



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

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO QUIMI,
TRAMO SUCÚA MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS
BENTÓNICOS COMO BIOINDICADORES**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AMBIENTAL

AUTORA:

KAREN MISHHELL HERRERA GUACHICHULCA

Macas- Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

SEDE MORONA SANTIAGO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO QUIMI,
TRAMO SUCÚA MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS
BENTÓNICOS COMO BIOINDICADORES**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AMBIENTAL

AUTORA: KAREN MISHALL HERRERA GUACHICHULCA

DIRECTOR: ING. PATRICIO VLADIMIR MÉNDEZ ZAMBRANO

Macas- Ecuador

2022

© 2022, Karen Mishell Herrera Guachichulca

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, Karen Mishell Herrera Guachichulca, 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/autora 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.

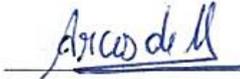
Macas, 6 de diciembre del 2022.



Karen Mishell Herrera Guachichulca
010606246-6

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO QUIMI, TRAMO SUCÚA MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS COMO BIOINDICADORES**, realizado por la señorita: **KAREN MISHHELL HERRERA GUACHICHULCA**, 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. Ángel Patricio Flores Orozco, Mgs. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-12-06
Ing. Patricio Vladimir Méndez Zambrano DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-12-06
Ing. Jessica Paola Arcos Logroño, Mgs. ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-12-06

DEDICATORIA

Existen momentos especiales en la vida de una persona, y hoy tengo la dicha de disfrutar de uno, con todo el amor y cariño dedico este trabajo de integración curricular a mi hijo Nicolas por ser mi fuente de lucha e inspiración durante este proceso, a mi madre Lorena por ser el pilar más importante en la vida y en la educación, por apoyarme cuando decidí iniciar este camino y por su amor incondicional, por último pero no menos importante a mi querido esposo Ángelo por confiar en mis capacidades y ofrecerme el respaldo necesario para culminar esta etapa de mi vida.

Karen

AGRADECIMIENTO

Agradezco a DIOS por haberme dado la fortaleza de continuar a pesar de las adversidades, permitiéndome culminar una etapa muy importante en mi vida y en mi formación profesional. De manera muy especial agradezco al Ing. Patricio Méndez y la Ing. Jessica Arcos por instruirme con sus criterios profesionales y guiarme para culminar exitosamente este proyecto.

Al Ing. Vladimir Astudillo, Gerente de la EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO, FAENAMIENTO Y SERVICIOS PÚBLICOS DEL CANTÓN SUCÚA, por la colaboración prestada al permitirme hacer uso del laboratorio de dicha institución, lo cual es de gran importancia para poder alcanzar los objetivos planteados en esta investigación

Karen

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN.....	xiv
SUMMARY / ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL	3
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Limitaciones y delimitaciones	4
1.2.1. <i>Limitaciones</i>	4
1.2.2. <i>Delimitaciones</i>	4
1.3. Problema general de investigación	4
1.4. Problemas específicos de investigación	5
1.5. Objetivos	5
1.5.1. <i>Objetivo general</i>.....	5
1.5.2. <i>Objetivos específicos</i>.....	5
1.6. Justificación	5
1.6.1. <i>Justificación teórica</i>	5
1.6.2. <i>Justificación práctica</i>	6
1.7. Hipótesis.....	6

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Antecedentes de investigación.....	7
2.2. Bases conceptuales	8
2.2.1. <i>Contaminación del agua</i>	8
2.2.1.1. <i>Según su origen</i>.....	9
2.2.2. <i>Calidad del agua</i>.....	9
2.2.3. <i>Parámetros fisicoquímicos</i>	9
2.2.4. <i>Bioindicadores</i>	9

2.2.5.	<i>Macroinvertebrados acuáticos</i>	10
2.2.6.	<i>Hábitat</i>	10
2.2.7.	<i>Indicadores biológicos</i>	10
2.3.	Bases teóricas	10
2.3.1.	<i>Tipos de contaminantes</i>	10
2.3.1.1.	<i>Contaminantes físicos</i>	10
2.3.1.2.	<i>Contaminantes químicos</i>	10
2.3.1.3.	<i>Contaminantes biológicos</i>	11
2.3.2.	<i>Tipos de contaminación antropogénica</i>	11
2.3.2.1.	<i>Contaminación actividades urbanas</i>	11
2.3.2.2.	<i>Contaminación doméstica</i>	11
2.3.2.3.	<i>Contaminación industrial</i>	11
2.3.3.	<i>Fuentes de contaminación</i>	11
2.3.3.1.	<i>Fuentes puntuales</i>	11
2.3.3.2.	<i>Fuentes difusas</i>	12
2.3.4.	<i>Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del ICA</i>	12
2.3.5.	<i>Clasificación de los bioindicadores biológicos</i>	13
2.3.5.1.	<i>Detectores</i>	13
2.3.5.2.	<i>Explotadores</i>	13
2.3.5.3.	<i>Acumuladores</i>	13
2.3.5.4.	<i>Ventajas de los bioindicadores</i>	14
2.3.6.	<i>Formas de los macroinvertebrados</i>	14
2.3.7.	<i>Tipos de Hábitat de los macroinvertebrados acuáticos</i>	15
2.3.7.1.	<i>Sistemas lóticos</i>	15
2.3.7.2.	<i>Sistemas lénticos</i>	15
2.3.8.	<i>Formas de vida de los macroinvertebrados acuáticos</i>	15
2.3.9.	<i>Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad ambiental</i>	16
2.3.10.	<i>Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP)</i>	16
2.4.	Bases Legales	16
2.4.1.	<i>Constitución de la República del Ecuador</i>	16
2.4.2.	<i>Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua</i>	17
2.4.3.	<i>Código Orgánico</i>	18
 CAPÍTULO III		
3.	MARCO METODOLÓGICO	19

