que implique el deterioro de la calidad del agua su cantidad, y el equilibrio de los ecosistemas en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua”* (Constitución de la República del Ecuador, 2008, p. 123).

2.2.18.2. Ley Orgánica De Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua

Capítulo I 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 agua y del manejo de parámetros así como la participación en el uso y administración de las fuentes hídricas que se encuentren en sus terrenos, sin perjuicio de las competencias generales de la Autoridad Única del Agua de acuerdo con lo previsto en la Constitución y en esta ley”* (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2014, pp. 5-6).

En su capítulo III, Derechos de la Naturaleza, art. 64: *“Conservación del Agua. La Pacha Mama tiene derecho a la conservación de las aguas con sus propiedades como soporte esencial para todas las formas de vida”* (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2014, p. 19).

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

- a) *“El resguardo de sus fuentes, áreas de captación, regulación, recarga, afloramiento y causas de agua naturales, en particular, glaciares, nevados, paramos, manglares y humedales.*
- b) *La conservación del caudal ecológico como garantía de preservación de los ecosistemas y la biodiversidad.*
- c) *La preservación de la dinámica natural del ciclo del agua.*
- d) *La protección de las cuencas hídricas y los ecosistemas de toda contaminación*
- e) *La restauración y recuperación de los ecosistemas por efecto de los desequilibrios producidos por contaminación de las aguas y la erosión de los suelos”.*

En el capítulo VI, Garantías Preventivas, art. 79: *“La Autoridad Única del Agua, la Autoridad Ambiental Nacional y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, trabajaran en coordinación para cumplir los siguientes objetivos:*

- a) *Garantizar el derecho que tienen los humanos al agua para el buen vivir o sumak kawsay, los derechos reconocidos a la naturaleza y la preservación de todas las formas de vida, en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación.*
- b) *Conservar el caudal del agua y mejorar su calidad.*
- c) *Controlar y prevenir la acumulación en los suelos y subsuelos de sustancias nocivas o tóxicas, desechos y otros elementos capaces de contaminar las aguas superficiales y subterráneas.*
- d) *Controlar las actividades que puedan generar la degradación del agua y de los ecosistemas hídricos y terrestres y cuando estén degradados disponer su restauración.*
- e) *Restringir, prevenir, controlar y castigar la contaminación de las aguas mediante vertidos o depósitos de desechos sólidos, líquidos y gaseosos, compuestos orgánicos, inorgánicos o*

cualquier otra sustancia toxica que cambie la calidad del agua o afecten la salud humana, la flora y fauna.

f) Garantizar la conservación integral y cuidado de las fuentes de agua delimitadas y el equilibrio del ciclo hídrico”

2.2.18.3. Acuerdo ministerial No. 061

Art. 209. *“De la calidad del agua.- Son las características físicas químicas y biológicas que establecen la composición del agua y que la hacen apta para satisfacer la salud, el bienestar de la población y el equilibrio ecológico. La evaluación y control de la calidad de agua, se la realizará con procedimientos analíticos, muestreos y monitoreos de descargas, vertidos y cuerpos receptores, dichos lineamientos se encuentran detallados en el Anexo I” del acuerdo ministerial 097-A, del libro VI del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente: Norma de calidad ambiental y de descargas de efluentes al recurso agua (MAE, 2015a, p. 47)*

2.2.18.4. Acuerdo ministerial 097- A.

“La presente norma técnica ambiental revisada y actualizada es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional” (MAE, 2015b, pp. 6-7).

“La presente norma técnica establece o determina:

- 1. Los principios básicos y enfoque general para el control de la contaminación del agua;*
- 2. Las definiciones de términos importantes y competencias de los diferentes actores establecidos en la ley;*
- 3. Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos.*
- 4. Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado.*
- 5. permisos de descarga.*
- 6. Los parámetros de monitoreo de las descargas a cuerpos de agua y sistemas de alcantarillado de actividades industriales o productivas, de servicios públicas o privadas.*
- 7. Métodos y procedimientos para determinar parámetros físicos, químicos y biológicos con potencial riesgo de contaminación del agua”.*

2.3. Definición de conceptos

2.3.1. *El Agua*

Recurso natural de mayor presencia en el planeta y es el elemento vital para la vida de todos los seres vivos, el agua está presente en los océanos, glaciares, ríos y lagos ocupa dos tercios de la tierra lo que equivale al 70 %, pero toda ésta agua no sirve para el consumo humano ya que en su mayoría es agua salada lo que significa que el agua dulce se encuentra en menor proporción cercano al 1% (Carrera & Fierro, 2018, p. 17).

2.3.2. *Río*

Los ríos son cuerpos de agua que fluyen de forma unidireccional son muy variables y están sujetos a los cambios climáticos y las características del área en la que el río drena su caudal, los ríos están en constante movimiento por lo que se mezclan constantemente debido a ello su calidad es importante en el sentido del flujo (Sierra, 2011, p. 27).

2.3.3. *Calidad del agua*

Cuando hablamos de calidad de agua nos referimos al grupo de parámetros sean éstos físicos químicos y biológicos que ayudaran a las personas o investigadores a determinar si el agua es apta para consumo humano, agrícola o recreacional ya que éste recurso está categorizado en función de su uso, (Cárdenas, 2020, p. 16), además de ello la calidad del agua es un factor que influye directamente en la vida de los ecosistemas y por ende en el ser humano, por lo que también se le considera un componente que interviene en la determinación del nivel socioeconómico de un país (Pucuna, 2020, p. 10).

2.3.4. *Monitoreo*

Es determinar aquellos cambios que han ocurrido en cualquier cuerpo hídrico, la tierra que lo rodea así como su fauna, mediante la observación y la realización de estudios que ayudaran a determinar cómo es que un cuerpo hídrico está siendo afectado y mediante éste resultado plantear soluciones que ayuden en la mitigación o disminución de éste impacto negativo (Carrera & Fierro, 2018, p. 27).

2.3.5. Muestra

Es un subgrupo o una pequeña porción de la muestra tomada de la población que nos interesa estudiar, y es con la cual se trabajara para obtener los datos necesarios, la muestra deberá ser lo más representativa de la población a estudiar, para que los resultados obtenidos sean generalizados (Sampieri & Torres, 2018, p. 196).

2.3.6. Indicadores Biológicos o Bioindicadores

Los bioindicadores de contaminación son todos aquellos que mediante la recopilación de datos del suelo, aire y agua conducen a la evaluación de la calidad de un ecosistema específico, dando así como resultado el grado de deterioro ambiental sujeto a un marco de calidad, estos bioindicadores son organismos específicos que ayudan a predecir y evaluar los efectos adversos que se presentan en los ecosistemas provocados por perturbaciones ambientales, antes de que sean irreparables (Mora, 2018, p. 6).

2.3.7. Macroinvertebrados Dulceacuícolas

Los macroinvertebrados dulceacuícolas son organismos que habitan en el fondo de un lago o río y que se encuentran adheridos ya sea a la vegetación, rocas e inclusive troncos que están en el cuerpo de agua, la población de estos organismos están conformados por insectos, moluscos, platelmintos y crustáceos, a estos se les denomina macroinvertebrados debido a que se caracterizan por tener un tamaño que está en un rango de 0,5 – 5 mm, por lo que son visibles al ojo humano (Roldán, 2016, p. 254), los macroinvertebrados son de suma importancia en los ecosistemas acuáticos ya que desempeñan un papel trascendental en las cadenas tróficas y en el procesamiento de la materia orgánica además de los mecanismos de redistribución de los nutrientes sedimentados (González et al. 2018, p. 307).

2.3.8. Taxonomía

La taxonomía es la encargada de identificar, describir y clasificar a cualquier organismo dentro de un sistema de jerarquías, y cada uno de éstos sistemas jerárquicos se llama categoría taxonómica, por lo tanto cada categoría se incluye dentro de otra es decir existe la categoría fundamental o base de especie y va subiendo hasta llegar a una especie de mayor rango en el que se incluye el género, familia, orden, clase, phylum y reino, por lo tanto todas estas divisiones taxonómicas adoptan el nombre genérico de taxones (Arija, 2012, p. 4).

2.3.9. Eutrofización

La eutrofización es el resultado del aumento anormal de nutrientes en los cuerpos hídricos, que causa el crecimiento excesivo de algas, que las lleva a la muerte y posterior putrefacción, siendo los nitratos de actividades agrícolas y fosfatos provenientes de detergentes los principales precursores de la misma (Ladrera, 2012, p. 28).

La eutrofización genera un aumento en la biomasa acuática y disminuye la diversidad, interfiriendo como los procesos naturales de los cuerpos hídricos (Lecca & Lizama 2014, p. 73).

2.3.10. Análisis Clúster (AC)

El clúster o análisis multivariado es una técnica matemática de clasificación que permite detectar y agrupar variables homogéneas en subgrupos, basándose en el grado de similitud y diferencias dando como resultado agrupaciones clúster homogéneas (Baños et al. 2014, p. 114), en otras palabras estos clúster son pequeños grupos en los que se ha comprimido gran cantidad de información que comparte características similares (Heredia et al. 2012, p. 13).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

El marco metodológico es el conjunto de acciones y técnicas que permiten observar y recolectar datos para mediante ellos saber cómo se realiza el estudio, trabajo o tarea, poniendo en práctica los conceptos que rodean al problema que se está estudiando (Azüero, 2019, p. 112).

El marco metodológico estuvo compuesto por una área de estudio en la cual se identificaron áreas de potencial interés para la toma de muestras, en las que se aplicaron las metodologías tanto para la recolección y análisis de las muestras, que luego de ser analizados en campo y en laboratorio proporcionaron los datos necesarios para ser tabulados en tablas o gráficos para mediante ellos llegar a determinar o resolver los objetivos planteados en esta investigación.

3.1. Tipo de investigación

Se aplicó un método de investigación mixta que es una combinación entre la investigación cuantitativa y cualitativa, que representa una serie de procesos, empíricos, sistemáticos y críticos, sin dejar de lado la discusión conjunta de toda la información obtenida, como evidencia numérica, visual, simbólica y textual para entender los problemas en las ciencias (Sampieri & Torres, 2018, p. 10) el método cuantitativo busca medir la realidad de lo que se está investigando, permite generalizar los resultados dando la posibilidad de expresarlos en magnitudes o números, además de permitir la comparación de los resultados con investigación o estudios similares (Sampieri et al. 2014, p. 15), y el método cualitativo se enfoca en la presencia o ausencia de los macroinvertebrados que se ven afectados por las variables fisicoquímicas y microbiológicas que cambian o modifican su ambiente obligándolos a desaparecer o migrar de un determinado cuerpo hídrico.

3.2. Localización del área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en el río Lupique que está ubicado en la comunidad Jimbitono perteneciente a la parroquia General Proaño del cantón Morona, en la provincia de Morona Santiago, ésta comunidad cuenta aproximadamente con una población dedicada principalmente a la agricultura ganadería y piscicultura (Landeta, 2014, p. 15).

El río Lupique es una microcuenca que alimenta al río Jurumbaino, el tramo de estudio comprende una distancia aproximada de 3 kilómetros mismo que pasan en su totalidad junto a la comunidad Jimbitono y terminando en la unión a la microcuenca del río Jurumbaino.

3.3. Selección de los puntos de muestreo

Se realizó el reconocimiento del río Lupique desde la entrada al cuarto de máquinas de Hidroabánico, se siguió el río hasta la unión con el río Jurumbaino siendo un tramo con muchos puntos de acceso libre, debido a la presencia de vías secundarias que cruzan el río en ciertos tramos, además de la presencia de muchas viviendas y fincas cercanas a las riberas del río.

Para escoger los puntos de muestreo se tomaron en cuenta ciertos criterios que según la Dirección General De Salud Ambiental (DIGESA) (2007, p. 4) son los siguientes:

- *Identificación:* los puntos de muestreo deben ser claramente identificados de forma tal que puedan ser reconocidos y encontrados mediante cualquier descripción verbal, además de ser localizada mediante ubicación satelital con la ayuda de un GPS.
- *Accesibilidad:* Este punto es muy importante ya que el punto de muestreo debe ser de fácil acceso de manera que permita entrar al investigador y tomar las muestras de manera fácil y segura.
- *Representatividad:* Se deben tomar los puntos de muestreo teniendo en consideración posibles zonas de turbulencia, profundidad la accesibilidad la regularidad de las características del río y la ubicación que puede estar cerca de una localidad.

3.4. Puntos de muestreo

Tres puntos de muestreo fueron los escogidos a lo largo del tramo de estudio, que comprende una longitud cercana a los 3 kilómetros para ello se utilizó la identificación en campo, y con la ayuda de una aplicación UTM GEO MAP 3.1.9 se realizó la ubicación satelital de los puntos de muestreo, mismos datos que ayudaron en la elaboración del mapa de ubicación (Figura 1-3) mediante el *software* ArcMap en su versión 10.8.

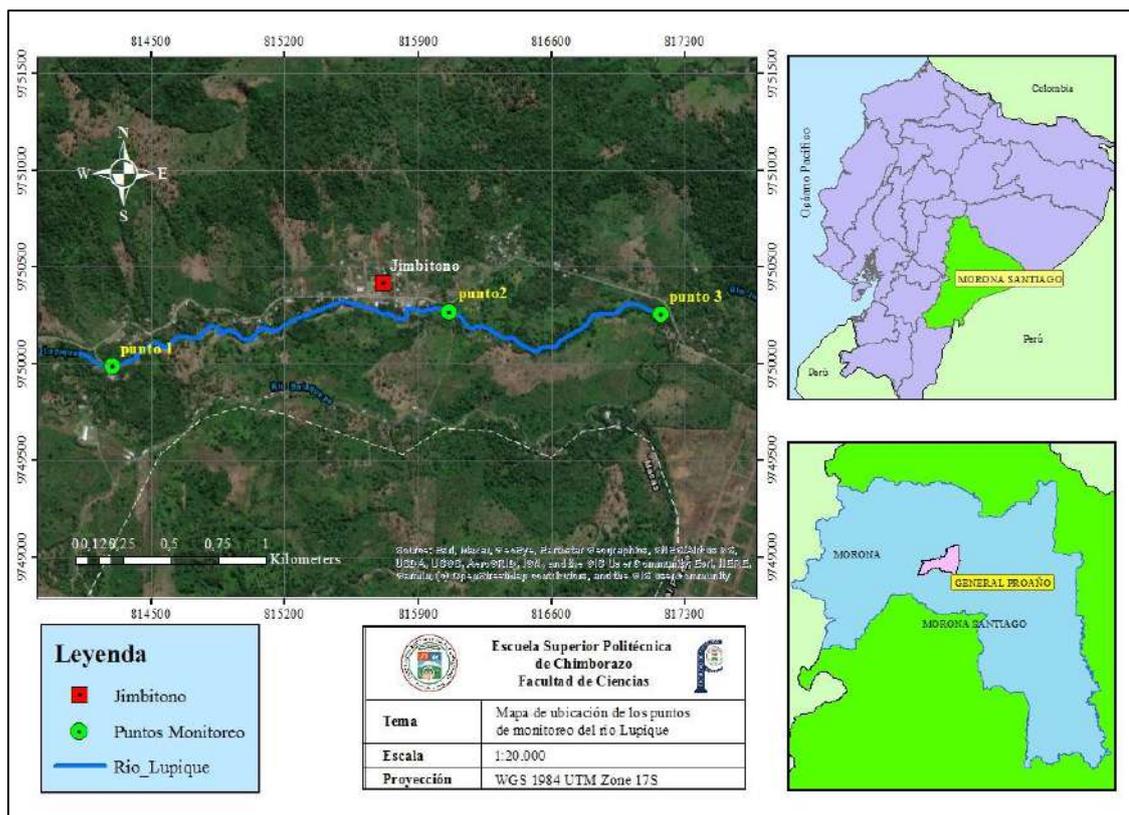


Figura 1-3: Ubicación del tramo de estudio con los puntos de muestreo

Realizado por: Jiménez, David, 2021

Tabla 1-3: Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo

COORDENADAS UTM WGS 84 ZONA 17 S RÍO LUPIQUE				
Código	Características	X	Y	Z
PML-1	Primer punto de muestreo considerado como el punto de referencia (zona alta)	820157,783	9747438,934	1062
PML-2	Segundo punto de muestreo considerado ya como una zona intervenida por actividad antrópica (zona media)	816071,3	9750231,9	1110,3
PML-3	Tercer punto de muestreo considerado ya como una zona intervenida por actividad antrópica (zona baja)	817167,124	9750253,1	1092,26

Realizado por: Jiménez, David, 2021.

3.5. Materiales y equipos

3.5.1. *Materiales y Equipos utilizados para el muestreo del río Lupique*

Los materiales y equipos descritos en la tabla 2-3 fueron utilizados para realizar los monitoreos del río Lupique tanto para la recolección de macroinvertebrados como para la obtención de muestras para análisis fisicoquímicos y microbiológicos.