3.1.	Enfoque de la investigación	19
3.2.	Nivel de la investigación	19
3.3.	Diseño de la investigación	19
3.3.1.1.	<i>Según la manipulación o no de la variable independiente</i>	19
3.3.1.2.	<i>Según las intervenciones en el trabajo de campo</i>	19
3.4.	Tipo de estudio	20
3.5.	Población y Planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra	20
3.5.1.	Área de estudio	20
3.5.2.	Selección de puntos de monitoreo	20
3.5.2.1.	<i>Frente a estas consideraciones, los puntos se ubicaron de acuerdo a los siguientes criterios:</i>	22
3.6.	Métodos, técnicas e instrumentos de investigación	23
3.6.1.	<i>Toma de muestras para análisis de parámetros físicos químicos y microbiológicos</i>	23
3.6.2.	<i>Índice de la calidad de agua ICA-NSF</i>	25
3.6.3.	<i>Cálculo ICA-NSF</i>	26
3.6.4.	<i>Recolección de macroinvertebrados acuáticos</i>	26
3.6.4.1.	<i>Métodos de recolección de los macroinvertebrados</i>	27
3.6.4.2.	<i>Conservación y etiquetado de muestras</i>	27
3.6.5.	<i>Identificación taxonómica de macroinvertebrados acuáticos</i>	28
3.6.6	<i>Cálculo Índice Biological Monitoring Working Party para Colombia (BMWP/COL)</i>	31
3.6.7.	Materiales y equipos	32

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	34
4.2.	Parámetros del Índice de Calidad del Agua ICA-NSF	34
4.2.1.	<i>Potencial de hidrógeno (Ph)</i>	34
4.2.2.	<i>Temperatura (°C)</i>	35
4.2.3.	<i>Nitratos</i>	36
4.2.4.	<i>Fosfatos (mg/L)</i>	37
4.2.5.	<i>Turbidez (NTU)</i>	38
4.2.6.	<i>Sólidos disueltos totales (mg/L)</i>	39
4.2.7.	<i>Oxígeno disuelto (mg/L)</i>	40
4.2.8.	<i>Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)</i>	41
4.2.9.	<i>Coliformes fecales (NMP/100 mL)</i>	42
4.3.	Resultados del Índice de Calidad del Agua (ICA-NSF)	43

4.4.	Macroinvertebrados presentes en el río Quimi tramo Sucúa.	44
4.4.1.	<i>Resultados de macroinvertebrados a través del índice biological monitoring working party/ Colombia (BMWP/COL).</i>	45
4.5.	Promedio del índice (BMWP/COL) en los tres meses de monitoreo.	48
4.5.1.	<i>Promedio de las familias más abundantes</i>	49
4.5.2.	<i>Comparación entre índices</i>	50

CAPÍTULO V

5.	MARCO PROPOSITIVO	51
5.1.	Propuesta	51

	CONCLUSIONES	54
--	---------------------------	----

	RECOMENDACIONES	55
--	------------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Coordenadas de las estaciones del río Quimi	4
Tabla 1-2:	Parámetros fisicoquímicos y biológicos de la calidad del agua	12
Tabla 2-2:	Ventajas de los bioindicadores biológicos.....	14
Tabla 3-2:	Formas de los macroinvertebrados acuáticos	14
Tabla 4-2:	Formas de vida- macroinvertebrados acuáticos.....	15
Tabla 1-3:	Metodología para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos.....	23
Tabla 2-3:	Parámetros, pesos, unidades e importancia del ICA-NSF.....	25
Tabla 3-3:	Valores de la calidad del agua.....	26
Tabla 4-3:	Métodos de recolección cualitativos.....	27
Tabla 5-3:	Los macroinvertebrados acuáticos indicadores de buena calidad del agua	28
Tabla 6-3:	Los dípteros, macroinvertebrados acuáticos indicadores de aguas estancadas y de baja calidad.....	30
Tabla 7-3:	Puntuación de las familias de macroinvertebrados para obtener BMWP/Col.....	31
Tabla 8-3:	Método BMWP/Col.....	32
Tabla 9-3:	Materiales y equipos utilizados en los puntos de monitoreo del río Quimi.....	32
Tabla 10-3:	Materiales y equipos utilizados en el laboratorio	33
Tabla 1-4:	Resultados de los parámetros del ICA-NSF	43
Tabla 2-4:	Identificación taxonómica de macroinvertebrados presentes en los puntos monitoreo.....	44
Tabla 3-4:	Resultados del Índice BMWP/COL para el mes de mayo del año 2022	45
Tabla 4-4:	Resultados del Índice BMWP/COL para el mes de junio del año 2022.....	46
Tabla 5-4:	Resultados del Índice BMWP/COL para el mes de julio del año 2022.....	47
Tabla 6-4:	Promedio de la calidad del agua para cada estación de monitoreo.....	48
Tabla 7-4:	Comparación del índice ICA-NSF y el índice BMWP/COL.....	50
Tabla 8-4:	Propuesta de actividades para la mitigación de impactos ambientales.....	52

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-3:	Ubicación geográfica del tramo y de las estaciones de monitoreo del río Quimi.....	21
Ilustración 2-3:	Estación de monitoreo PQ-1	22
Ilustración 3-3:	Estación de monitoreo PQ-2	22
Ilustración 4-3:	Estación de monitoreo PQ-3	23
Ilustración 5-3:	Métodos más usados para la recolección de macroinvertebrados acuáticos	27
Ilustración 1-4:	Potencial de hidrógeno (pH)	34
Ilustración 2-4:	Temperatura (°C)	35
Ilustración 3-4:	Nitratos (mg/L)	36
Ilustración 4-4:	Fosfatos (mg/L).....	37
Ilustración 5-4:	Turbidez (NTU)	38
Ilustración 6-4:	Sólidos disueltos totales (mg/L).....	39
Ilustración 7-4:	Oxígeno disuelto (mg/L).....	40
Ilustración 8-4:	Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)	41
Ilustración 9-4:	Coliformes fecales (NMP/100mL)	42
Ilustración 10-4:	Familias más abundantes en las estaciones PQ-1, PQ-2 Y PQ-3.....	49

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMESTICO.

ANEXO B: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINA Y DE ESTUARIOS.

ANEXO C: TOMA DE MUESTRA DE MACROINVERTEBRADOS

ANEXO D: IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS

ANEXO E: ANÁLISIS DEL PARÁMETRO: COLIFORMES FECALES

ANEXO F: ANÁLISIS DEL PARÁMETRO: DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue la evaluación de la calidad del agua del río Quimi mediante el Índice de la Calidad del Agua (ICA-NSF) e Índice Biological Monitoring Working Party/ Colombia (BMWP/COL) en el tramo Norte-Sur del cantón Sucúa. Inicialmente se realizó observación en campo para establecer las tres estaciones PQ-1, PQ-2 y PQ-3, monitoreo que tuvo un periodo de tres meses Mayo, Junio y Julio recolectando muestras para los análisis físico químicos y microbiológicos del ICA-NSF, los resultados encontrados por el software IQAData se estiman dentro del rango 51 a 70 clasificándola como **REGULAR**, comparados con los criterios de la Tabla número 2: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y DE ESTUARIOS del Acuerdo Ministerial 097; en la cual no se hallan parámetros de temperatura, coliformes fecales, fosfatos y turbiedad. Se obtuvo un total de 320 macroinvertebrados que fueron identificados en 11 órdenes y 12 familias clasificando una calidad de agua **CRÍTICA**, por materia orgánica presente en el río Quimi. Se compararon los índices ya mencionados concluyendo que; la presencia o ausencia de los macroinvertebrados acuáticos se encuentra afectado por actividades antropogénica, encontrándose individuos de la familia *Caenidae* que puede vivir en aguas contaminadas y eutrofizadas, con altas temperaturas y bajos niveles de oxígeno, en comparación con la familia Gammaridae que poseen ciclos de vida cortos, poca tolerancia a la contaminación y habitan en aguas ricas en materia orgánica presentando deterioro en la calidad del agua. Debido a que la abundancia de los macroinvertebrados acuáticos depende de las condiciones climáticas, se recomienda recolectar en temporada seca con el fin de obtener mayor cantidad de organismos acuáticos, proporcionando más información a las futuras investigaciones.

Palabras clave: <INGENIERIA AMBIENTAL >, <BIOINDICADORES >, <CAENIDAE>, <CALIDAD DEL AGUA >, <SUCÚA (CANTÓN) >.

0257-DBRA-UPT-2023



SUMMARY / ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the water quality of the Quimi River using the Water Quality Index (ICA-NSF) and the Biological Monitoring Working Party/Colombia Index (BMWP/COL) in the north-south section of the Sucúa canton. To start, it carried out field observation to establish the three stations PQ-1, PQ-2 and PQ-3, doing a monitoring that for three months in May, June and July by collecting samples for the physical-chemical and microbiological analysis of the ICA-NSF. The results found by the IQAData software are estimated within the range 51 to 70 being classified as REGULAR, compared to the criteria in Chart 2: ACCEPTABLE QUALITY CRITERIA FOR THE PRESERVATION OF AQUATIC AND WILD LIFE, MARINE AND ESTUARIAN WATERS with Ministerial Agreement 097 finding parameters of temperature, fecal coliforms, phosphates and turbidity. A total of 320 macroinvertebrates were identified in 11 orders and 12 families classifying the water quality as CRITICAL, due to the organic matter present in the Quimi River. On the other hand, the aforementioned indexes were compared; concluding that the presence or absence of aquatic macroinvertebrates is affected by anthropogenic activities, finding individuals of the *Caenidae* family that can live in polluted and eutrophicated waters with high temperatures and low oxygen levels, in comparison with the Gammaridae family whose cycles of life is short, besides little tolerance to pollution and inhabit waters that contain a lot of organic matter, presenting deterioration in water quality. Because of the abundance of aquatic macroinvertebrates, the climatic conditions depend on. Finally, it is recommended to collect in the dry season in order to obtain a greater quantity of aquatic organisms providing more information for future research.