Tabla 2-3: Materiales y equipos usados para la recolección y preservación de las muestras

Materiales y Equipos	Descripción
Botellas plásticas de 1 litro	Utilizadas en la recolección de la muestra de agua en cada punto de muestreo.
Frasco estéril de 100 ml	Utilizado para la recolección de la muestra microbiológica.
Ph- metro digital (Modelo PHYWE COBRA 4)	Este equipo se utilizó para medir el potencial de hidrógeno (pH) in situ.
Medidor multiparamétrico (Modelo APERA-DO 850 DO/Temp)	Equipo utilizado para medir in situ parámetros como el oxígeno disuelto y la temperatura
Frasco de vidrio de 500 ml	Este frasco se utilizó para contener los diversos macroinvertebrados encontrados en los puntos de muestreo.
Red D-net	También llamada red de patada con estructura de aluminio con una sección plana de 16 x 18 cm con malla de 500 micras y una longitud de 80 cm.
Bandeja blanca de plástico	Utilizada para contener el sustrato en el que están los macroinvertebrados y para ayudar en la recolección de los mismos.
Pinza acuática de 8 pulgadas	Se utilizó para la captura de los macroinvertebrados y la selección de los mismos.
Alcohol al 70 %	Este material se usó para la preservación de los macroinvertebrados en los frascos de vidrio.
Hielera	Se utilizó para la preservación y transporte de las muestras tanto de agua como de macroinvertebrados
Etiquetas	Fueron utilizadas para identificar las muestras de cada punto de muestreo.
Aplicación android UTM Geo Map 3.1.9	Esta aplicación se utilizó para obtener las coordenadas geográficas de los puntos de muestreo.

Realizado por: Jiménez, David, 2021.

3.5.2. *Materiales y equipos de laboratorio*

Los equipos y materiales de laboratorio que a continuación se describen ayudaron en la determinación del índice ICA-NSF y el índice biológico BMWP/Col (Tabla 3-3).

Tabla 3-3: Materiales y equipos utilizados en laboratorio

Materiales y Equipos	Descripción
<ul style="list-style-type: none"> - Medidor de oxígeno (Oxítóp) - Botella ámbar - Agitador magnético - Cápsulas de sosa - Inhibidor nitrificante - Balón de aforo de 432 ml - Bureta 	Estos equipos se utilizaron para determinar la Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO5)
<ul style="list-style-type: none"> - Incubadora - Caja Petri - Muestra microbiológica de 100 ml - Filtro NEOGEN de membrana desechable estéril. - Ácido rosólico, ampollas plásticas de 2 ml - Equipo de bombeo - Matraz Erlenmeyer 	Estos equipos y materiales fueron usados para determinar el parámetro de coliformes fecales de las muestras de agua
<ul style="list-style-type: none"> - Horno o mufla - Cajas petri - Balanza de análisis - Probeta de 100ml - Hoja de apuntes 	Fueron utilizados en la determinación de sólidos totales disueltos.
<ul style="list-style-type: none"> - Espectrofotómetro 	Este equipo se utilizó para determinar parámetros como nitratos y fosfatos.
<ul style="list-style-type: none"> - Turbidímetro/ nefelómetro 	Se utilizó para determinar la turbidez de las muestras
<ul style="list-style-type: none"> - Estereoscopio 	Equipo utilizado en la identificación taxonómica de los macroinvertebrados
<ul style="list-style-type: none"> - Caja Petri 	Se utilizó para contener la muestra de macroinvertebrados en el estereoscopio
<ul style="list-style-type: none"> - Cámara adaptable para el estereoscopio (OPTICA PROVIEW) 	Se utilizó en la obtención de imágenes de los macroinvertebrados identificados

Realizado por: Jiménez, David, 2021.

3.6. Obtención de muestras

Se realizó un muestreo simple debido a que las muestras representan las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas existentes del lugar y el momento en que se las tomó.

Se realizaron tres muestreos durante los meses de noviembre y diciembre de 2021 y enero de 2022, fueron recolectadas en un horario de 9 am a 1 pm, con un total de 18 muestras de agua recolectadas, la tabla 4-3 describe los procedimientos aplicados para las toma de las muestras.

Tabla 4-3: Procedimiento para la toma de muestras

Parámetro	Procedimiento
– Coliformes fecales	Para la recolección de esta muestra se utilizó el frasco estéril de 100 ml, con la ayuda de guantes se introdujo el frasco en el centro del río hasta una profundidad de 20 a 25 cm, se lo lleno hasta la medida marcada de 100ml, dejando un espacio libre entre el agua y la tapa, una vez tomada la muestra se la etiquetó y guardó en el hielera.
– Nitratos – Fosfatos – Demanda bioquímica de oxígeno – Sólidos totales	Para la recolección de esta muestra se utilizó la botella plástica de 1 L, se procedió a llenar la botella tres veces para que esta pudiera limpiarse de algún contaminante externo, luego se llenó la botella en su totalidad sin dejar aire sobre la muestra con la finalidad de limitar la fase gaseosa y la agitación durante el traslado, una vez llena la botella se la etiquetó y guardó en el hielera.

Fuente: INEN 2013, p.6.

Realizado por: Jiménez, David, 2021.

La conservación de las muestras para su traslado y posterior análisis se la realizo con la ayuda de una hielera para aislar las muestras de posible contaminación externa y que éstas pudieran mantener sus propiedades fisicoquímicas y microbiológicas lo más cercanas a su estado antes de ser recogidas, todo este procedimiento está fundamentado en las siguientes normas INEN del Instituto Ecuatoriano de Normalización:

- Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169 “*Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras*” (INEN 2013a).
- Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2176 “*Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestras*” (INEN 2013b).

3.6.1. Análisis fisicoquímicos y microbiológicos

La metodología utilizada para el análisis del agua destinada para un amplio margen de calidad está centrado en aquellas aguas para consumo humano, aguas residuales, industriales, sea tratadas o no químicamente, los métodos han sido analizados y aprobados por organismos de control (APHA-AWWA-WPCF, 1989, p. 1) en la tabla 5-3 se detalla los parámetros y los métodos utilizados para el análisis in situ y ex situ de la calidad del agua.

Tabla 5-3: Métodos estándar para el análisis fisicoquímico y microbiológico

Parámetro	Método de análisis	Sitio	Descripción del procedimiento
Oxígeno disuelto	4500-O G	In situ	Se utilizó el multiparamétrico modelo APERA-DO 850 DO/Temp, el cual cuenta con una sonda muy sensible al oxígeno disuelto en el agua, ésta se la introduce a unos 5 o 6 cm, luego se esperó hasta que la medida se estabilice y se anotó el dato.
Coliformes fecales	9222-D	Laboratorio/ Ex situ	Se usó una caja petri preparada llamada NEOGEN filter, la cual tiene el papel filtro incorporado, con la ayuda del equipo de bombeo se filtró la muestra de 100 ml obtenida en campo, la cual se colocó en el matraz Erlenmeyer, una vez filtrada la muestra se puso de manera homogénea el ácido rosólico de 2 ml que es el medio de cultivo para el desarrollo de las coliformes fecales, después se tapó la caja petri con la tapa superior e inferior, finalmente la caja petri se la coloco en la incubadora previamente calibrada a 37 °C durante 48 horas, una vez pasado este tiempo se procedió al recuento de las coliformes.
pH	4500-H+ A.	In situ	Para medir éste parámetro se utilizó el Potenciómetro Modelo PHYWE COBRA 4, para ello se introdujo la sonda en el agua a unos 5 o 6 cm, evitando el contacto con el sustrato o cualquier cuerpo extraño en el agua, se esperó a que la medida se estabilice y se anotó el dato.
DBO5	5210 - B	Laboratorio/ Ex situ	Se utilizó un balón de aforo de 432 ml para medir la muestra, luego esta se la coloco en una botella ámbar una vez ahí se le agrego 10 gotas del inhibidor de nitrificante y 5 ml de una solución nutritiva compuesta por un búfer de ph7, hierro, glucosa y magnesio, también se le puso una barra magnético, después se le coloco un caucho en la boca de la botella esta servirá para contener dos pastillas de sosa caustica una vez hecho esto se le puso el medidor de oxígeno (oxitop) finalmente se lo coloco en el agitador magnético en el cual pasara por 5 días debido a que durante este tiempo el 85 % del oxígeno de la muestra se ha consumido y este fue medido por el oxitop.
Nitratos	4500-NO3-E	Laboratorio/ Ex situ	Para analizar este parámetro lo primero que se hizo fue calibrar el espectrofotómetro para ello se le introdujo un blanco llenando una celda con 10 ml de agua destilada hasta que el equipo marque cero, una vez calibrado se colocó 10 ml de la muestra de agua en otra celda a la cual se le agrego el kit de nitrato químico que usa el método de reducción de cadmio para medir el nitrato, para el fosfato se realizó el mismo procedimiento, solo cambio
Fosfatos	4500-P- D	Laboratorio/ Ex situ	

			el kit para fosfatos.
Temperatura	Potenciométrico	In situ	Se utilizó el medidor multiparamétrico modelo APERA-DO 850 DO/Temp el cual cuenta con una sonda muy sensible que mide la temperatura del agua, éste se lo sumergió y se esperó hasta que se estabilizó para tomar el dato en grado centígrados.
Turbidez	2130 - B	Laboratorio/ Ex situ	Para determinar la turbidez se utilizó un blanco para calibrar el nefelómetro para ello se utilizó una celda con agua destilada, luego de esto se coloca otra celda con la muestra de agua y se procedió con la medición.
Sólidos disueltos totales	2540 B.	Laboratorio/ Ex situ	Se lavó y secó una caja petri en el horno durante varios minutos luego se dejó enfriar, se toma la muestra de agua contenida en la botella de un litro se la mezcla o agita hasta que su contenido se homogenice, recordando que queremos medir los sólidos contenidos en la muestra, luego de esto se tomó una muestra de 50 ml en una probeta, la caja petri previamente secada se la peso en la balanza analítica anotando el peso inicial (W1), una vez que se realizó esto se puso la muestra de 50 ml en la caja petri y se la coloco en el horno o mufla durante un período de tiempo de 3-4 horas hasta que el agua contenida se evapore y solo queden los sólidos, finalmente se pesa la caja petri para obtener el peso final (W2), para el cálculo solo se debe aplicar la siguiente formula: $\text{Sólidos totales} = \frac{w2 - w1 * 1000}{\text{vol}} = \text{mg/l}$

Fuentes: APHA-AWWA-WEF 2017, pp. 12-109.

Realizado por: Jiménez, David, 2021.

3.7. Cálculo del índice de calidad de agua ICA-NSF

Para realizar el cálculo del índice de calidad ICA-NSF los datos obtenidos tanto en laboratorio como en campo fueron ingresados en el *software* IQA-Data versión 2015 (Da Costa & Posselt 2015, p.1) desarrollado para éste fin, el mismo que realiza el cálculo de manera directa y expresa el resultado en un valor numérico que entrara en el rango de la calificación según el ICA-NSF (Tabla 7-3).

Según Mendez, et al (2020, p. 739), el ICA- NSF desarrollado por Brown en 1970 está sustentado en una ecuación matemática que toma en consideración el promedio aritmético de los nueve parámetros (Ecuación 1).

$$ICA = \sum_{i=1}^n Q_i W_i$$

Fuente:(Alarcón, 2019, p.30).

Donde:

Qi; valor Q se obtiene del parámetro, i de acuerdo con resultado del análisis

Wi; factor de ponderación del parámetro i

n; número de parámetros de calidad del agua

Dentro del ICA-NSF el peso (Wi) asignado a cada parámetro define la importancia que tiene cada uno, realizando la sumatoria de estos pesos siempre debe dar como resultado el valor de 1, es así que parámetros como coliformes fecales y oxígeno disuelto poseen un mayor valor de peso, en la tabla 6-3 se detallan los pesos asignados según el ICA- NSF (Torres et al. 2010, p. 89).

Tabla 6-3: Parámetros fisicoquímicos y factor de ponderación ICA- NSF

Parámetro	Unidades	Peso NSF (Wi)
Oxígeno disuelto	mg /L	0,17
Coliformes fecales	UFC/100mL	0,15
pH		0,12
DBO5	mg/L	0,1
Nitratos	mg/L	0,1
Fosfatos	mg/L	0,1
Temperatura	°C	0,1
Turbidez	UTN	0,08
Sólidos disueltos totales	mg/L	0,08

Fuente: Castro et al. 2014, p.115.

Realizado por: Jiménez, David, 2021.

Los valores asignados a los diferentes niveles de calidad de agua se encuentran en un rango de 0-100 (Castro et al. 2014, p. 115), en la tabla 4-3 se muestra los rangos asignados para la determinación de la calidad del agua representados con sus colores según el NSF de 1978 (Meléndez et al, 2013, p. 101).

Tabla 7-3: Calificación del agua según el ICA (NSF)

Calidad De Agua	Valor	Color
Excelente	91-100	Blue
Buena	71-90	Green
Regular	51-70	Yellow
Mala	26-50	Orange
Muy mala	0-25	Red

Fuente: Meléndez et al. 2013, p. 101.

Realizado por: Jiménez, David, 2021.

3.8. Muestreo de macroinvertebrados

3.8.1. Fase de campo

Se recolectaron un total de 9 muestras de macroinvertebrados en los tres puntos escogidos, los muestreos en cada punto tuvieron una duración de 45 minutos siendo el tiempo suficiente para recolectar una muestra representativa.

Para el muestreo se realizó una identificación de los microhábitats que es donde se recolectaron los macroinvertebrados, recordando que éstos pueden vivir y desarrollarse en diferentes sustratos sean estos minerales como la grava, arena, arcilla y piedras, o sustratos orgánicos como las algas, hojarasca, raíces expuestas, troncos y ramas (Acosta et al. 2014, p. 52).

Es importante saber que los cuerpos hídricos en los que se pueda tocar el fondo acuático con las manos son considerados poco profundos, debido a esta característica se puede utilizar una amplia variedad de redes manuales relativamente pequeñas, con malla fina de aproximadamente 500 micras (Ramírez, 2010, p. 42) es así que con base en esto, el río Lupique cumple con ésta característica por lo tanto se consideró un cuerpo hídrico poco profundo.

Para la recolección se utilizó la técnica de patada con la ayuda de una Red D-net, el procedimiento es muy sencillo, el muestreador se ubicó en el sitio escogido a contra corriente y procedió a remover el fondo del río o el sustrato con el pie o la mano, para que de ésta manera los macroinvertebrados salgan o se despeguen del sustrato y sean transportados corriente abajo donde fueron capturados por la red (Acosta et al. 2018, p. 13).

Una vez que se capturó el sustrato y los sedimentos con la red ésta se los depositó en una bandeja de color blanco en donde se procedió a la separación de las rocas, hojas, ramas, arena o tierra para de esta manera solo capturar los macroinvertebrados atrapados o adheridos en ellos,

también se hizo uso de agua para desprenderlos más fácilmente del sustrato, todo esto con la ayuda de una pinza entomológica de 8 pulgadas (Acosta et al. 2014, pp. 53-54).

Una vez que se capturó los macroinvertebrados con la pinza, se los depositó en un frasco de vidrio con cierre hermético y para su preservación se le agregó alcohol al 70%, estos frascos fueron etiquetados para evitar confusiones en las muestras de cada punto (Ramírez, 2010, pp. 46-47), luego se los transportó al laboratorio en la hielera para evitar daños o derrames de los mismos.

3.8.2. Fase de laboratorio

La fase de laboratorio se la desarrolló en la ESPOCH sede Morona Santiago en donde se realizó la identificación taxonómica a nivel de familias de los macroinvertebrados recolectados en cada punto, para ello se hizo uso de una caja petri en la cual se depositaron los macroinvertebrados y en donde fueron separados y agrupados por características morfológicas visibles sean estas por tamaño, forma, presencia o ausencia de antenas patas o colas, color o filamentos en el cuerpo (González et al. 2018, p. 317).

Una vez colocados los macroinvertebrados en la caja petri se procedió a la identificación taxonómica de familias para lo cual se hizo uso de un estereoscopio, además se usaron pinzas para moverlos y manipularlos (Acosta et al. 2014, p. 55).

3.9. Cálculo de índice BMWP/Col

Para el cálculo del índice BMWP/Col, se requiere llegar al nivel de familia basándose en datos cualitativos es decir solo se enfoca en la presencia o ausencia, este índice valora a los macroinvertebrados de acuerdo con su tolerancia a la contaminación en valores que van desde 1 hasta 10, tal como está descrito en la Tabla 8-3 (Roldán, 2016, p. 261).

Tabla 8-3: Puntajes de las familias de macroinvertebrados según el índice BMWP/COL

ÍNDICE BMWP/COL	
FAMILIAS	PUNTAJES
<i>Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hydridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae.</i>	10
<i>Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeraeidae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydraenidae, Hidrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Polymitarcyidae, Xiphocentronidae.</i>	9
<i>Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelphusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.</i>	8
<i>Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyaellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae</i>	7
<i>Aeshnidae, Ancylidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Linnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.</i>	6
<i>Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae</i>	5
<i>Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolichopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydrometridae, Noteridae.</i>	4
<i>Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae.</i>	3
<i>Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae</i>	2
<i>Tubificidae</i>	1

Fuente: Roldán, 2003, p. 31.

Realizado por: Jiménez, David, 2021.

Los puntajes asignados a cada familia de acuerdo a su sensibilidad se establecen en una sumatoria el cual debe ubicarse en una categoría ya definida para éste índice identificando la calidad del agua (Tabla 9-3) (Trama et al., 2020, p. 152).

Tabla 9-3: Valores de referencia para la calidad de agua BMWP-COL

Clase	Significado	BMWP/Col	Calidad del agua
I	Aguas muy limpias a limpias	101-120, >150	Buena
II	Aguas ligeramente contaminadas	61-100	Aceptable
III	Aguas moderadamente contaminadas	36-60	Dudosa
IV	Aguas muy contaminadas	16-35	Critica
V	Aguas fuertemente contaminadas	<15	Muy critica

Fuente: Roldán 2003, p.32.

Realizado por: Jiménez, David, 2021.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Descripción de los puntos de muestreo

– Primer punto de muestreo (PML-1)

Se localiza aguas arriba del centro de Jimbitono (zona alta), fue de fácil localización debido a que se encuentra a la altura de un puente, se caracterizaba por ser de libre acceso gracias a las carreteras secundarias, posee una fauna abundante en sus riveras, presencia de grandes rocas con un sustrato rocoso arenoso y en sus alrededores existe presencia de viviendas y una piscícola con varias piscinas de cultivo de tilapias (Figura 1-4).



Figura 1-4: Primer punto de muestreo (PML-1)

Realizado por: Jiménez, David, 2021.

– Segundo punto de muestreo (PML-2)

Localizado en el área poblada de Jimbitono ubicado a varios metros de la carretera principal, por tal motivo este punto se le considero como intervenido o bajo los efectos de contaminación antrópica, es de fácil acceso al ubicarse en una carretera secundaria, posee abundante fauna a su

alrededor, un sustrato rocoso arenoso y por estar en la zona de influencia se evidenció contaminación por basura (Figura 2-4).



Figura 2-4: Segundo punto de muestreo (PML-2)

Realizado por: Jiménez, David, 2021.

– Tercer punto de muestreo (PML-3)

Este punto está considerado como una zona afectada por la actividad antrópica aunque la presencia de la población es mucho menor en comparación a los puntos de muestreo previos debido a que se encuentra a las afueras de la comunidad Jimbitono, pero cercano a varias fincas, este punto se caracteriza por estar rodeado de una fauna abundante, está localizado a varios metros de la unión con la microcuenca del río Jurumbaino y posee un sustrato rocoso con zonas arenosas y grandes rocas expuestas y sumergidas, para acceder a este punto se debe entrar por un sendero hasta llegar a un puente de madera sobre el río (Figura 3-4).



Figura 3-4: Tercer punto de muestreo (PML-3)

Realizado por: Jiménez, David, 2021.

4.2. Resultados de los parámetros ICA-NSF

Se realizó el análisis de los 9 parámetros del ICA-NSF a continuación se detallan los resultados que se obtuvieron después de los análisis realizados en campo (in situ) y en laboratorio (ex situ).

4.2.1. *Temperatura (ΔT)*

El gráfico 1-4 muestra la variación de la temperatura en los tres puntos de muestreo, en el mes de enero en la estación PML-2 se registró la temperatura más baja con 0,4 °C, en el mismo mes pero en la estación PML-1 se registró la temperatura más alta con 7,2 °C.

En general los cambios de temperatura que se presentaron en todas las estaciones no causaron alteraciones para todos los procesos que se realizan en el agua, pero de acuerdo con Carrillo y Urgilés (2016, p. 45) si la temperatura en los cuerpos hídricos aumenta provocaría una disminución en el oxígeno disuelto, aumentaría la proliferación de bacterias, la eutrofización, la solubilidad de algunas sustancias y la actividad biológica.

Es por ello que cambios súbitos de temperatura en los cuerpos hídricos puede afectar a los macroinvertebrados, influyendo en sus ciclos de vida y su distribución ya que se corre el riesgo de perder especies de macroinvertebrados sensibles a este parámetro, pero también pueden permanecer las especies tolerantes (Olarte y González, 2018, p. 16).

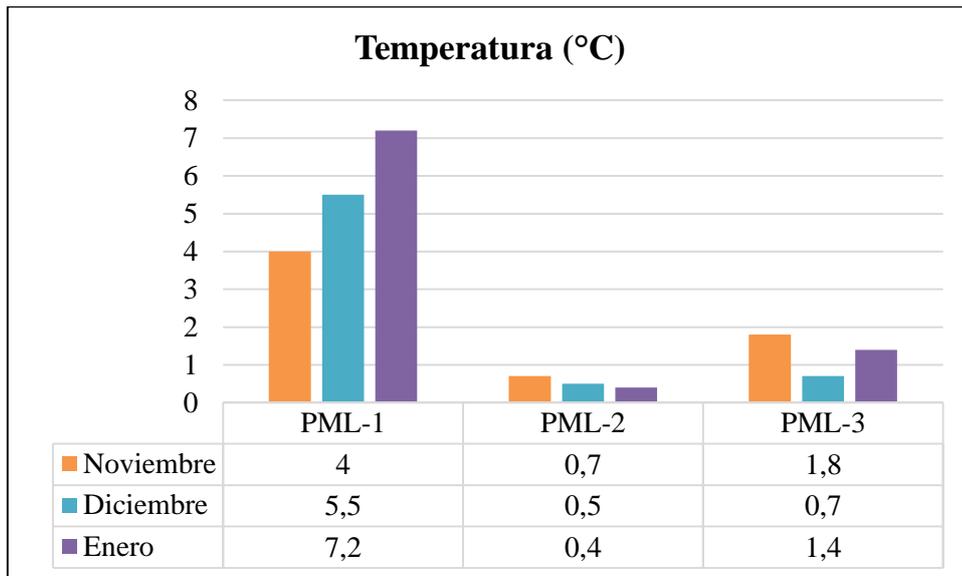


Gráfico 1-4: Resultados del Cambio de Temperatura

Realizado por: Jiménez, David, 2022.

4.2.2. *Turbidez*

El gráfico 2-4 muestra que los niveles de turbidez más altos, se registraron en el mes de diciembre, el mismo que tiene una tendencia creciente desde el punto uno hasta el tercero, en la tercera estación (PML-3) en el mes de diciembre se registró la turbidez más alta con 21 UNT (unidades nefelométricas de turbiedad), y en enero en la segunda estación (PML-2) se registra el nivel más bajo con 1,9 UNT.

Según el acuerdo ministerial 097- A en la tabla 1 indica los “*criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico*” (ver anexo D) en la cual indica el límite aceptable para este parámetro mismo que no debe exceder de 100 UNT, por lo tanto ninguna de las estaciones incumple esta norma ya que no sobrepasa los 21 UNT.

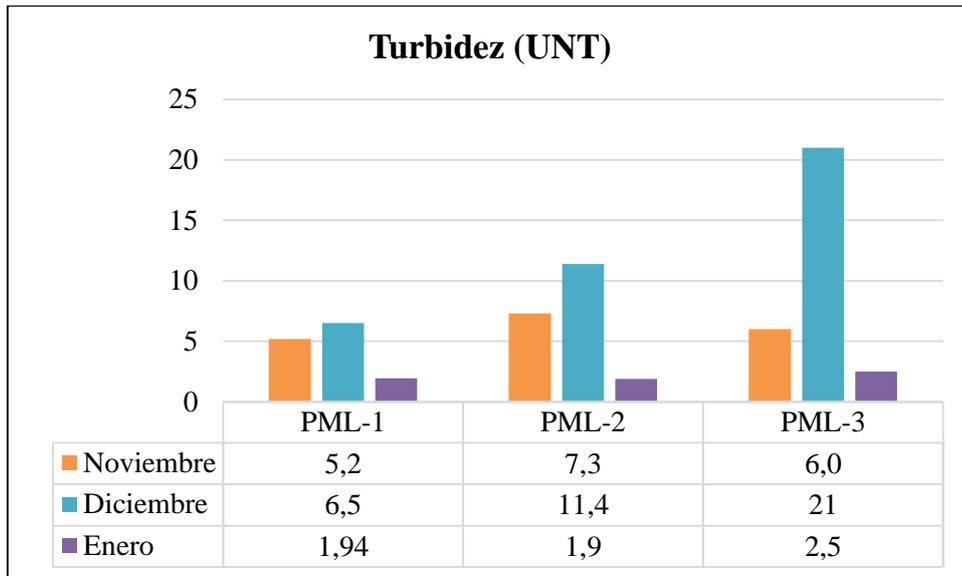


Gráfico 2-4: Resultados de la Turbidez

Realizado por: Jiménez, David, 2022.

Los resultados que se obtuvieron reflejan niveles muy bajos de turbidez en todas las estaciones y por lo tanto no fueron causa de efectos negativos sobre la fauna acuática del río Lupique, sin embargo de acuerdo a Pucuna (2020, p. 10) niveles altos de turbidez puede originarse de materiales en suspensión como arena, arcilla, sedimentos o aguas residuales, impidiendo el paso de los rayos de luz necesarios para la fotosíntesis de las plantas acuáticas, lo que causaría una disminución en la producción del oxígeno disuelto, afectando las comunidades de macroinvertebrados que viven en aguas con altos niveles de OD.

4.2.3. *Potencial de Hidrógeno (pH)*

La variación del pH en todas las estaciones fueron registradas en el gráfico 3-4 el cual mostro que en el mes de noviembre en la tercera estación (PML-3) se registró el pH más alto con 7,34, para diciembre se registró una baja en los niveles de pH en todas las estaciones y para enero nuevamente subieron, las variaciones de pH fueron mínimas en todas las estaciones, manteniéndose en un rango de 6,62 hasta 7,34, el mismo que se encontraba dentro del rango estipulado en el acuerdo ministerial 097-A en la tabla 1 (ver anexo D) la cual dice que se debe mantener un pH de 6-9, con base a esto los resultados que se obtuvieron cumplen con esta normativa.

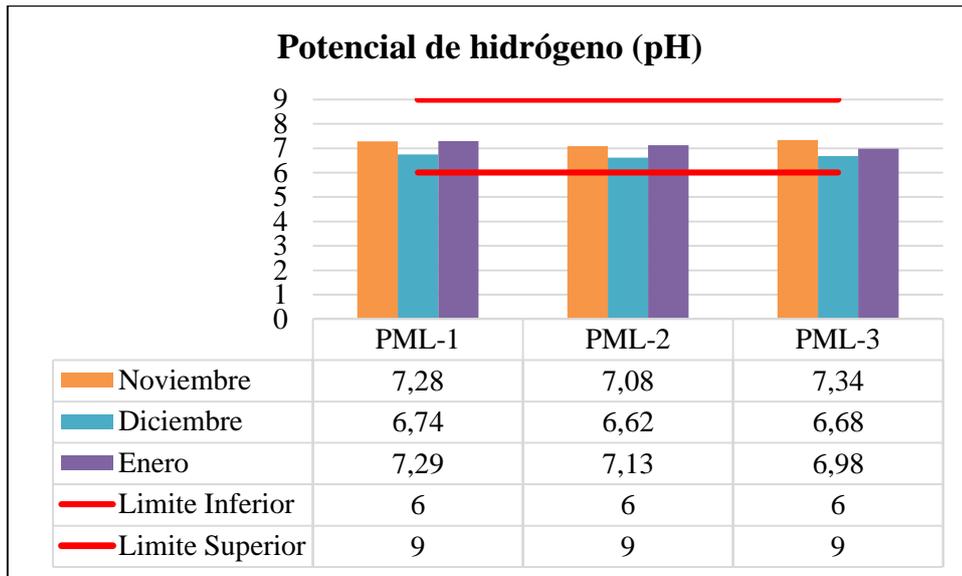


Gráfico 3-4: Resultados del potencial de hidrógeno (pH)

Realizado por: Jiménez, David, 2022.

Es importante resaltar que mantener un rango de pH entre 6-9 como se mostró en este estudio es esencial para el desarrollo de la vida en los cuerpos hídricos de agua dulce ya que permite la multiplicación de los organismos como los peces y macroinvertebrados, si el pH no se mantiene en este rango puede causar un desbalance en los compuestos químicos del agua movilizandoo contaminantes (Carrillo & Urgilés, 2016, p. 46).

4.2.4. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

El gráfico 4-4 muestra los resultados del parámetro DBO₅ el cual mostró que en el mes de diciembre en todas las estaciones se registraron los niveles más sobresaliente con una tendencia decreciente, esa así que en la primera estación (PML-1) se registró 10,9 mg/L, en la segunda (PML-2) 8 mg/L y en la tercera (PML-3) 2,5 mg/L, el nivel más bajo fue registrado en la estación PML-3 en el mes de enero con 1,5 mg/L.

Los valores que se obtuvieron fueron comparados con los de la tabla 2 del acuerdo ministerial 097-A, (ver anexo E) mostrando que el valor máximo admisible para este parámetro debe ser de 20 mg/L por lo que según los resultados que se obtuvieron se cumple con la normativa al registrar niveles inferiores en los tres puntos de muestreo.

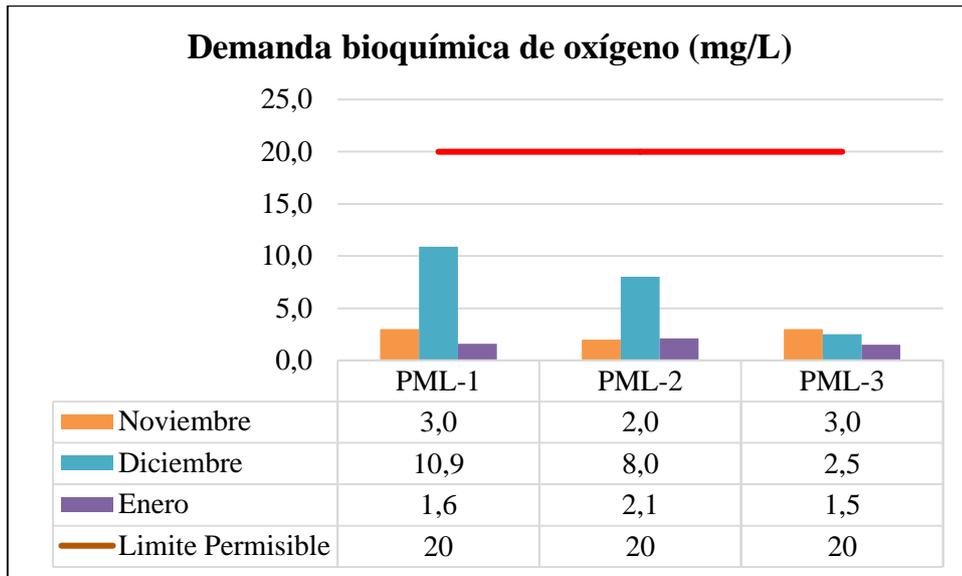


Gráfico 4-4: Resultados de la demanda bioquímica de oxígeno

Realizado por: Jiménez, David, 2022.

La DBO5 es un parámetro muy importante ya que si este registra valores muy altos quiere decir que el oxígeno disuelto del agua se está reduciendo, esto se debe principalmente al gran número de bacterias contenida en la materia orgánica que consumen el oxígeno del agua, por lo contrario si la DBO5 fuera menor quiere decir que el número de bacterias es reducido y por lo tanto el OD no se verá afectado y presentara valores altos (Carrillo & Urgilés, 2016, p. 47).

4.2.5. Nitratos (mg/L)

En el gráfico 5-4 se registraron los resultados de los nitratos presentes en el río Lupique, los cuales mostraron que en la estación PML-2 en el mes de diciembre se registró el nivel más alto con 12,7 mg/L, siendo este el resultado que más sobresalió con respecto a los demás puntos de muestreo durante todo el período de estudio, en la misma estación podemos ver que se registró el resultado más bajo con 0,7 mg/L.

Estos resultados fueron comparados con los registrados en el acuerdo ministerial 097-A en la tabla 2, mostrando el límite aceptable para este parámetro el cual no debe ser mayor a 13 mg/L, con base a esto podemos decir que este parámetro se encontró dentro del rango estipulado en esta norma (ver Anexo E).

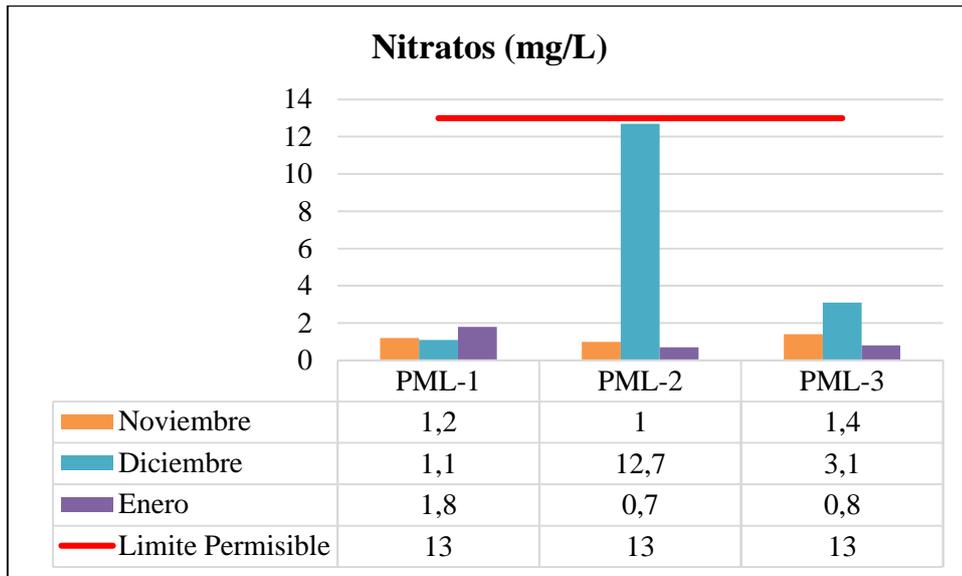


Gráfico 5-4: Resultados de los nitratos

Realizado por: Jiménez, David, 2022.