Keywords: < ENVIRONMENTAL ENGINEERING >, < BIOINDICATORS >, <CAENIDAE>, < WATER QUALITY >, < SUCÚA (COUNTY) >.



By: Mauricio Martínez P
0602902504

INTRODUCCIÓN

El agua es la principal fuente de vida en el planeta, la cual puede presentarse abundante en ciertos lugares mientras que en otros se vuelve insuficiente (Toledo 2015, p. 1). Numerosas actividades humanas resultan en efectos negativos sobre los ecosistemas acuáticos, entre ellas se han identificado la modificación del flujo, degradación del hábitat, sobreexplotación, contaminación, y la introducción de especies exóticas (Gutiérrez-Fonseca y Ramírez 2016, p. 434). Es por ello que los sistemas acuáticos continentales son los ecosistemas más amenazados del mundo por el desarrollo de actividades antropogénicas (Sandoval et al. 2021, p. 103), mismas que son cada día más complejas y requieren del uso y tecnologías más avanzadas; muchas de estas actividades son fuente permanente de contaminación (Insua et al. 2010, p. 2).

La diversidad de especies de agua dulce es muy alta comparada con la de otros ecosistemas. Los hábitats de agua dulce cubren menos de 1% de la superficie del planeta, sin embargo, son el hogar de más de 25% de todos los vertebrados descritos, más de 126,000 especies conocidas de animales (Bezaury-Creel et al. 2017, p. 9). Dando lugar a los macroinvertebrados que constituyen importantes comunidades biológicas que caracterizan los cursos de aguas corrientes -sistemas lóticos- en las regiones (Molina et al. 2008, p. 105), su estructura y distribución puede estar mediada por procesos bióticos como la interacción por depredación, parasitismo o competencia (Quesada-Alvarado et al. 2020, p. 55). Además, en su ciclo de vida influyen importantes factores como es el cambio climático, el flujo de agua, el tipo de sedimento, la vegetación ribereña, los hábitats, las actividades antrópicas, los afluentes que vierten agua limpia o contaminada y la calidad del agua determinan su presencia o ausencia en un sitio y durante una temporada (Harinkhede y Manekar 2016, p. 1582). Es por lo que la composición y estructura de los macroinvertebrados acuáticos ha recibido una considerable importancia en el estudio de las aguas corrientes superficiales. Las razones se fundamentan en que estos organismos poseen una alta respuesta a los gradientes ambientales; son, en su mayoría, sedentarios, lo que posibilita el análisis espacial de las condiciones ambientales (Milán, Caicedo y Aguirre 2011, p. 86).

El Índice de Calidad de Agua (ICA), es un tipo de índice ambiental que puede ser usado como marco de referencia único para comunicar información sobre la calidad del ambiente afectado y para evaluar la vulnerabilidad o la susceptibilidad del agua a la contaminación (Camas et al. 2018, p. 205), mediante la integración de las mediciones de determinados parámetros de calidad del agua. Los cuales son útiles para determinar el grado de contaminación, tanto orgánica como inorgánica, siendo así portadores de información acerca de la evaluación de los procesos químicos y biológicos que ocurren en los sistemas acuáticos (Morell-Bayard et al. 2015, p. 2).

En el análisis de la composición biológica como método de bioindicación y dada las características mencionadas de los macroinvertebrados, se manejan varios índices para la determinación de la calidad del agua (Meneses-Campo et al. 2019, p. 2). Uno de los más empleados es el Biological Monitoring Working Party-Colombia (BMWP-Col) modificado por Roldán(2003) (Forero et al. 2014, p. 234). Son muchos los índices utilizados en las investigaciones y estudios realizados con macroinvertebrados acuáticos(López et al. 2022, p. 271), como es el caso de (Lozano 2019),(Miranda, 2018),(Padilla, 2015) y (Toledo 2015, p.80) quien determino que los índices biológicos proporcionan información más real acerca de la situación del río y concluyo que la calidad del agua en la microcuenca es dudosa o regular (amarillo) en la parte media-baja y buena (verde) en la parte alta; esto debido a la influencia de las actividades antrópicas de comunidades vecinas al río.