Para evitar la toxicidad por nitratos a corto plazo según la organización mundial de la salud (OMS) el límite máximo permisible es de 50 mg/L de sobrepasar este límite se presentara repercusiones en la salud humana (Vitoria et al. 2015, p. 217).

Las principales fuentes de nitrógeno para los cuerpos hídricos se pueden presentar por descargas de aguas residuales, por tanques sépticos, estiércol de granja, productos de limpieza y fertilizantes o abonos nitrogenados, los nitratos causan eutrofización siendo uno de los principales nutrientes, lo que provoca un aumento en el consumo del oxígeno disuelto y la destrucción de organismos acuáticos (Cárdenas, 2020, p. 19).

4.2.6. Fosfatos (mg/L)

Los niveles de fosfatos registrados en el gráfico 6-4, mostraron que en la estación PML-1 en enero se registró el valor más elevado con 0,84 mg/L, y en la estación PML-2 en diciembre se dio el nivel más bajo con 0,1 mg/L, de forma individual podemos ver que en el mes de noviembre se registra un tendencia decreciente iniciando con valores altos en la primera estación y que va disminuyendo hasta la tercera estación, esta misma tendencia la sigue el muestreo realizado en enero.

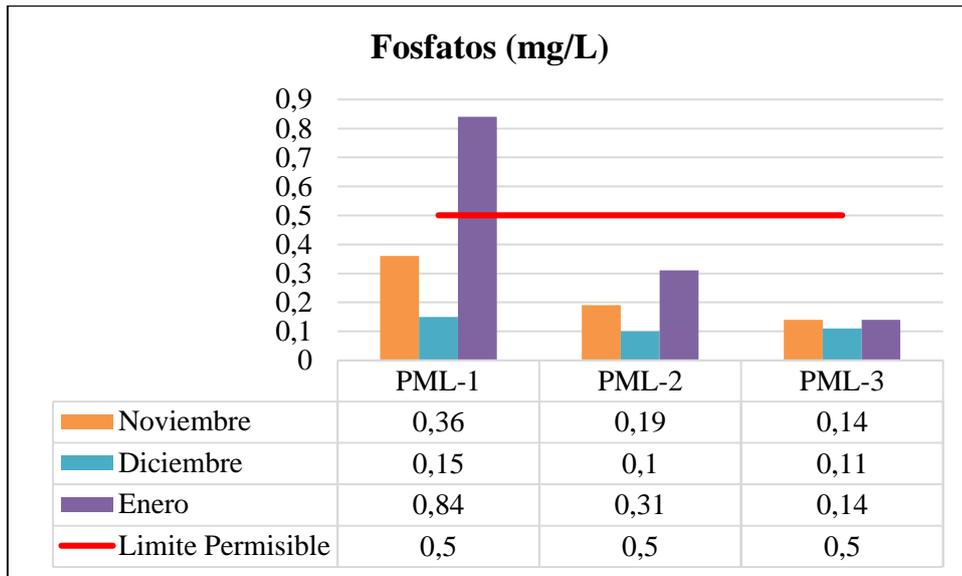


Gráfico 6-4: Resultados de los fosfatos

Realizado por: Jiménez, David, 2022.

El límite permisible de fosfatos en aguas para consumo humano según la unión mundial de la salud (OMS) establece un máximo 0,5 mg/L para evitar daños a la salud humana (Lema, 2017, p. 41), por lo tanto en la estación PML-1 del mes de enero se excedió este límite registrando 0,85 mg /L, siendo el único punto en sobrepasar esta normativa.

Los fosfatos al igual que los nitratos es uno de los nutrientes que aportan en la eutrofización y que puede llegar al agua de forma puntual, sea el caso de alguna fuente de descarga de aguas residuales, domésticas o escorrentía agrícola, cantidades elevadas de este nutriente puede causar la disminución de los organismos acuáticos al verse disminuido el oxígeno disuelto y el aumento en la turbidez (Cabello & Ramírez, 2001, p. 30).

4.2.7. *Sólidos disueltos totales (TDS por su siglas en ingles)*

Los resultados de los analisis de sólidos totales disueltos estan registrados en el gráfico 7-4 que fueron obtenidos durante los tres meses de estudio, en el mes de noviembre se registraron altos niveles de TDS, sigiendo un tendencia decreciente empezando en el primer punto (PML-1) que registró el dato mas alto con 360 mg/L, el segundo punto (PML-2) registro 280 mg/L y finalmente en el tercer punto (PML-3) se obtuvo 240 mg/L, por lo contrario en el mes de diciembre en el tercer punto (PML-3) se registró el nivel mas bajo con 20 mg/L, en general los TDS mas sobresalientes se registraron en el mes de noviembre en todas las estaciones, para los meses de diciembre y enero los resultados tienden a disminuir.

Según Vásconez et al (2019, p. 61) en su libro sobre las “*Cuencas Hidrográficas*” menciona que los TDS menores a 600 mg/L son aptas para consumo humano y si estas son superiores a los

1000 mg/L no son aptas para el consumo humano, sobre esa base los resultados que fueron obtenidos indican que se cumple con los límites aceptables de TDS, ya que no se registro en ninguna de las estaciones niveles superiores a 360 mg/L.

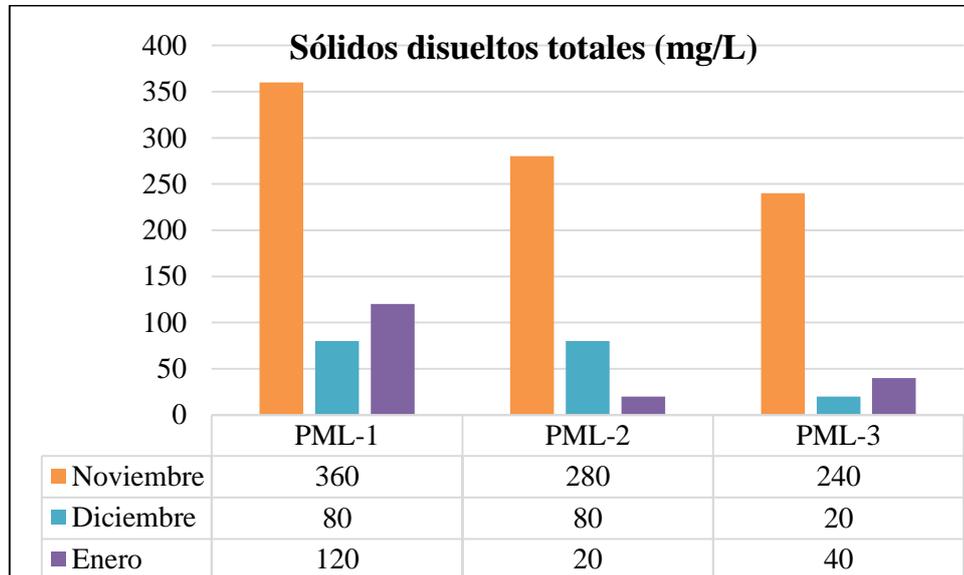


Gráfico 7-4: Resultados de los sólidos disueltos totales

Realizado por: Jiménez, David, 2022.

Altos índices de TDS en los cuerpos hidricos pueden impedir que la luz solar ingrese al lecho acuatico, ademas de causar cambios en la calidad del agua cambiando el sabor de la misma por un sabor amargo, salado o metalico (Carrillo & Urgilés, 2016, p. 48).

4.2.8. Oxígeno Disuelto (OD)

El gráfico 8-4 indica los resultados de los tres muestreos que se realizaron durante el período de estudio, de forma general en todas las estaciones se presenta una tendencia creciente, en el mes de noviembre en la estación PML-3 se registró el nivel más bajo con 8,81 mg/L que equivale a 113,6 % de OD, y en la estación PML-2 en el mes de enero se registró el nivel más alto con 9,73 mg /L equivalente a 117,3 % de OD.

Según la Tabla 2 de acuerdo ministerial 097-A el límite aceptable para este parámetro debe ser mayor al 80 %, debido a que el nivel más bajo en este parámetro fue de 113,6 % de OD podemos decir que esté cumple con los estándares de calidad admisibles en la tabla 2 (Ver Anexo E).

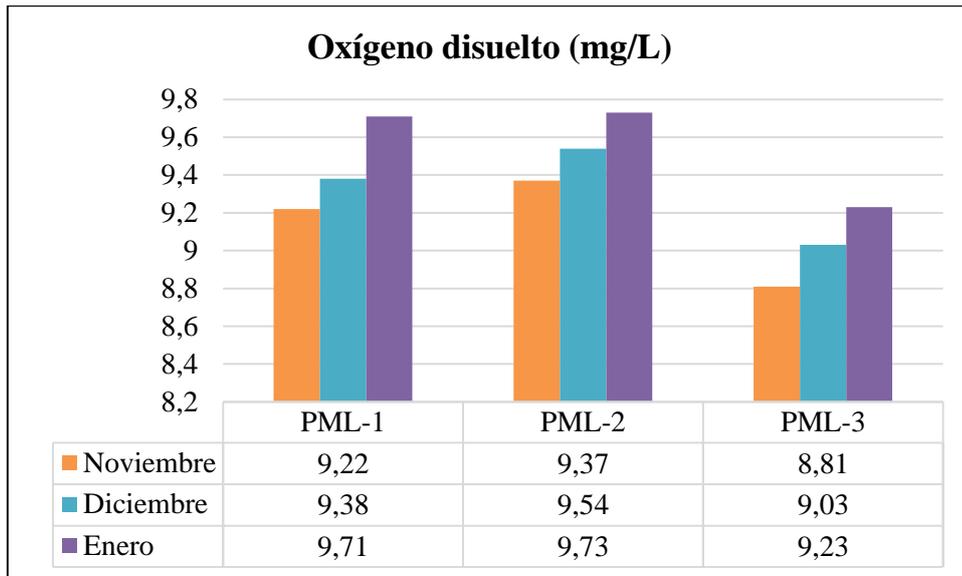


Gráfico 8-4: Resultados del oxígeno disuelto

Realizado por: Jiménez, David, 2022.

El oxígeno disuelto en el agua es uno de los parámetros más importante debido a que interviene en muchos de los procesos que ocurren en los cuerpos hídricos, como reacciones biológicas o bioquímicas, es así que bajos niveles de OD pueden ser por descargas de materia orgánica ya que para su degradación las bacterias consumen el oxígeno lo que causa una disminución en este parámetro, (Carrillo & Urgilés, 2016, p. 49), además puede afectar las comunidades de macroinvertebrados que al sentir la falta de oxígeno disuelto pueden verse obligados a abandonar su hábitat o incluso desaparecer, debido a que muchas de estas especies no toleran bajos niveles de OD, quedando solo las especies tolerantes a estas condiciones de anoxia (Olarde & González, 2018, p. 16).

4.2.9. *Coliformes fecales (UFC/100 ml)*

Los resultados de los coliformes fecales registrados en el gráfico 9-4 mostraron que en la estación PML-1 del muestreo realizado en enero se registró el nivel más alto con 4000 UFC (unidades formadoras de colonias), niveles tan altos de coliformes fecales en este punto sugieren una descarga de aguas residuales o excretas animales, por lo contrario en la estación PML-3 podemos ver que se registró el nivel más bajo con 100 UFC.

Según el acuerdo ministerial 097-A en la tabla 1 el límite máximo aceptable es de 1000 UFC (Ver Anexo D), es así que en todas las estaciones se sobrepasa este parámetro sobresaliendo las estaciones PML-2 y PML-3 que registraron niveles por encima de los 1150 UFC.

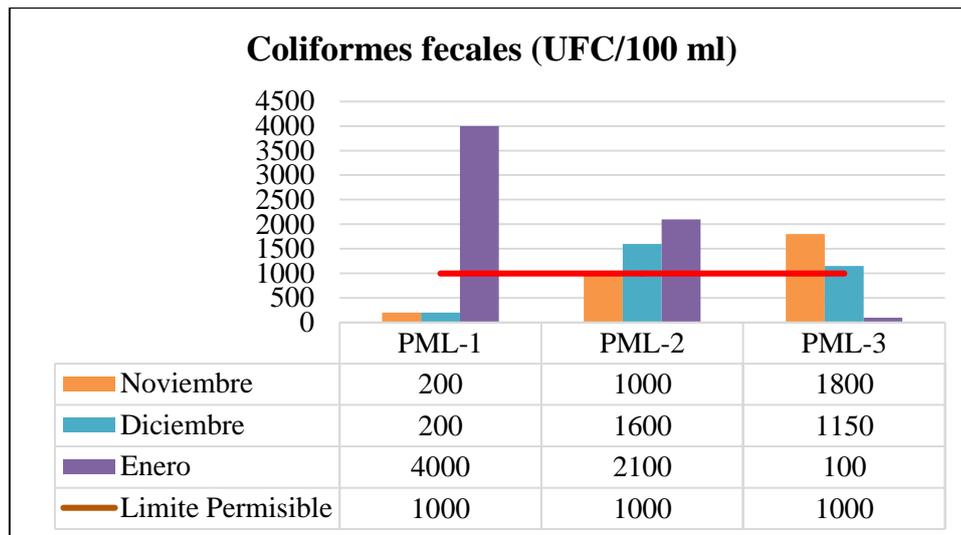


Gráfico 9-4: Resultados de los coliformes fecales

Realizado por: Jiménez, David, 2022.

La presencia de coliformes fecales en altas concentraciones como las presentadas en las tres estaciones, sugiere que existen vertidos directos de origen animal o humano también se puede dar cuando grandes precipitaciones arrastran los desechos y estos llegan a los cuerpos hídricos por escorrentía, las bacterias coliformes tienen gran capacidad para desarrollarse y sobrevivir en sistemas de agua potables, es por esto que son buenos indicadores de contaminación y su presencia puede causar enfermedades a la salud (Pino et al. 2021).

4.3. Resultados del ICA-NSF

Tabla 1-4: Calidad del agua del río Lupique según el ICA-NSF

Parámetro	Unidad	Noviembre			Diciembre			Enero		
		Estaciones de muestreo			Estaciones de muestreo			Estaciones de muestreo		
		PML-1	PML-2	PML-3	PML-1	PML-2	PML-3	PML-1	PML-2	PML-3
Oxígeno disuelto	mg/L	9,22	9,37	8,81	9,38	9,54	9,03	9,71	9,73	9,23
Coliformes fecales	UFC/100 mL	200	1000	1800	200	1 600	1 150	4000	2100	100
Potencial de hidrógeno (pH)		7,28	7,08	7,34	6,74	6,62	6,68	7,29	7,13	6,98
DBO5	mg/L	3,0	2,0	3,0	10,9	8,0	2,5	1,6	2,1	1,5
Nitratos	mg/L	1,2	1	1,4	1,1	12,7	3,1	1,8	0,7	0,8
Fosfatos	mg/L	0,36	0,19	0,14	0,15	0,1	0,11	0,84	0,31	0,14
Temperatura	°C	4	0,7	1,8	5,5	0,5	0,7	7,2	0,4	1,4
Turbidez	UTN	5,2	7,3	6,0	6,5	11,4	21	1,94	1,9	2,5
Sólidos disueltos totales	mg/L	360	280	240	80	80	20	120	20	40
Valor del ICA-NSF		65,64	68,29	65,98	63,9	50,57	64,53	54,01	65,61	78,97
Calificación		Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Buena
Promedio		66,63	REGULAR		59,66	REGULAR		66,19	REGULAR	

Realizado por: Jiménez, David, 2022.

Con los resultados que se obtuvieron de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua se determinó mediante el *software* IQA-Data la calidad del agua en cada punto de muestreo, en el primer punto (PML-1) en los muestreos realizados en noviembre y diciembre de 2021 y enero de 2022 se obtuvo una calificación de **REGULAR** según el ICA-NSF, los parámetros que influyeron negativamente en este punto fueron los coliformes fecales, DBO5 y fosfatos (ver Tabla 7-3).

En el segundo punto (PML-2) según el ICA-NSF se obtuvo nuevamente una calidad de agua **REGULAR** en los tres meses de muestreo, en este punto al igual que el anterior existieron parámetros que influyeron en el deterioro de la calidad de agua, entre ellos están los coliformes fecales, DBO5, nitratos y fosfatos.

Finalmente en el tercer punto (PML-3) existió cierta diferencia ya que solo en los meses de noviembre y diciembre se obtuvo una calidad de agua **REGULAR**, y en enero de 2022 se obtuvo una calidad de agua **BUENA** (ver Tabla 7-3), siendo esta la única estación que obtuvo esta calificación durante todo el período de estudio, el parámetro que impidió obtener una mejor calidad de agua fue nuevamente los coliformes fecales.