El río Quimi se encuentra ubicado en el Cantón Sucúa, atravesando de Norte a Sur la ciudad, siendo sometida a una contaminación antropogénica, debido a la combinación de actividades humanas y naturales que generan vulnerabilidades en el ambiente (Taco et al. 2017, p. 89). Bajo este contexto, la presente investigación tiene como objetivo brindar información acerca de la “Evaluación de la calidad del agua del río Quimi, tramo Sucúa mediante macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores”, haciendo uso del índice BMWP/Col que se lo considera como una herramienta rápida, eficaz y económica de cualificación ecológica de cuerpos de agua (Oñate y Cortéz 2020, p. 40). Adicionalmente se analizará el Índice de la Calidad del Agua (ICA) con el fin de establecer la relación entre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con las diferentes fuentes antropogénicas, para establecer el origen común de contaminación (Hernandez-Alvarez et al. 2021, p. 1).

El presente trabajo se encuentra dividido en cinco capítulos , el primer capítulo va a tratar sobre el planteamiento del problema, la limitación y delimitaciones que se presentaron durante la investigación, los objetivos planteados en la investigación y la justificación teórica y práctica del presente estudio, para el segundo capítulo nos encontramos con los antecedentes de estudios realizados con macroinvertebrados y referencias teóricas ,el tercer capítulo está conformado por la metodología que empleamos para la presente investigación, el cuarto capítulo se va a describir los resultados obtenidos, finalmente en el capítulo quinto se realizó el marco propositivo, es de vital importancia mencionar que no se ha llevado a cabo ningún estudio acerca de la calidad de agua del mismo, razón por la cual se debería evaluar el estado de la calidad del agua y establecer una gestión adecuada y conservación del mismo.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Planteamiento del problema

El agua es considerada como uno de los recursos naturales más fundamentales para el desarrollo de la vida, y junto con el aire, la tierra y la energía, constituye los cuatro recursos básicos en que se apoya el desarrollo (Jaramillo 2022, p. 13), sin embargo en los últimos años las actividades mineras, industriales y urbanas han experimentado un desarrollo muy notorio, lo cual ha causado que, en numerosos casos, se afecte seriamente la calidad del agua y sedimento de algunos sistemas acuáticos, por ejemplo, ríos y lagos (Villalba et al. 2013, p. 3).

La contaminación de las aguas superficiales por las descargas agrícolas, industriales, municipales y domésticas es un asunto de gran preocupación (Valencia et al. 2014, p. 35), debido a que la contaminación del agua provoca la disminución de su calidad; además, provoca tanto problemas medioambientales como para la salud humana (Andrés 2019, p. 2).

El aumento del uso del agua para diferentes fines y el crecimiento de la población a nivel mundial han contribuido al incremento de los niveles de contaminación de los sistemas acuáticos, debido al constante vertimiento de desechos domésticos e industriales que constituyen una fuente de deterioro del medio ambiente (Larrea-Murrell et al. 2013, p. 24), en el Ecuador, el problema de las aguas servidas, ha ocupado en los últimos años un lugar relevante en las políticas sanitarias del país al punto de haberse constituido en una de las principales actividades (López 2015, p. 2), ya que no solo genera un impacto negativo para la salud humana y para el ambiente, también genera grandes problemas en el desarrollo económico y social de este país (Rosero 2015, p. 1).

En el cantón Sucúa, el río Quimi atraviesa la ciudad por diferentes barrios dando la oportunidad a los pobladores cercanos a este río de crear focos de contaminación, como podemos observar botaderos de desechos sólidos y orgánicos, proliferación de vectores, descargas de aguas residuales domésticas e incluso la presencia de animales muertos, en si una gran contaminación ambiental, dichas actividades son las causantes del deterioro de la calidad del agua, ya que estas fuentes hídricas son más propensas a la contaminación, provocando enfermedades a su población y daños en el equilibrio de la flora y fauna de la zona.

Así, con el desarrollo de esta investigación se evalúa la calidad de agua que presenta el río Quimi ubicado tramo Norte-Sur del cantón Sucúa mediante los índices ICA-NSF y (BMWP/COL) y conocer el nivel de contaminación que tiene el ecosistema fluvial a causa de las diferentes actividades antrópicas realizadas en la zona, ayudando en la toma de decisiones que permitan mitigar la contaminación por parte de estas actividades.

1.2. Limitaciones y delimitaciones

1.2.1. Limitaciones

-La presente investigación se realizó en el mes de mayo, junio y julio del año 2022, con una toma de muestras de la segunda semana de cada mes.

-El área de estudio no se extendió hacia otros ríos existentes dentro del cantón Sucúa, ya que el río Quimi presenta mayores focos contaminación como descargas domésticas, desechos sólidos e incluso la presencia de animales muertos.

-Se analizaron nueve muestras para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos debido al costo de cada análisis, generando una limitación económica en el presente trabajo.

1.2.2. Delimitaciones

-El presente estudio se realizó en el Cantón Sucúa, dentro de los barrios Amazonas, barrio 3 de noviembre y barrio 5 Esquinas, con una distancia total del tramo en estudio de 1 km aproximadamente; y sus respectivas coordenadas:

Tabla 1-1: Coordenadas de las estaciones del río Quimi

COORDENADAS			
ESTACIÓN	X	Y	Altitud (m)
PQ-1	2.454.608	78.165.060	825
PQ-2	2.458.641	78.165.871	825
PQ-3	2.463.822	78.166.816	813

Realizado por: Herrera, Karen, 2022.