En todas las estaciones de muestreo se pudo evidenciar que el parámetro que más afecta la calidad del agua son los coliformes fecales superando los límites aceptables en varios puntos, el mismo que está asociado directamente con la DBO₅, debido a que si la carga contaminante es muy elevada como las presentadas en este estudio, los microorganismos que degradan la materia orgánica necesitaran una alta demanda de OD, es decir son directamente proporcionales, Pero en base a los resultados que se obtuvieron podemos decir que existió una contradicción ya que los niveles de OD reflejados en la tabla 1-4 fueron elevados e inclusive superan los límites aceptables, esto nos dice que la capacidad del río para auto depurarse es superior y por lo tanto parámetros como el OD no se vieron afectados, de acuerdo con Vélez (2020, p. 21) la autodepuración en el agua se lleva a cabo de forma natural y conlleva un conjunto de fenómenos fisicoquímicos y biológicos, llevadas a cabo por bacterias aeróbicas que destruyen la materia orgánica, además de plantas acuáticas que absorben y asimilan nutrientes contenidos en la materia orgánica.

Por otra parte parámetros como nitratos y fosfatos que también influyeron negativamente en la calidad el agua, y que según Forero (2017, p. 55) evidencia el uso de pesticidas en campos agrícolas que pueden llegar al río por escorrentía o descarga directa de aguas residuales domésticas, además de estar asociados a las características mismas del suelo.

4.4. Resultados del índice BMWP/Col

Los resultados obtenidos para la determinación del índice BMWP/Col fueron gracias a la identificación taxonómica de familias realizada en los laboratorios de la ESPOCH sede Morona Santiago, a continuación en la tabla 2-4 se detallan las familias de macroinvertebrados identificados con los valores asignados a cada una detallados en la tabla 8-3 y la calidad del agua según la tabla 9-3.

Tabla 2-4: Calidad del agua según el índice biológico BMWP/Col

Estaciones de muestreo			PML-1			PML-2			PML-3		
Fecha del muestreo			17/11/2021	14/12/2021	11/01/2022	17/11/2021	14/12/2021	11/01/2022	17/11/2021	14/12/2021	11/01/2022
Nº	Orden	Familia	BMWP/Col	BMWP/Col	BMWP/Col	BMWP/Col	BMWP/Col	BMWP/Col	BMWP/Col	BMWP/Col	BMWP/Col
1	Odonata	Gomphidae	10		10			10		10	10
2		Coenagrionidae	7								
3		Calopterygidae	7	7	7	7	7	7	7	7	7
4		Libellulidae	6	6	6	6	6	6	6	6	6
5		Polythoridae			10			10			
6	Coleoptera	Ptilodactylidae	10	10	10	10		10	10		10
7		Gyrinidae				9					
8		Dytiscidae							9		
9		Elmidae		6	6		6	6			
10	Plecoptera	Perlidae	10	10	10	10	10	10	10		10
11	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	9	9	9	9	9	9	9	9	9
12		Baetidae	7		7				7		7
13		Leptohyphidae	7	7	7	7	7	7		7	7
14		Oligoneuriidae								10	
15	Trichoptera	Hydrobiosidae	9								
16		Calamoceratidae	8	8	8		8				
17		Leptoceridae	8	8	8	8	8	8		8	8
18		Hydropsychidae	7	7	7	7	7	7	7	7	7
19	Hemiptera	Hebridae	8								
20		Veliidae		8		8			8	8	8
21		Naucoridae	7	7	7	7	7	7	7	7	7
22		Gerridae							8		
23	Megaloptera	Corydalidae	6	6			6	6		6	6
24	Tricladida	Planariidae		7	7	7	7	7			7
25	Mesogastropoda	Ampullariidae							9		
26	Decapoda	Pseudothelphusidae		8							
27		Palaemonidae		8							
28	Lepidoptera	Pyralidae								5	
29	Diptera	Simuliidae			8						
Sumatoria			126	132	117	95	98	100	97	90	100
Calidad del agua según el índice BMWP/Col			Buena	Buena	Buena	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable

Realizado por: Jiménez, David, 2022.

Según la identificación taxonómica a nivel de familias de los macroinvertebrados que se recolectaron durante los tres meses de estudio, los resultados obtenidos en la estación PML-1 mostraron que de acuerdo con el índice biológico BMWP/Col la calidad del agua es **BUENA**, la cual registro un total de 23 familias identificadas, entre las cuales tenemos aquellas con una tolerancia a la contaminación de 10, tales como la *Gomphidae*, *Perlidae* y *Ptilodactylidae*, y familias con una tolerancia a la contaminación de 6 como la *Libellulida*, *Elmidae* y *Corydalidae*, lo cual significa que en este punto se encontraron macroinvertebrados que viven en aguas desde muy limpias a poco contaminadas.

Para el segundo punto (PML-2) la calidad de agua en los tres muestreos se degradó a **ACEPTABLE**, en esta estación se identificaron familias como la *Perlidae* que tiene una tolerancia a la contaminación de 10 siendo este el puntaje más elevado y la familia *Libellulidae* que representa una tolerancia de 6 siendo el puntaje más bajo a nivel de familias encontradas en este punto, de manera general en comparación con los resultados obtenidos en el primer punto se redujo el número de familias presentes a 17 por ende las sumatorias reflejan valores menores en comparación con el primer punto.

Por último en la tercera estación (PML-3) se identificaron 18 familias que reflejaron una calidad de agua **ACEPTABLE** en este muestreo resaltaron familias como la *Perlidae*, *Gomphidae* y *Oligoneuriidae* con una tolerancia de 10 y *Pyrilidae* con una tolerancia de 5 siendo la única en todos los muestreos con este nivel de tolerancia la cual vive en aguas moderadamente contaminadas.

Según los resultados microbiológicos las coliformes fecales afectaron de forma negativa en todos los muestreos ya que registraron niveles superiores a los permitidos por ende este parámetro afectaría la distribución de las comunidades de macroinvertebrados, pero esto no fue así ya que familias como la *Perlidae* encontradas en todos los puntos de muestreo y que tienen el más alto grado de sensibilidad fueron identificadas en los puntos contaminados, pero según Fonseca (2010, pp. 140-141) esta familia tiene la capacidad de generar un movimiento parecido al de una lagartija causando que más agua pase por sus branquias generando una mayor disposición de oxígeno disuelto aun en aguas contaminadas.

Esta capacidad presentado por la familia *Perlidae* llevo a pesar que existe una discrepancia en cuanto a la asignación de los puntajes de tolerancia debido a que existen familias del mismo Orden con diferentes niveles de tolerancia a varios tipos de contaminación (Hawkes, 1998, p. 996), por ejemplo en este estudio se identificaron familias del orden *Odonatas* mismas que se subclasifican en *Gomphidae* con una tolerancia de 10, *Calopterygidae* con una tolerancia de 7 y *Libellulidae* con una tolerancia de 6, reforzando el hecho de que cada familia a pesar de pertenecer al mismo orden responden a diferentes tipo de contaminantes.

4.5. Comparación entre los índices ICA-NSF y BMWP/Col

Tabla 3-4: Comparación de resultados entre los índices IC-NSF y BMWP/Col

INDICES	ESTACIONES	PML-1	PML-2	PML-3
	MUESTREOS	Calidad del agua	Calidad del agua	Calidad del agua
ICA-NSF	Noviembre	REGULAR	REGULAR	REGULAR
	Diciembre			REGULAR
	Enero			BUENA
BMWP/Col	Noviembre	BUENA	ACEPTABLE	ACEPTABLE
	Diciembre			
	Enero			

Realizado por: Jiménez, David, 2022.

Los resultados que se obtuvieron aplicando los dos índices de calidad del agua en este estudio mostraron ciertas diferencias en cuanto a la calidad del agua en cada punto de muestreo, teniendo en cuenta que el índice ICA-NSF se basa en los análisis fisicoquímicos y microbiológicos que reflejan las condiciones del momento y espacio en el que se toma la muestra, a diferencia del índice biológico BMWP/Col que indica las condiciones existentes en un período de tiempo, debido a complejos y largos ciclos de vida de las diversas especies de macroinvertebrados (Naranjo & López 2013, pp. 17-18), reflejando la calidad del agua en el que se desarrollan, siendo sensibles a cambios físicos y químicos alterando la composición de las comunidades de macroinvertebrados, ya que algunas familias no pueden cambiar de hábitat al sentir estos cambios, lo que los hace buenos indicadores de la calidad del agua (Carrion & Pérez 2007, p. 9).

En la tabla 3-4 podemos ver los resultados de calidad de agua obtenidos después de los análisis in situ y ex situ además de la identificación taxonómica de macroinvertebrados, en el primer punto (PML-1) según el ICA-NSF se obtuvo una calidad de agua **REGULAR** en todos los muestreos mientras que según el índice BMWP/Col la calidad de agua es **BUENA** representando agua limpias.

En el segundo punto PML-2 la calidad el agua se mantiene en **REGULAR** según el ICA- NSF, por lo contrario el índice BMWP/Col indico que la calidad del agua cambia a **ACEPTABLE** categoría que pertenece a aguas ligeramente contaminadas.

Por último en el tercer punto de muestreo PML-3 los resultados del ICA-NSF varían ya que en los muestreos de noviembre y diciembre se obtiene una calidad de agua **REGULAR** y para enero cambio a una calidad de agua **BUENA** lo que sugiere que durante este muestreo cambiaron las características fisicoquímicas y microbiológicas debido a que en este mes no se presentaron precipitaciones a diferencia de las lluvias presentadas en noviembre y diciembre, en

cambio los resultados que se obtuvieron con el índice biológico se mantiene en una calidad de agua **ACEPTABLE** mostrando que los macroinvertebrados no cambian su estructura por cambios en su hábitad que pueden ser temporales y espaciales.

4.6. Resultados del análisis canónico de correspondencia (CCA)

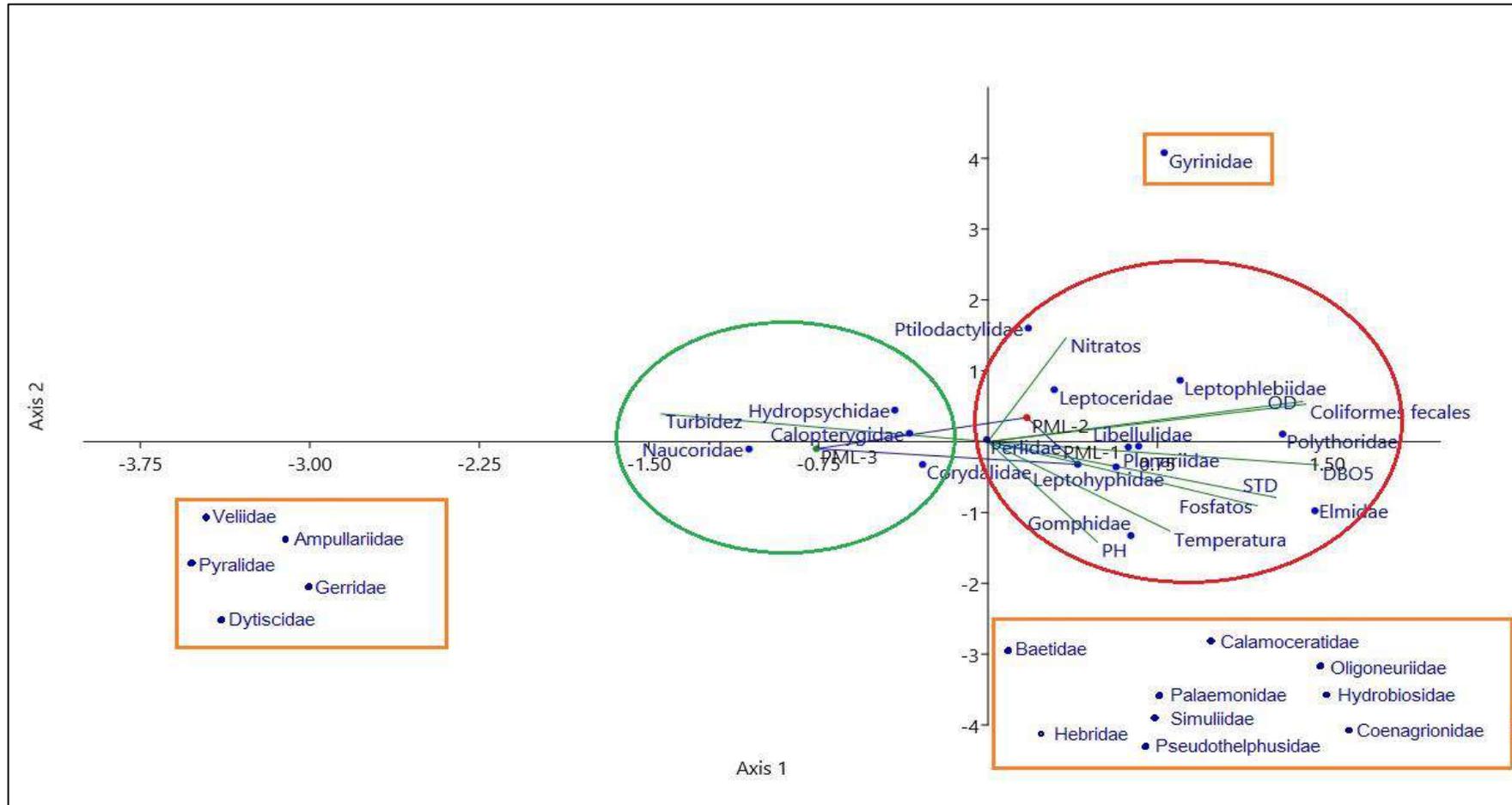


Gráfico 10-4: Análisis canónico de correspondencia

Realizado por: Jiménez, David, 2022.

En el gráfico 10-4 podemos ver el resultado de la correlación entre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con las diferentes familias de macroinvertebrados que se identificaron, mostrando la afinidad que estos tienen a los diferentes parámetros, en total se encontraron 29 familias distribuidas en los tres puntos de muestreo.

Se pudieron distinguir tres grupos (círculo rojo), el primero está compuesto por los puntos PML-1 y PML-2 al encontrarse muy cercanos sugiere que tienen características similares compartiendo parámetros como DBO5, STD, PH, Fosfatos, Temperatura, Nitratos, Coliformes fecales y OD que tienen afinidad a familias como la *Perlidae*, *Gomphidae*, *Polythoridae* y *Ptilodactylidae* que se encuentran en aguas limpias y con alta concentración de OD, en este grupo también podemos encontrar familias que se desarrollan en aguas poco contaminadas como *Libellulidae*, *Planariidae*, *Leptohyphidae*, *Elmidae*, *Leptophlebiidae* y *Leptoceridae*.

En el segundo grupo (círculo verde) tenemos el tercer punto (PML-3) mismo que tiene afinidad al parámetro de turbidez encontrando familias como *Naucoridae*, *Hydropsychidae*, y *Calopterygidae* que son comunes en aguas poco contaminadas, y la familia *Corydalidae*, que puede desarrollarse y vivir en aguas que van de poco contaminadas a modernamente contaminadas.

finalmente en el último grupo (cuadrados anaranjados) encontramos familias como la *Baetidae*, *Calamoceratidae*, *Palaemonidae*, *Simuliidae*, *Gyrinidae*, *Ampullariidae*, *Veliidae*, *Pyrallidae*, *Dytiscidae*, *Oligoneuriidae*, *Hydrobiosidae*, *Gerridae*, *Hebridae*, *Coenagrionidae* y *Pseudothelphusidae* que son familias que no presentaron afinidad a ningún parámetro, por lo que se puede decir que están ampliamente distribuidas o poseen un amplio rango de tolerancia.

Para complementar la información obtenida del análisis de correspondencia canónica se realizó un cuadro jerárquico en el que muestra la afinidad entre los puntos de muestreo, siendo evidente y ratificando que entre los puntos 1 y 2 forman un grupo en el que comparten variables fisicoquímicas y microbiológicas, el punto número 3 forma un solo grupo, debido a que se encuentra alejado de los demás puntos formando un grupo con pocas familias de macroinvertebrados afines a la turbidez.

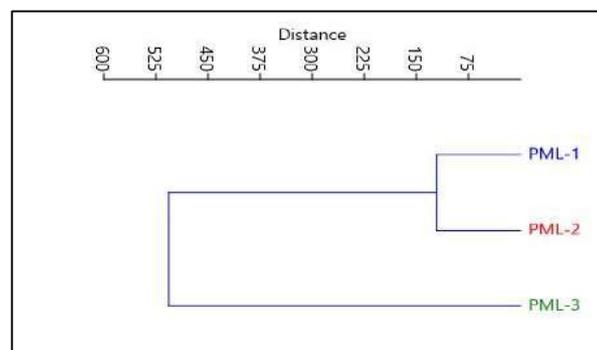


Gráfico 11-4: Análisis jerárquico

Realizado por: Jiménez, David, 2022.