1.3. Problema general de investigación

¿Cuál es la situación actual con respecto a la calidad del agua en el río Quimi a través del uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores?

1.4. Problemas específicos de investigación

Las diferentes actividades realizadas por los habitantes del Cantón Sucúa, provocan que la calidad del agua se deteriore. El estudio que se realizó respondió las siguientes interrogantes:

- ¿Que especie de macroinvertebrados abundan dentro del tramo de estudio?
- ¿La calidad del agua del río Quimi cambia propiedades físico químicas según su trayectoria Norte-Sur?
- ¿Que índice evaluar de mejor manera la calidad del agua del río Quimi?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Evaluar la calidad del agua del río Quimi, tramo Sucúa de Norte a Sur en la ciudad mediante índice de calidad del agua ICA-NSF e índice Biological Monitoring Working Party-Colombia (BMWP-Col).

1.5.2. Objetivos específicos

- Identificar las comunidades de macroinvertebrados presentes en el río Quimi, tramo Sucúa de Norte a Sur.
- Evaluar la calidad del agua en el río Quimi, tramo Sucúa de Norte a Sur, a través de parámetros físicos químicos e índices biológicos.
- Comparar los resultados obtenidos del análisis del Índice de Calidad del Agua ICA-NSF, y el índice Biological Monitoring Working Party-Colombia (BMWP-Col).

1.6. Justificación

1.6.1. Justificación teórica

Los métodos desarrollados para la evaluación de la calidad de las aguas son diversos y tradicionalmente han sido agrupados en índices de diversidad, índices bióticos e índices comparativos (Victor et al. 2005, p. 770). En el Ecuador existen diversas investigaciones realizadas con macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores, dichos estudios son realizados en base a índices creados o mejorados propios de otros países, por lo cual sería de gran ayuda implementar

una metodología propia , con el fin de crear un nuevo índice para nuestro país, ya que una solución más económica e integral es estudiar una comunidad biológica, ya que su estructura funcional integra el efecto de muchos factores ambientales y, además, necesita un tiempo más o menos prolongado para recuperarse tras sufrir una perturbación. En otras palabras, un análisis físico-químico puntual equivaldría a una 'fotografía' del río en un momento dado, mientras que el análisis de una comunidad biológica sería un retrato de lo que le ha sucedido durante un tiempo determinado hasta la fecha (Ortega 2016, p. 11).

1.6.2. Justificación práctica

Para el estudio de la calidad del agua del río Quimi se utilizaron macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores acompañados del índice de la calidad del agua ICA-NFS, evaluar la calidad de un río es de vital importancia ya que al ser un elemento indispensable en la vida es el hogar de cientos de seres vivos que al ser afectados por diferentes actividades antropogénicas creadas por el hombre tienen a desaparecer e incluso acabar con la vida del recurso hídrico, es por ello que la presente investigación se realizó con el fin de que las respectivas autoridades en conjunto con profesionales en el campo ambiental puedan buscar una alternativa para mejorar la calidad del río Quimi, ya que este tramo abajo puede hacer uso en actividades recreativas y de abastecimiento en fincas.

1.7. Hipótesis

La calidad del agua del río Quimi en el tramo del cantón Sucúa se ve afectado por los diferentes focos de contaminación antropogénica a causa de los pobladores aledaños al río.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

Los ríos son sistemas en equilibrio dinámico que generan importantes servicios ecosistémicos y, por tanto, beneficios para los seres vivos (Espinosa 2014, p. 7), en las últimas décadas el interés en saber el estado de la calidad de los cuerpos hídricos ha aumentado a nivel mundial, esto debido a que actividades como la minería y la construcción pueden destruir hábitats y afectar ríos y estuarios, mientras la dinámica de la vida cotidiana genera residuos y aguas residuales que contaminan aguas freáticas, ríos, lagos y finalmente los océanos (Armijos 2013, p. 20).

Las primeras técnicas para evaluar la calidad de un recurso hídrico consistían en la caracterización físico-química de muestras de agua, pero éstas solo proporcionan información puntual e inmediata (Chacón 2017a , p. 1), es por ello que en la actualidad la evaluación de la calidad del agua se han utilizado diferentes organismos, entre los cuales los macroinvertebrados han sido los más recomendados por Bonada et al., (2006); Prat et al., (2009), puesto que pueden indicar características específicas, no solo de las condiciones actuales, sino también de las que se han presentado con anterioridad (Nuñez et al. 2019, p.320).

En países latinoamericanos se desarrollaron varias investigaciones con macroinvertebrados evaluando la calidad del agua de cuerpos hídricos por ejemplo: Se determinó la calidad del agua de la microcuenca Arroyo La Quebrada, en el Departamento de La Guajira, Colombia, a través del uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores, aplicando el método BMWP/Col (Ariza 2016, p. 5). Con la aplicación de este método se evidenció que, de las 26 familias de macroinvertebrados, 11 pertenecen a aguas medianamente contaminadas, 7 a aguas muy limpias y 8 a aguas contaminadas (Ariza 2016, p. 15). En el Sur de Chile se realizó el estudio de macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos utilizando el Índice Biótico de Familias (IBF) para evaluación de la calidad de las aguas (Figuroa et al. 2003, p. 275), quien concluyó que : La cuenca del Río Damas posee una elevada diversidad con respecto a otras áreas del centro-sur chileno y los órdenes más diversos fueron *Plecoptera* (16 %), *Trichoptera* (16 %), *Diptera* (14 %) y *Ephemeroptera* (12 %) (Figuroa et al. 2003, p.278).

La valoración de calidad de aguas para cuerpos hídricos ha incrementado en Ecuador como es el caso en la provincia de Tungurahua en la zona alta Andina (Bueñaño et al. 2018, p. 41) concluyendo

que: los macroinvertebrados fueron recolectados fueron encontrados debajo de las piedras y sedimentos y durante el primer y segundo período de muestreo, los grupos más abundantes fueron *Hyalellidae* (Crustacea), seguido de *Tubificidae* (Annelida) y *Chironomidae* (Diptera). Contrariamente, los grupos menos comunes fueron Baetidae (Ephemeroptera), Leptoceridae (Trichoptera) y Elmidae (Coleoptera) (Bueñaño et al. 2018, p. 45), en la provincia de Morona Santiago: Evalúa la calidad del río Copueno, tramo Paccha- Jardín del Upano, mediante macroinvertebrados bentónicos (Chacón 2017 a, p. 1) y concluye que: La calidad del agua según el BMWP/Col, es ACEPTABLE en la primera temporada (Seca) y BUENA en la segunda época (Lluviosa). Por otro lado, el índice EPT indica una calidad REGULAR en ambas estaciones climáticas (Chacón 2017a, p. 79).

Determinación del índice de calidad del agua (NSF) del río Copueno ubicado en Cantón Morona (Mendez, et. al., 2020), los mismo que concluyen: la estación de monitoreo 3 tenemos valores de oxígeno disuelto menores a 5ppm lo que representa una condición de hipoxia en la cual existen la desaparición de organismos y especies sensibles, esto debido a que, en este punto ya existe la interacción antrópica con descargas principalmente de aguas residuales (Mendez et al. 2020, p. 744).

En el Cantón Sucúa, provincia de Morona Santiago, el río Quimi que atraviesa de tramo Norte-Sur la ciudad no se ha aplicado el índice Biological Monitoring Working Party-Colombia (BMWP-Col) y tampoco se ha comparado con el índice ICA-NSF con la finalidad de obtener un mejor criterio de la calidad de agua del cuerpo hídrico, es por ello el desarrollo de la presente investigación.

2.2. Bases conceptuales

2.2.1. Contaminación del agua

La organización mundial de la salud el agua está contaminada “cuando su composición se haya modificado de modo que no reúna las condiciones necesarias para el uso, al que se le hubiera destinado en su estado natural” (Guadarrama-Tejas et al. 2016, p. 1).

2.2.1.1. Según su origen

Contaminación antropogénica

Se produce a causa de las diversas actividades desarrolladas por el ser humano, las cuales son la principal fuente de contaminación de las aguas, ya que el desarrollo y la industrialización conllevan un mayor uso del agua y una gran generación de residuos, muchos de los cuales van a parar a esta (García 2012, p. 12).

Contaminación natural

A través de su ciclo natural, el agua puede entrar en contacto con ciertos contaminantes que están en las aguas, la atmósfera y la corteza terrestre. Ejemplos de este tipo de contaminación son los aluviones (que alteran el funcionamiento de las plantas de agua potable) o las erupciones volcánicas que pueden alterar la temperatura de las 51 aguas, dañando el ecosistema acuático (Ruiz 2014, p. 50).

2.2.2. Calidad del agua

La contaminación del agua se relaciona directamente con la calidad de la misma, esta se ve influenciada por la presencia de agente naturales así como también por la intervención del hombre en la naturaleza (Toledo 2015, p. 1).

2.2.3. Parámetros fisicoquímicos

Los parámetros físico-químicos dan una información extensa de la naturaleza de las especies químicas del agua y sus propiedades físicas, sin aportar información de su influencia en la vida acuática (Samboni, Carvajal y Escobar 1991, p. 2).

2.2.4. Bioindicadores

Su uso simplifica en gran medida las actividades de campo y laboratorio, ya que su aplicación solo requiere de la identificación y cuantización de los organismos basándose en índices de diversidad ajustados a intervalos que califican la calidad del agua (Vásquez et al. 2006, p.41).

2.2.5. *Macroinvertebrados acuáticos*

Son unos de los organismos acuáticos más empleados para evaluar la calidad del agua puesto que poseen un ciclo de vida más prolongado en comparación con otros organismos acuáticos inferiores y una forma de vida sedentaria, aspectos que se integran como una respuesta a las variaciones espaciales y temporales de las condiciones ambientales (Nuñez et al. 2021, p. 208).

2.2.6. *Hábitat*

Lugar específico en que vive un organismo. Los hábitats acuáticos son muy variados y a cada uno de ellos corresponde una comunidad determinada. Unos viven adheridos a la superficie de las rocas, troncos sumergidos o restos de vegetación; otros habitan en las orillas (Londoño et al. 2017, p. 10).