CONCLUSIONES

- La calidad del agua de río Lupique según la identificación de los macroinvertebrados como bioindicadores bentónicos aplicando el método BMWP/Col en promedio define la calidad del agua en una categoría **ACEPTABLE** de clase II siendo aguas ligeramente contaminadas, esto debido a las altas concentraciones de parámetros como los coliformes fecales, nitratos y fosfatos, las cuales pueden ser generadas por descargas de aguas residuales domésticas o de excretas animales o humanas además de actividades agrícolas, propias de la comunidad Jimbitono.
- El presente estudio fue realizado en un tramo de 3 kilómetros del río Lupique de la comunidad Jimbitono, seleccionando tres puntos de muestreo en los cuales se recolectaron una variedad de 29 familias de macroinvertebrados, según el método BMWP/Col se pudo concluir que en la estación PML-1 se obtuvo una calidad de agua **BUENA**, en la estación PML-2 y PML-3 la calidad del agua decae a **ACEPTABLE**, lo que significa que las aguas del río Lupique van desde muy limpias hasta ligeramente contaminadas, la gran distribución de familias encontradas como la *Perlidae* y *Gomphidae* que son muy sensibles a la contaminación estuvieron presentes en todos los muestreos, además de las familias *Leptohyphidae* y *Libellulidae* con un nivel de tolerancia a la contaminación de 7 y 6 respectivamente, lo cual significa que las condiciones fisicoquímicas son favorables para la proliferación de una amplia variedad de macroinvertebrados.
- Mediante la aplicación del índice ICA-NSF se concluyó que la calidad del agua del río Lupique varía con respecto al espacio y tiempo, mostrando en las estaciones PML-1 y PML-2 un ICA de **REGULAR** en los dos meses de muestreo (noviembre y diciembre de 2021), la diferencia se presentó en el último muestreo programado para enero de 2022 en el que las estaciones PML-1 y PML-2 siguen registrando un ICA **REGULAR** pero para la estación PML-3 cambia a un ICA **BUENO**, concluyendo así que los cambios en las condiciones climáticas como las lluvias presentadas en noviembre y diciembre aportaron contaminantes mediante escorrentía cambiando las características del cuerpo hídrico de forma temporal, además se puede ver que existen varias vertientes permanentes conectadas con esta microcuenca mismas que pueden aportar contaminantes de las zonas agrícolas y pobladas, con base en los resultados se concluye que la calidad del agua del río Lupique no es apta para consumo humano.
- El análisis canónica de correspondencia mostro la afinidad de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con las 29 familias de macroinvertebrados, identificando tres grupos el primero formado por las estaciones PML-1 y PML-2 en el cual se evidencio una gran afinidad con parámetros como la temperatura, OD, DBO5, pH, nitratos, fosfatos y coliformes fecales todos están asociado a procesos de eutrofización, degradación de la

materia orgánica y a procesos de mineralización y oxidación, las familias asociadas a este grupo son la *Perlidae*, *Leptoceridae*, *Leptoxyphidae* y *Libellulidae*, esta afinidad también pudo ser debido a la ubicación espacial de los puntos de muestreo, debido a que son puntos continuos e influenciados por la zona agrícola y poblada, la estación PML-3 forma parte del segundo grupo en el cual se evidencia la afinidad al parámetro físico de la turbidez asociado a procesos de erosión y arrastre de sedimentos, este parámetro muestra una afinidad a familias como *Naucoridae*, *Hydropsychidae*, *Calopterygidae* y *Corydalidae*, finalmente el último grupo no está asociado a ninguno de los puntos de muestreo esto puede ser debido a que familias como la *Gerridae*, *Baetidae* y *Gyrinidae* poseen un amplio rango de tolerancia y se encuentran distribuidos en todos los puntos.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar monitoreos en periodos de tiempo y espacio más amplios para poder obtener resultados más detallados y mediante ellos determinar con exactitud si la contaminación que se presenta está directamente relacionada con las variables climáticas o espaciales.
- Realizar un registro de las vertientes que alimentan el río Lupique las cuales pueden aportar contaminantes, esto ayudara a futuros estudios a determinar con más certeza las fuentes puntuales de contaminación.
- Se recomienda a las autoridades de la comunidad Jimbitono realizar campañas de limpieza a lo largo de las riberas del río Lupique, mismo que presenta contaminación por basura ya que el río atraviesa en su totalidad por la comunidad y no existe control al arrojar estos desechos al río.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, R, et al. *Guía rápida para identificación de macroinvertebrados de los ríos altoandinos del cantón Cuenca.* [en línea], Cuenca-Ecuador: 2018. [Consulta: 2021-12-25]. ISSN 1098-6596. Disponible en: <https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/guia-monitoreo-participativo-calidad-agua-digital.pdf>.

ACOSTA, R., et al. *Protocolo de evaluación de la Integridad Ecológica De Los Ríos De La Región Austral Del Ecuador. ETAPA EP, SENAGUA- DGS. Universidad de Cuenca. Programa PROMETEO de la SENESCYT* [en línea]. Cuenca-Ecuador. 2014. [Consulta:2021-12-22]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/321181495%0AProtocolo>.

ALARCÓN, J. Aplicación de métodos de Índices de Calidad de Agua (ICA) en el río Rímac (Trabajo de titulación) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. 2019. pp. 1-163. [Consulta: 2021-12-18]. Disponible en: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/12169>.

ALBA, J. "Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos". *IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA)* [en línea], 2014, (España) II (1). 1996, pp. 203-213. [Consulta: 2021-11-24]. ISBN: 84-7840-262-4. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/237225203_Macroinvertebrados_acuaticos_y_calidad_de_las_aguas_de_los_rios.

ANDRADE, Á. & PEÑA, C. "Logros y desafíos en la implementación de los ODS en Ecuador". *Old.Socialwatch.Org* [en línea], 2018, (Ecuador) 14 (6), pp. 123. [Consultado:2021-10-20]. Disponible en: <https://odsterritorioecuador.ec/wp-content/uploads/2018/11/INF-anual-ODS-final.pdf>.

APHA-AWWA-WEF. *Standard Methodds for The Examination Of Water and Wastewater* [en línea]. 23 er ed. Washington-USA: American Public Health Association, 2017. [Consulta: 2021-12-16]. ISBN 9788578110796. Disponible en: <http://dl.mozh.org/upload/StandardMetods23RD.pdf>.

APHA-AWWA-WPCF. *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales* [en línea]. 17 edition. Madrid-España: Diaz de Santos. S.A, 1989. [Consulta: 2021-12-16].

ISBN 9788479780319. Disponible en: <https://docer.com.ar/doc/585x8n>.

ARIJA, C. "Taxonomía , sistemática y herramientas esenciales en zoología y veterinaria". *RedVet* [en línea], 2012, (España) 13 (7), pp. 1-10. [Consulta: 2021-12-10]. E-ISSN: 1695-7504. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/636/63624404021.pdf>.

ASAMBLE NACIONAL DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua. *Registro Oficial Suplemento N° 305* [en línea], Quito, Ecuador. 2014. [Consulta: 2021-12-05]. Disponible en: <http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Ley-Orgánica-de-Recursos-Hídricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf>.

AZUERO, Á. "Significatividad del marco metodológico en el desarrollo de proyectos de investigación ". *Arbitrada Interdisciplinaria KOINONIA* [en línea], 2019, (Venezuela), IV(1), pp. 110-127. [Consulta: 2021-12-13]. ISSN: 2542-3088 DOI <http://dx.doi.org/10.35381/r.k.v4i8.274> Significatividad. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7062667>.

BAÑOS, R., et al. "Cómo aplicar un análisis jerárquico en SPSS". *Revista d'Innovació i Recerca en Educació* [en línea], 2014, (España), 7(1), pp. 113-127. [Consulta: 2022-01-18]. ISSN 2013-2255. Disponible en: <http://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/65577>.

BUENAÑO, M., et al. "Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua en la cuenca del Pachanlica, provincia de Tungurahua, Ecuador". *Intropica* [en línea], 2018 (Ecuador) 13 (1), pp. 41-49. [Consulta: 2021-12-01]. ISSN 1794-161X. DOI 10.21676/23897864.2405. Disponible en: <http://revistas.unimagdalena.edu.co/index.php/intropica/article/view/2405>.

BUITRÓN, R. "¿Estado Constitucional de Derechos? Derecho humano al agua en Ecuador". *Universidad Andina Simon Bolívar* [en línea], 2009, (Ecuador). pp. 139-158. [Consultado: 2021-11-02]. Disponible en: <http://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/938/1/DDHH-Inf-7-Buitrón-Derecho humano el agua.pdf>.

CABELLO, C. & RAMÍREZ, E. *Contaminación de las aguas por nitratos y efectos sobre la salud* [en línea]. Sevilla-España. 2001. [Coinsulta: 2022-01-06]. ISBN 8484860051. Disponible en: https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/salud_5af065353ff4b_contaminacion_aguas_por_nitratos.pdf.

CÁRDENAS, P. Evaluación de la calidad del agua en la microcuenca hidrográfica del Río Tutanangoza mediante análisis fisicoquímicos, microbiológicos y la aplicación del ICA-NSF (Trabajo de Titulación) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. 2020. pp. 1-145. [Consulta: 2021-11-08]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19608>.

CARRERA, C. & FIERRO, K. *Manual de Monitoreo: Macroinvertebrados Acuáticos como Indicadores de la Calidad de Agua* [en línea]. Quito-Ecuador: Eco Ciencia, 2018. [Consulta: 2021-11-28]. ISBN 9978-41-964-0. Disponible en: https://biblio.flacsoandes.edu.ec/shared/biblio_view.php?bibid=144719&tab=opac.

CARRILLO, M. & URGILÉS, P. Determinación del Índice de calidad de agua ICA-NSF de los ríos Mazar y Pindilig (Trabajo de titulación) (Ingeniería) [en línea]. Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador. 2016. pp. 1-126. [Consulta: 2021-12-25]. Disponible en: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23518/1/tesis.pdf>.

CARRION, S. & PÉREZ, L. Evaluación de la calidad de agua mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del Yeguaré, Honduras (Trabajo de titulación) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Zamorano. Zamorano. Honduras. 2007. pp. 1-69. [Consulta: 2022-01-18]. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/524/1/IAD-2007-T001.pdf>.

CASTRO, M., et al. "Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global". *Ingeniería solidaria* [en línea], 2014, (Colombia), 9 (17). [Consulta: 2021-11-16]. ISSN 1900-3102. DOI 10.16925/in.v9i17.811. Disponible en: <https://revistas.ucc.edu.co/index.php/in/article/view/811/770>.

CHOW, V., et al. *Hidrología aplicada* [en línea]. Bogotá- Colombia. ISBN 0070108102, 1994. [Consulta: 2021-9-2] Disponible en: <https://baixardoc.com/documents/hidrologia-aplicada-vente-chow-5cae52662105a>.

CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO. "Construcción Y Operación De La Línea De Transmisión a 230 KV La Reforma - San Fernando". *DESSAU* [en línea], 2017, (Colombia), pp. 2-71. [Consulta: 2021-11-10]. Disponible en: <https://docplayer.es/152886620-Proyecto-construccion-y-operacion-de-la-linea-de-transmision-a-230-la-reforma-san-fernando.html>.

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. *Constitución de la República del Ecuador 2008. Incluye Reformas* [en línea], Quito, Ecuador. 2008. [Consulta: 2021-12-01]. Disponible en: https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf.

CONVENIO SOBRE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA. "Agua potable, diversidad biológica y desarrollo" [en línea]. 2010, Montreal-Canadá: pp. 1-48. [Consulta: 2021-09-5]. ISBN 9292252399. Disponible en: <https://www.cbd.int/development/doc/cbd-good-practice-guide-water-booklet-web-es.pdf>.

DA COSTA, A. & POSSELT, E. *IQA DATA – Portfólio de Tecnologias da Unisc. 2015* [en línea]. 2015 [Consulta: 2022-02-09]. Disponible en: <https://www.unisc.br/sites/nitt/tecnologia/iqa-data/>.

DIGESA. "Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales, Miniserio de salud, dirección general de salud ambiental (DIGESA)". *Journal of Chemical Information and Modeling* [en línea], 2007, (Perú) 53 (9), pp. 1- 21. [Consulta: 2021-12-14] ISSN 1098-6596. Disponible en: [http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes_tecnicos/PROTOCOLO-MONITOREO-CALIDAD-RECURSOS-HIDRICOS-SUPERFICIALES-\(CONTINENTALES\).pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes_tecnicos/PROTOCOLO-MONITOREO-CALIDAD-RECURSOS-HIDRICOS-SUPERFICIALES-(CONTINENTALES).pdf).

DURÁN, L. "Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros físicoquímicos y biológicos". *Dinamica ambiental* [en línea], 2018, (Colombia) 1 (1), pp. 83-102. [Consulta: 2021-11-18]. ISSN 2590-6704. DOI 10.18041/2590-6704/ambiental.1.2016.4593. Disponible en: <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/ambiental/article/view/4593>.

FERNANDEZ, A. "El agua: un recurso esencial". *Química Viva* [en línea], 2012, (Argentina) 11 (3), pp. 147-170. [Consulta: 2021-11-10]. ISSN 1666-7948. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>.

FERNÁNDEZ, L., et al. "Aplicación del Índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador". *Ingeniería Hidráulica y Ambiental* [en línea], 2017, (Ecuador), XXXVIII (3), pp. 41-51. [Consulta: 2021-10-19]. ISSN 1680-0338. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v38n3/riha04317.pdf>.

FONAG. "Día Mundial del Agua". *Agua a Fondo* [en línea]. 2018. (Ecuador) 38 (2), pp. 1-12.

[Consulta: 2021-10-19]. Disponible en: http://www.fonag.org.ec/web/wp-content/uploads/2019/09/AGUA_A_FONDO38-min.pdf.

FONSECA, P. "Capítulo 6. Plecoptera". *Revista de Biología Tropical* [en línea], 2010, (Puerto Rico) 58 (4), pp. 139-148. [Consulta: 2022-01-16]. ISSN 00347744. Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800006.

FORERO, J. Macroinvertebrados bentónicos y su relación con la calidad del agua en la cuenca alta del Río Frío (Tabio, Cundinamarca) (Trabajo de titulación) (Ecología) [en línea]. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. 2017. pp. 2-78. [Consulta: 2022-01-15]. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/34419/ForeroDuarteJulian2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

FORO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS. *La gestión comunitaria del agua para consumo humano y el saneamiento en el Ecuador: Diagnóstico y Propuestas*, [en línea]. Quito-Ecuador: Graphus, 2013. [Consulta: 2021-09-25]. ISBN 9789942996053. Disponible en: <https://www.camaren.org/documents/lagestioncomunitaria.pdf>.

GÁLVEZ, J. *¿Qué es Cuenca Hidrológica?* [en línea]. Lima- Perú: 2011. [Consulta: 2021-11-09]. ISBN: 978-9972-602-76-4 Disponible en: https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/cuenca_hidrologica.pdf.

GARCÍA, G., et al. "Determinación del índice de calidad del agua en ríos de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador". *Ingeniería del agua* [en línea], 2021, (Ecuador) 25 (2), pp. 115-125. [Consulta: 2021-11-06], ISSN 1134-2196. DOI 10.4995/ia.2021.13921. Disponible en: <https://iwaponline.com/IA/article/25/2/115/81941/Determinacion-del-indice-de-calidad-del-agua-en>.

GARCÍA, J., et al. "Uso de bioindicadores para la evaluación de la calidad del agua en ríos: aplicación en ríos tropicales de alta montaña". *UG Ciencias* [en línea], 2017,(Colombia) 23 (1), pp. 47-62. [Consulta: 2021-11-24]. ISSN 2346-0814. DOI <https://doi.org/10.18634/ugcj.23v.0i.659>. Disponible en: <https://revistas.ugca.edu.co/index.php/ugciencia/article/view/659>.

GONZÁLEZ, O., et al. "Macroinvertebrados dulceacuícolas". *Diversidad biológica de Cuba: métodos de inventario, monitoreo y colecciones biológicas* [en línea], 2018 (Cuba), pp. 306-

325. [Consulta: 2021-12-10]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/326065744_MACROINVERTEBRADOS_DULCEA_CUICOLAS/link/5b363997aca2720785f5a742/download.

GUARDERAS, P., et al. *Cartilla de identificación de macroinvertebrados acuáticos : Guía para el monitoreo participativo* [en línea]. Quito, Ecuador: 2017. [Consulta: 2021-11-22]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/342248615_Cartilla_de_identificacion_de_macroinvertebrados_acuaticos_Guia_para_el_monitoreo_participativo.

HANSON, P., et al. "Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos". *Revista de Biología Tropical*. [en línea], 2010, (Costa Rica) 58 (1), pp. 3-37. [Consulta: 2021-11-30]. ISSN 0034-7744. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v58s4/a01v58s4.pdf>

HAWKES, H.A. "Technical note origin and development of the biological monitoring working party score system". *Elsevier Science* [en línea], 1998, (Inglaterra), 32 (3), pp. 964-968. [Consulta: 2022-01-18]. DOI [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(97\)00275-3](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(97)00275-3). Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135497002753>.

HEREDIA, L., et al. "Análisis clúster como técnica de análisis exploratorio de registros múltiples en datos meteorológicos". *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente* [en línea], 2012, (Colombia) 11 (1), pp. 11-20. [Consulta:2021-12-12]. ISSN: 1692-9918. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=231125817001>.

HERRERA, M., "El índice biológico BMWP (Biological Monitoring Working Party score), modificado y adaptado al cauce principal del río Pamplonita Norte de Santander". *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas* [en línea], 2005. (Colombia) 3 (2), pp. 54-67. [Consulta: 2021-09-05] ISSN 0120-4211. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/903/90330207.pdf>.

IANAS. *La calidad del agua en las Américas Riesgos y Oportunidades* [en línea]. México. 2019. [Consulta: 2021-09-18]. ISBN 9786078379330. Disponible en: https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2019/10/Calidad-de-agua-en-las-Américas_2019.pdf.

INEN. *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169: 2013 Agua, Calidad de agua, Muestreo Manejo y Conservación de Muestras. Instituto Ecuatoriano De Normalización* [en línea] Quito, Ecuador: 2013. [Consulta: 2021-12-14]. Disponible en: <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2169-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.->

MANEJO-Y-CONSERVACIÓN-DE-MUESTRAS.pdf.

INEN. *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176: 2013 Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo.* Instituto Ecuatoriano De Normalización [en línea]. Quito, Ecuador: 2013. [Consulta: 2021-12-14]. Disponible en: <https://bit.ly/2C5dMyv>.

ISCH, E. *Contaminación de las aguas y políticas para enfrentarla. Foro de los Recursos Hídricos* [en línea]. Quito - Ecuador: Camaren, 2011. pp. 52. [Consulta: 2021-09-20]. Disponible en: <http://www.camaren.org/documents/contaminacion.pdf>.

JAQUE, E. & POTOĆÍ, C. Evaluación del índice de calidad de agua (ICA) de la microcuenca del río Chibunga, en variaciones estacionales, provincia de Chimborazo – Ecuador, durante el período 2014 (Trabajo de titulación) (Ingeniería) [en línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2015. pp. 1-167. [Consulta: 2021-11-10], Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4077%0Ahttp://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4077/1/236T0132UDCTFCl.pdf>.

JIMÉNEZ, B., et al. *Calidad del agua: un enfoque multidisciplinario* [en línea]. Mexico: ISBN 9786070214554, 2010. [Consulta: 2021-9-2] Disponible en: <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/Mexico/iiec-unam/20110804014021/Calidagua.pdf>.

LADRERA, R. "Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos". *Páginas de Información Ambiental* [en línea], 2012, (España). 39(1), pp. 24-29. [Consulta: 2021-12-10]. ISSN: 1577-7960. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4015812.pdf>.

LANDETA, J. El conflicto socioambiental- Estudio de caso proyecto Hidroeléctrico Hidroabánico y la comunidad de Jimbitono en la provincia de Morona Santiago. (Trabajo de titulación) (Maestría) [en línea]. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales FLACSO. Ecuador. 2014. p.15. [Consulta: 2021-09-28]. Disponible en: <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/7602/7/TFLACSO-2014JCUL.pdf>.

LECCA, E. & LIZAMA, E. "Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno". *Journal of the American Chemical Society* [en línea], 2014, (Perú) 17 (1), pp. 71-80. [Consulta: 2021-11-18]. ISSN 1810-9993. DOI 10.1021/ja00334a047. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>.

LEMA, J. Cuantificación de la variabilidad espacial y temporal de iones de fosfato en dos cuencas andinas altas del sur del Ecuador (Trabajo de titulación) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca, Ecuador, 2017. pp.1-115. [Consulta: 2022-01-05] Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14968/1/UPS-CT007384.pdf>.

LOZANO, M. 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) [en línea]. .Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Macas, Ecuador. 2019. pp.3-141 [Consulta: 2021-09-30]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10594?mode=full>.

MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Acuerdo ministerial 061. Reforma del libro VI del texto unificado de legislación secundaria. Registro oficial* [en línea], Quito, Ecuador: 2015. [Consulta: 2021-12-05], Disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155124.pdf>.

MINISTERIO DEL AMBIENTE, *Acuerdo No 097-A Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. Registro oficial TULSMA* [en línea], Quito, Ecuador: 2015. [Consulta: 2021-12-06], Disponible en: https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf.

MEDINA, M. & ANDRADE, M. Determinación de la calidad del agua del Río Malacatos mediante Fauna Bentónica como bioindicadora y alternativas de mitigación de la contaminación. (Trabajo de titulación) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador. 2009. pp. 1-111. [Consulta: 2021-11-12]. Disponible en: https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5046/1/DETERMINACIÓN_DE_LA_CALIDAD_DEL_AGUA_DEL_RÍO_MALACATOS.pdf.

MELÉNDEZ, V., et al. "Aplicación de los índices de calidad de agua NSF, DINIUS y BMWP Application of water quality indices NSF, DINIUS and BMWP". *Revista Gestión y Ambiente* [en línea], 2013, (Colombia) 16 (1), pp. 97-108. [Consulta: 2021-12-20]. ISSN 0124.177X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1694/169427489003.pdf>.

MENDEZ, P., et al. Determinación del índice de calidad del agua (NSF) del río Copueno ubicado en Cantón Morona. *Revista Científica El Dominio de las Ciencias* [en línea], 2020, (Ecuador) 6 (2), pp. 734-746. [Consulta: 2021-11-08]. DOI <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i3.1245>. Disponible en:

<https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/1245>.

MINAGRI. *Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales* [en línea]. Lima-Perú: 2016. [Consulta: 2021-11-22]. Disponible en: https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo_nacional_para_el_monitoreo_de_la_calidad_de_los_recurso_hidricos_superficiales.pdf.

MIRANDA, C. 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) [en línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2018. pp. 1-78. [Consulta: 2021-11-06]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/8765>.

MONTOYA, Y., et al. "Evolución de la calidad del agua en el Río Negro sus principales tributarios empleando como indicadores los índices ICA, el BMWP/COL y el ASPT". *Caldasia* [en línea], 2011. (Colombia) 33 (1), pp. 193-210. [Consulta: 2021-09-10]. ISSN 23573759 Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/263237191_EVOLUCION_DE_LA_CALIDAD_DE_L_AGUA_EN_EL_RIO_NEGRO_Y_SUS_PRINCIPALES_TRIBUTARIOS_EMPLEANDO_COMO_INDICADORES_LOS_INDICES_ICA_EL_BMWPCOL_Y_EL_ASPT.

MORA, J. Uso de macroinvertebrados como metodo de evaluacion de la calidad del río Salima (Atacames - Ecuador) (Trabajo de titulación) (Ingeniería) [en línea]. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Esmeraldas, Ecuador. 2018. pp. 1-56. [Consulta: 2021-11-05] Disponible en: [https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/1639/1/MORA RODRÍGUEZ JOSELYN MICHELLE.pdf](https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/1639/1/MORA_RODRIGUEZ_JOSELYN_MICHELLE.pdf).

NARANJO, C. & LÓPEZ, P. "Biological Monitoring Working Party, un índice biótico con Potencialidades para evaluar la calidad de las aguas en Ríos Cubanos". *Ciencia en su PC* [en línea], 2013. (Cuba) 1 (2), pp. 15-25. [Consulta: 2021-09-07]. ISSN 10272887. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181328708003>.

OLARTE, A. & GONZÁLEZ, D. "Determinación del tratamiento y la calidad de agua utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores". *Revista Dinámica Ambiental* [en línea], 2018, (Colombia) 2 (2), pp. 9-26. [Consulta: 2022-01-03]. ISSN: 2590-6704. Disponible en: <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/ambiental/article/view/5768/5360>.

ORTEGA, L., et al. "Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en la Bahía de Santa Marta, Caribe Colombiano". *Acta Biologica Colombiana* [en línea], 2008, (Colombia), 13 (3), pp. 87-98. [Consulta: 2021-11-18]. ISSN 0120548X. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v13n3/v13n3a7.pdf>.

PASTRAN, M. Evaluación de la calidad del agua mediante la utilización de Macroinvertebrados Bentónicos, como bioindicadores: Estudio de caso en el río Suárez (Chiquinquirá - Boyacá) (Trabajo de titulación) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Libre Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería Ambiental. Bogotá, Colombia. 2017. pp. 1-146 [Consulta: 2021-11-05]. Disponible en: [https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/11180/EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE MACRO INVERTEBRADOS BENTÓNICOS%2C COMO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/11180/EVALUACIÓN_DE_LA_CALIDAD_DEL_AGUA_MEDIANTE_LA_UTILIZACIÓN_DE_MACRO_INVERTEBRADOS_BENTÓNICOS%2C_COMO.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

PDOT. *Actualización del diagnóstico del PDOT 2011. Diagnóstico estratégico de la Provincia de Morona Santiago* [en línea], Macas- Ecuador: 2011. [Consultado: 2021- 11-02]. Disponible en: https://moronasantiago.gob.ec/Descargas/rendiciondecuentas/2017/PDOT_2015-2019.pdf.

PEÑAFIEL, A. Evaluación de la Calidad del Agua del Río Tomebamba Mediante el Índice ICA del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (Trabajo de titulación) (Ingeniería). [en línea]. Universidad de Cuenca, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil. Cuenca, Ecuador. 2014. pp. 1-91 [Consulta: 2021-11-02]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/20919/1/tesis.pdf>.

PÉREZ, A., et al. *Guía de Macroinvertebrados Bentónicos de la provincia de Orellana* [en línea]. Quito- Ecuador: Vascones, 2016. [Consulta: 2021-09-20]. ISBN 9789896540821. Disponible en: <https://esf-cat.org/wp-content/uploads/2017/02/Guia-de-Macroinvertebrados-Benticos-de-la-provincia-de-Orellana-ESF-Baja-Calidad.pdf.pdf>.

PINO, S., et al. "El costo de remediación del recurso agua por contaminación de coliformes fecales en el Estero Salado, sector La Chala, Guayaquil-Ecuador". *Espacios* [en línea], 2021, (Ecuador) 42 (04), pp. 102-120. [Consulta: 2022-01-06]. ISSN: 0798-1015 DOI 10.48082/espacios-a21v42n04p09. Disponible en: <https://www.revistaespacios.com/a21v42n04/a21v42n04p09.pdf>.

PUCUNA, G. Determinación de la calidad del agua mediante el uso de parámetros físicoquímicos y biológicos de 8 bofedales de la Reserva de producción de fauna de Chimborazo

(Trabajo de titulación) (Ingeniería) [en línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2020. pp. 1-118. [Consulta: 2021-11-03.] Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/14148/1/23T00774.pdf>.

RAMÍREZ, A. "Métodos de recolección". *Rev. Biol. Trop* [en línea], 2010, (Costa Rica) 58 (1), pp. 41-50. [Consulta: 2021-12-22]. SSN-0034-7744. Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800002.

RODRÍGUEZ, C. & BARRERA, E. "Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI". *Producción + Limpia* [en línea], 2017. (Colombia) 12 (2), pp. 35-49. [Consulta: 2021-09-10]. ISSN 19090455. DOI 10.22507/pml.v12n2a3. Disponible en: <http://repository.lasallista.edu.co:8080/ojs/index.php/pl/article/view/1541>.

ROLDÁN, G. *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia* [en línea]. Bogotá-Colombia: Universidad de Antioquia, 1996. [Consulta: 2021-11-30]. ISBN 9589129048. Disponible en: <https://ianas.org/wp-content/uploads/2020/07/wbp13.pdf>.

ROLDÁN, G. *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia Uso del método BMWP/Col.* 1ª. ed. Antioquia-Colombia: Universidad de Antioquia, 2003. ISBN 9586556719, 9789586556712. pp. 4-170.

ROLDÁN, G. *Los Macroinvertebrados como Bioindicadores de la Calidad Del Agua.* [en línea]. Bogotá, Colombia: 2012. [Consulta: 2021-11-28]. ISBN 9789588188195. Disponible en: <https://ianas.org/wp-content/uploads/2020/07/wbp12.pdf>.

ROLDÁN, G. "Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica". *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* [en línea], 2016 (Colombia) 40 (155), pp. 254-274. [Consulta: 2021-11-22]. ISSN 0370-3908. DOI 10.18257/raccefyn.335. Disponible en: <https://raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/335/208>.

SAMANIEGO, Gabriel. Análisis de la calidad de agua de la microcuenca del río Alcacay como herramienta de gestión de los recursos hídricos (Trabajo de titulación) (Ingeniería) [en línea]. S.l.: Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador 2019. pp. 1-96. [Consulta: 2021-11-20]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/32280>.

SAMPIERI, R., et al. *Metodología de la Investigación* [en línea]. 6ª. ed. México: McGRAW-HIL, 2014. [Consulta: 2021-12-13]. ISBN 9781456223960. Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>.

SAMPIERI, R. & TORRES, C. *Metodología de la investigación las rutas cuantitativas, cualitativas y mixta* [en línea]. México: McGRAW-HIL. 2018. [Consulta: 2021-12-06]. ISBN 9781456260965. Disponible en: <http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/handle/54000/1292>.

SIERRA, C. *Calidad del Agua. Evaluación y diagnóstico* [en línea]. Medellín-Colombia: Universidad de Medellín, 2011. [Consulta: 2021-11-10]. ISBN 9788578110796. Disponible en: https://kupdf.net/download/evaluaci-oacute-n-de-la-calidad-del-agua_58afbd6d6454a77139b1e8d8_pdf.

TORRALBA, A. Estado ecológico, comunidades de macroinvertebrados y de odonatos de la red fluvial de Aragón (Trabajo de titulación) (Doctoral) [en línea]. Consejo Económico y Social de Aragón, Zaragoza, España. 2008. pp. 1-224 [Consulta: 2021-11-03]. ISBN: 978-84-692-1628-6 Disponible en: https://www.aragon.es/documents/20127/674325/TESIS_ODONATOS.pdf/071fca6d-0850-8653-b771-034951780283.

TORRES, P., et al. "Aplicación de Índices de calidad de agua - ICA orientados al uso de la fuente para consumo humano". *Ingeniería E Investigación* [en línea], 2010, (Colombia) 30 (3), pp. 86-95. [Consulta: 2021-11-03]. ISSN-e 2248-8723. Disponible en: <https://pdfcoffee.com/aplicacion-de-indices-de-calidad-de-agua-ica-orientados-al-uso-de-la-fuente-para-consumo-humano-applying-water-quality-indexes-wqi-to-the-use-of-water-sources-for-human-consumption-pdf-free.html>.

TORRES, P., et al. "Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica". *IRevista Ingenierías Universidad de Medellín* [en línea], 2009, (Colombia) 8 (1), pp. 79-94. [Consulta: 2021-11-16]. ISSN 2041319X. DOI 10.1039/9781788012669-00386. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/riium/v8n15s1/v8n15s1a09.pdf>.

TRAMA, F., et al. "Índices de calidad de habitat y macroinvertebrados en siete Cuencas del Parque Nacional Yanachaga Chemillén y su Zona de Amortiguamiento: conservación manejo del bosque ribereño en el Perú". *Revista Peruana de Biología* [en línea], 2020, (Perú) 27 (2), pp. 149-168. [Consulta: 2021-11-30]. ISSN 1561-0837. DOI 10.15381/rpb.v27i2.16730. Disponible

en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/article/view/16730>.

UNESCO. *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019* [en línea]. París-Francia: UNESCO Publishing, 2019. [Consultado: 2021-10-19]. ISBN 978-92-3-300108-4. Disponible en: <https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf>.

VALER, I., et al. *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú* [en línea]. 1ª. ed. Lima-Perú: 2014. [Consulta: 2021-11-28]. ISBN 9786124174155. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp-content/uploads/sites/21/2014/02/Métodos-de-Colecta-identificación-y-análisis-de-comunidades-biológicas.compressed.pdf>.

VÁSCONEZ, M., et al. *Cuencas Hidrográficas* [en línea]. Quito- Ecuador: Abya-Ayala, 2019. [Consulta: 2021-11-08]. ISBN 9789978103807. Disponible en: [https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19038/1/Cuencas hidrográficas.pdf](https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19038/1/Cuencas%20hidrográficas.pdf).

VÉLEZ, K. Evaluación de la calidad del agua del río Copueno, tramo Paccha - Jardín del Upano, mediante Macroinvertebrados Bentónicos (Trabajo de titulación) (Ingeniería) [en línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Macas, Ecuador. 2015. pp. 1-115 [Consulta: 2021-11-12]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8538/1/236T0319.pdf>.

VÉLEZ, S. Determinación de la capacidad de autodepuración de un tramo del río Tunjuelo respecto al pH y la demanda biológica de oxígeno (DBO) (Trabajo de titulación) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Católica de Colombia. Bogotá, Colombia. 2020. pp. 5-67. [Consulta: 2022-01-10]. Disponible en: [https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/24838/1/101 Trabajo de grado - 504283.pdf](https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/24838/1/101Trabajo%20de%20grado%20-%20504283.pdf).

VITORIA, I., et al. "Contenido en nitratos de aguas de consumo público españolas". *Gaceta Sanitaria* [en línea], 2015, (España) 29 (3), pp. 217-220. [Consulta: 2022-01-03]. ISSN 02139111. DOI 10.1016/j.gaceta.2014.12.007. Disponible en: https://scielo.isciii.es/pdf/gsv29n3/original_breve4.pdf.

ZAMORA, J. "Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela,

noviembre". *Revista Pensamiento Actual (San José)* [en línea]. 2009, (Costa rica) 9 (12). pp. 125-135. [Consulta: 2021-11-20]. ISSN 1409-0112. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5897932>.

ZUARTH, C., et al. *Bioindicadores: Guardianes de nuestro futuro ambiental* [en línea]. México,DF.: 2014. [Consulta: 2021-11-24]. ISBN 9786078429059. Disponible en: <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/11/Bioindicadores-Guardianes-de-nuestro-futuro-ambiental.pdf>.

ANEXOS

ANEXO A: TOMA DE MUESTRAS DE AGUA Y MACROINVERTEBRADOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO



Recolección de muestra de agua en el primer punto (PML-1)



Muestras de agua etiquetadas



Muestras guardadas en la hielera



Uso de la red D- net



Recolección de muestras de macroinvertebrados



Separación de los macroinvertebrados del sustrato recolectado

ANEXO B: ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS IN SITU Y EX SITU



Análisis del Ph (in situ)



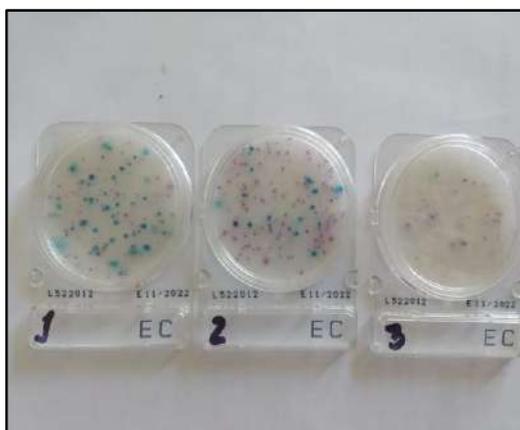
Análisis del oxígeno disuelto (OD) y la temperatura (in situ)



Análisis de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)



Análisis de los sólidos totales



Coliformes fecales



Identificación de los macroinvertebrados

ANEXO C: PRINCIPALES MACORINVERTEBRADOS ENCONTRADOS E IDENTIFICADOS EN EL AREA DE ESTUDIO



Leptophlebiidae



Perlidae



Palaemonidae



Hidropsychidae



Pyrallidae



Calopterygidae



Naucoridae



Leptoceridae



Corydalidae



Elmidae



Planariidae



Libellulidae

ANEXO D: CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO

TABLA 1: CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO			
PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Arsénico	As	mg/l	0,1
Coliformes Fecales	NPM	NMP/100 ml	1000
Bario	Ba	mg/l	1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro	CN ⁻	mg/l	0,1
Cobre	Cu	mg/l	2
Color	Color real	Unidades de Platino- Cobalto	75
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,05
Fluoruro	F ⁻	mg/l	1,5
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	<4
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	<2
Hierro total	Fe	mg/l	1
Mercurio	Hg	mg/l	0,006
Nitratos	NO ₃	mg/l	50
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,2
Potencial Hidrógeno	Ph	Unidades de pH	6-9
Plomo	Pb	mg/l	0,01
Selenio	Se	mg/l	0,01
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	500
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,2
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de Turbiedad	UNT	100

Nota: Podrán usarse aguas con turbiedades y coliformes fecales ocasionales superiores a los indicados en esta Tabla, siempre y cuando las características de las aguas tratadas sean entregadas de acuerdo con la Norma INEN correspondiente.

ANEXO E: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE

TABLA 2: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y DE ESTUARIOS				
PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD	
			Agua Dulce	Agua Marina y de Estuario
Aluminio ⁽¹⁾	mg/l	mg/l	0,1	1,5
Amoniaco Total ⁽²⁾	NH ₃	mg/l	-	0,4
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05
Bario	Ba	mg/l	1	1
Berilio	Be	mg/l	0,1	1,5
Bifenilos Policlorados	Concentración de PCBs totales	µg/l	1	1
Boro	B	mg/l	0,75	5
Cadmio	Cd	mg/l	0,001	0,005
Cianuros	CN ⁻	mg/l	0,01	0,01
Cinc	Zn	mg/l	0,03	0,015
Cloro Residual total	Cl ₂	mg/l	0,01	0,01
Clorofenoles ⁽³⁾		mg/l	0,05	0,05
Cobalto	Co	mg/l	0,2	0,2
Cobre	Cu	mg/l	0,005	0,005
Cromo total	Cr	mg/l	0,032	0,05
Estaño	Sn	mg/l		2
Fenoles monohídricos	Expresado como fenoles	mg/l	0,001	0,001
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,5	0,5
Hierro	Fe	mg/l	0,3	0,3
Manganeso	Mn	mg/l	0,1	0,1
Materia flotante de origen antrópico	Visible	mg/l	Ausencia	Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,1
Oxígeno Disuelto	OD	% de saturación	>80	>60
Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05
Plaguicidas organoclorados totales	Organoclorados totales	µg/l	10	10
Plaguicidas organofosforados totales	Organofosforados totales	µg/l	10	10
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,005
Plomo	Pb	mg/l	0,001	0,001
Potencial Hidrógeno	Ph	Unidades de pH	6,5-9	6,5-9,5
Selenio	Se	mg/l	0,001	0,001
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,2	
Nitratos	NO ₃	mg/l	13	200
DQO	DQO	mg/l	40	
DBO ₅	DBO ₅	mg/l	20	
Sólidos Suspendidos T	SST	mg/l	max incremento de 10% de la condicion natural	

⁽¹⁾Aluminio: Si el pH es menor a 6,5 el criterio de calidad será 0,005 mg/l. ⁽²⁾Aplicar la Tabla 2a como criterio de calidad para agua dulce. ⁽³⁾Si sobrepasa el criterio de calidad se debe analizar el diclorofenol cuyo criterio de calidad es 0,2 µg/l.

ANEXO F: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Fecha: 23 de noviembre del 2021
Análisis solicitado por: Sr. David Jiménez
Tipo de muestras: Agua superficial Río Lupique
Localidad: Comunidad Jimbitono General Proaño Cantón Morona



COORDENADAS DE UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO

	X	Y
Punto 1	814298.7	9749987.2

Análisis Físico - Químico

Determinaciones	Unidades	Métodos de Análisis	Muestra P.1
Nitratos	mg/L	4500-NO ₃ -E	1.2
Fosfatos	mg/L	4500-P- D	0.36
Turbiedad	UTN	2130 - B	5.2
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO ₅	mg/L	5210 - B	3.0
Coliformes Totales	UFC/100mL	9222 - D	14 800
Coliformes Fecales	UFC/100mL	9222-D	200

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF.

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO
Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid
Contáctanos: ☎0998580374 ☎032 942 322
Saqmic Laboratorio
Riobamba - Ecuador



INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Fecha: 23 de noviembre del 2021

Análisis solicitado por: Sr. David Jiménez

Tipo de muestras: Agua superficial Río Lupique

Localidad: Comunidad Jimbitono General Proaño Cantón Morona



saqmic

LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS
QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

COORDENADAS DE UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO

	X	Y
Punto 2	816067.0	9750269.3

Análisis Físico – Químico

Determinaciones	Unidades	Métodos de Análisis	Muestra P.2
Nitratos	mg/L	4500-NO ₃ -E	1.0
Fosfatos	mg/L	4500-P- D	0.19
Turbiedad	UTN	2130 - B	7.3
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO ₅	mg/L	5210 - B	2
Coliformes Totales	UFC/100mL	9222 - D	10 500
Coliformes Fecales	UFC/100mL	9222-D	1 000

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF.

Observaciones:

Atentamente.

SAQMIC Servicio de Análisis
Químicos y
Microbiológicos
Dra. Gina Álvarez
Telf.: 2 924 322 // Cel.: 0998580374

Dra. Gina Álvarez R.

RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid
Contáctanos: ☎0998580374 ☎032 942 322
Saqmic Laboratorio
Riobamba - Ecuador

saqmic

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Fecha: 23 de noviembre del 2021

Análisis solicitado por: Sr. David Jiménez

Tipo de muestras: Agua superficial Río Lupique

Localidad: Comunidad Jimbitono General Proaño Cantón Morona



saqmic

LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS
QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

COORDENADAS DE UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO

	X	Y
Punto 3	817175.2	9750258.3

Análisis Físico - Químico

Determinaciones	Unidades	Métodos de Análisis	Muestra P.2
Nitratos	mg/L	4500-NO ₃ -E	1.4
Fosfatos	mg/L	4500-P- D	0.14
Turbiedad	UTN	2130 - B	6.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO ₅	mg/L	5210 - B	3
Coliformes Totales	UFC/100mL	9222 - D	15 000
Coliformes Fecales	UFC/100mL	9222-D	1 800

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF.

Observaciones:

Atentamente.

SAQMIC Servicio de Análisis
Químicos y
Microbiológicos
Dra. Gina Álvarez
Telf.: 2 924 322 // Cel.: 0998580374

Dra. Gina Álvarez R.

RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid
Contáctanos: ☎0998580374 ☎032 942 322
Saqmic Laboratorio
Riobamba - Ecuador

saqmic

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Fecha: 14 de diciembre del 2021

Análisis solicitado por: Sr. David Jiménez

Tipo de muestras: Agua superficial Río Lupique

Localidad: Comunidad Jimbitono General Proaño Cantón Morona



saqmic

LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS
QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

COORDENADAS DE UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO

	X	Y
Punto 1	814298.7	9749987.2

Análisis Físico - Químico

Determinaciones	Unidades	Métodos de Análisis	Muestra P.1
Nitratos	mg/L	4500-NO ₃ -E	1.1
Fosfatos	mg/L	4500-P- D	0.15
Turbiedad	UTN	2130 - B	6.50
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO ₅	mg/L	5210 - B	10.9
Coliformes Totales	UFC/100mL	9222 - D	5 100
Coliformes Fecales	UFC/100mL	9222-D	200

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF.

Observaciones:

Atentamente.

SAQMIC Servicio de Análisis
Químicos y
Microbiológicos
Dra. Gina Álvarez
Telf.: 2 924 322 // Cel.: 0998580374

Dra. Gina Álvarez R.

RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid
Contáctanos: ☎0998580374 ☎032 942 322
Saqmic Laboratorio
Riobamba - Ecuador

saqmic

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Fecha: 14 de diciembre del 2021

Análisis solicitado por: Sr. David Jiménez

Tipo de muestras: Agua superficial Río Lupique

Localidad: Comunidad Jimbitono General Proaño Cantón Morona



saqmic

LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS
QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

COORDENADAS DE UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO

	X	Y
Punto 2	816067.0	9750269.3

Análisis Físico – Químico

Determinaciones	Unidades	Métodos de Análisis	Muestra P.2
Nitratos	mg/L	4500-NO ₃ -E	12.7
Fosfatos	mg/L	4500-P- D	0.10
Turbiedad	UTN	2130 - B	11.40
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO ₅	mg/L	5210 - B	8.0
Coliformes Totales	UFC/100mL	9222 - D	8 400
Coliformes Fecales	UFC/100mL	9222-D	1 600

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF.

Observaciones:

Atentamente.

SAQMIC Servicio de Análisis
Químicos y
Microbiológicos
Dra. Gina Álvarez
Telf.: 2 924 322 // Cel.: 0998580374

Dra. Gina Álvarez R.

RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid
Contáctanos: ☎0998580374 ☎032 942 322
Saqmic Laboratorio
Riobamba - Ecuador

saqmic

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Fecha: 14 de diciembre del 2021

Análisis solicitado por: Sr. David Jiménez

Tipo de muestras: Agua superficial Río Lupique

Localidad: Comunidad Jimbitono General Proaño Cantón Morona



saqmic

LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS
QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

COORDENADAS DE UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO

	X	Y
Punto 3	817175.2	9750258.3

Análisis Físico - Químico

Determinaciones	Unidades	Métodos de Análisis	Muestra P.2
Nitratos	mg/L	4500-NO ₃ -E	3.1
Fosfatos	mg/L	4500-P- D	0.11
Turbiedad	UTN	2130 - B	21.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO ₅	mg/L	5210 - B	2.5
Coliformes Totales	UFC/100mL	9222 - D	7 500
Coliformes Fecales	UFC/100mL	9222-D	1 150

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF.

Observaciones:

Atentamente.

SAQMIC Servicio de Análisis
Químicos y
Microbiológicos
Dra. Gina Álvarez
Telf.: 2 924 322 // Cel.: 0998580374

Dra. Gina Álvarez R.

RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid
Contáctanos: ☎0998580374 ☎032 942 322
Saqmic Laboratorio
Riobamba - Ecuador

saqmic

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Fecha: 19 de enero del 2022
Análisis solicitado por: Sr. David Jiménez
Tipo de muestras: Agua superficial Río Lupique
Localidad: Comunidad Jimbitono General Proaño Cantón Morona

COORDENADAS DE UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO

	X	Y	Hora de muestreo
Punto 1	814298.7	9749987.2	09:18H
Punto 2	816067.0	9750269.3	10:00H
Punto 3	817175.2	9750258.3	11:30H

Análisis Físico - Químico

DETERMINACIONES	RESULTADOS			
	Unidades	Muestra P.1	Muestra P.2	Muestra P.3
Nitratos	mg/L	1.8	0.7	0.8
Fosfatos	mg/L	0.84	0.3100.10.19	0.14
Turbiedad	UTN	1.94	1.90	2.50
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO ₅	mg/L	1.6	2.1	1.5
Coliformes Totales	UFC/100mL	8 200	8 700	6 000
Coliformes Fecales	UFC/100mL	4 000	2 100	100

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF.

Observaciones:

Atentamente.




Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO
Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

ANEXO G: RESULTADOS ICA-NSF DEL SOFTWARE IQA

IQADATA... ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA			
Universidad Politecnica de Chimborazo (ESPOCH) Dirección: Macas- Ecuador Barrio: Jimbitono Ciudad: General Proaño Sitio: www.unisc.br Departamento: Enq. Produção Contacto: David			
		Código postal: 96815-900 Teléfono: 0983230381 E-mail: david-mesias-1991@hotmail.coi	
Muestras de agua			
Local:	PRIMER PUNTO DE MUESTREO (PML-1)- PRIMER MUESTREO	Fecha:	17/11/2021
Corpo Hídrico:	Rio Lupique	Hora:	9:00:00
Bacia Hidrográfica:	Atlántico Sul	ICA:	NSF
Ciudad:	JIMBITONO	Resultados:	65,64
Altitud (m):	1062	Clasificación	Regular
Local:	PRIMER PUNTO DE MUESTREO (PML1)- SEGUNDO MUESTREO	Fecha:	14/12/2021
Corpo Hídrico:	Rio Lupique	Hora:	9:00:00
Bacia Hidrográfica:	Atlántico Sul	ICA:	NSF
Ciudad:	JIMBITONO	Resultados:	63,90
Altitud (m):	1062	Clasificación	Regular
Local:	PRIMER PUNTO DE MUESTREO (PML-1)- TERCER MUESTREO	Fecha:	11/01/2022
Corpo Hídrico:	Rio Lupique	Hora:	9:00:00
Bacia Hidrográfica:	Atlántico Sul	ICA:	NSF
Ciudad:	JIMBITONO	Resultados:	54,01
Altitud (m):	1062	Clasificación	Regular
Local:	SEGUNDO PUNTO DE MUESTREO (PML-2)- PRIMER MUESTREO	Fecha:	17/11/2021
Corpo Hídrico:	Rio Lupique	Hora:	10:05:00
Bacia Hidrográfica:	Atlántico Sul	ICA:	NSF
Ciudad:	JIMBITONO	Resultados:	68,29
Altitud (m):	1110	Clasificación	Regular
Local:	SEGUNDO PUNTO DE MUESTREO (PML-2)- SEGUNDO MUESTREO	Fecha:	14/12/2021
Corpo Hídrico:	Rio Lupique	Hora:	10:12:00
Bacia Hidrográfica:	Atlántico Sul	ICA:	NSF
Ciudad:	JIMBITONO	Resultados:	50,57
Altitud (m):	1110	Clasificación	Regular
Local:	SEGUNDO PUNTO DE MUESTREO (PML-2)- TERCER MUESTREO	Fecha:	11/01/2022
Corpo Hídrico:	Rio Lupique	Hora:	10:15:00
Bacia Hidrográfica:	Atlántico Sul	ICA:	NSF
Ciudad:	JIMBITONO	Resultados:	65,61
Altitud (m):	1110	Clasificación	Regular
Local:	TERCER PUNTO DE MUESTREO (PML-3)- PRIMER MUESTREO	Fecha:	17/11/2021
Corpo Hídrico:	Rio Lupique	Hora:	11:15:00
Bacia Hidrográfica:	Atlántico Sul	ICA:	NSF
Ciudad:	JIMBITONO	Resultados:	65,98
Altitud (m):	1092	Clasificación	Regular
Local:	TERCER PUNTO DE MUESTREO (PML-3)- SEGUNDO MUESTREO	Fecha:	14/12/2021
Corpo Hídrico:	Rio Lupique	Hora:	11:20:00
Bacia Hidrográfica:	Atlántico Sul	ICA:	NSF
Ciudad:	JIMBITONO	Resultados:	64,53
Altitud (m):	1092	Clasificación	Regular

Muestras de agua

Local:	TERCER PUNTO DE MUESTREO (PML-3)- TERCER MUESTREO	Fecha:	11/01/2022
Corpo Hídrico:	Rio Lupique	Hora:	11:15:00
Bacia Hidrográfica:	Atlântico Sul	ICA:	NSF
Ciudad:	JIMBITONO	Resultados:	78,97
Altitud (m):	1092	Clasificación	Buena



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: 20 / 06 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)

Nombres – Apellidos: David Mesias Jimenez Torres

INFORMACIÓN INSTITUCIONAL

Facultad: Ciencias

Carrera: Ingeniería Ambiental

Título a optar: Ingeniero Ambiental

f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.



1242-DBRA-UTP-2022



LEONARDO
FABIO MEDINA
NUSTE