2.2.7. *Indicadores biológicos*

Un indicador biológico acuático es aquel cuya presencia y abundancia señalan algún proceso o estado del sistema en el cual habita, y se refiere a la población de individuos de la especie indicadora (García 2012, p. 11).

2.3. Bases teóricas

2.3.1. *Tipos de contaminantes*

2.3.1.1. *Contaminantes físicos*

Son aquellos que, al adicionarse al ambiente, su sola presencia altera la calidad de sus componentes, es decir son caracterizados por un intercambio de energía entre persona y ambiente en una dimensión y/o velocidad tan alta que el organismo no es capaz de soportarlo (Brandau 2020, p. 1).

2.3.1.2. *Contaminantes químicos*

Están constituidos por materia inerte orgánica o inorgánica, natural o sintética (gases, vapores, polvos, humos, nieblas). Es decir, se les designa contaminantes químicos a todas las sustancias que alteran la conformación química de los componentes del medio (Brandau 2020, p. 2).

2.3.1.3. Contaminantes biológicos

Principalmente, los microorganismos, que pueden degradar la calidad del aire, agua, suelo y alimentos. Es decir, están constituidos por los agentes vivos que contaminan el medio ambiente y que pueden dar lugar a enfermedades infecciosas o parasitarias (Brandau 2020, p.2).

2.3.2. Tipos de contaminación antropogénica

2.3.2.1. Contaminación actividades urbanas

El conjunto de individuos articulados mediante relaciones de diferentes tipos se organiza para garantizar su propia subsistencia y reproducción, extrayendo energía de la naturaleza por medio de artefactos y excreta toda una gama de residuos (Sanchez et al. 2014, p. 19).

2.3.2.2. Contaminación doméstica

Son contaminantes que se liberan durante el uso de diversos productos en la vida cotidiana, los productos domésticos peligrosos son: productos de limpieza para el hogar, pinturas y solventes, cuidado del césped y jardín, productos automotrices, productos químicos para piscinas y productos de salud y belleza (Ojeda et al. 2018, p. 2).

2.3.2.3. Contaminación industrial

Los desagües industriales constituyen, juntamente con los cloacales, las causas fundamentales de contaminación del agua. Los desagües industriales son de gran variabilidad según el tipo de industria, no sólo en cuanto a las características del líquido, sino también en cuanto a los caudales vertidos (Atilio de la Orden, 2010).

2.3.3. Fuentes de contaminación

2.3.3.1. Fuentes puntuales

Descargan agentes contaminantes en lugares o localizaciones específicas. (Ej. Contaminación del agua de una refinería de petróleo descargando aguas residuales) (Guadarrama-Tejas et al. 2016, p. 3).

2.3.3.2. Fuentes difusas

Son las aquellas que originan contaminación y que no son posibles de identificar, cuantificar y controlar; y son de naturaleza muy variada. Un ejemplo de ello son los efluentes agrícolas (Galaviz et al. 2019, p. 48).

2.3.4. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del ICA

Para la determinación del “ICA” interviene 9 parámetros, los cuales son:

Tabla 1-2: Parámetros fisicoquímicos y biológicos de la calidad del agua

Coliformes fecales	El grupo de coliformes fecales, está constituido por bacterias Gramnegativas. Este grupo no incluye una especie determinada, sin embargo, la más prominente es <i>Escherichia coli</i> . Su presencia es un indicador indirecto del riesgo potencial de contaminación con bacterias o virus de carácter patógeno, ya que los coliformes fecales están presentes siempre en las heces humanas y de los animales	NMP/100 mL
pH	Es un término utilizado para expresar la intensidad de las condiciones acidas o básicas del agua, calculando el número de iones hidrógenos presentes. Por análisis químico se sabe que el pH se encuentra en una escala de 0 a 14, cuando el valor es igual a 7 se considera un pH neutro para el agua, valores debajo 7 indica un pH ácido, por lo contrario, si el valor excede de 7 el pH es básico.	(en unidades de pH)
Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días	Es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos (bacterias principalmente) para degradar, oxidar, estabilizar, la materia orgánica presente en un cuerpo hídrico. Es uno de los parámetros más ampliamente utilizados para determinar la cantidad de materia orgánica de una muestra de agua.	DBO5 en mg/L
Nitratos	En las aguas superficiales el nitrato normalmente se encuentra en concentraciones menores de 1 mg/L. concentraciones por encima de los 5 mg NO ₃ - /L usualmente indican contaminación, ya sea por desechos domésticos, de animales o la escorrentía	NO ₃ en mg/L
Fosfatos	De forma natural el fosforo ingresa a los cuerpos acuático como fosfato por acción de las lluvias, esta disuelve las rocas y es transportado hacia las masas de agua. Actualmente el hombre también agrega fosforo a los ecosistemas acuático mediante los	PO ₄ en mg/L

	fertilizante y detergentes que se utilizan en la agricultura e industria.	
Temperatura	La temperatura del agua influirá en la cantidad de oxígeno presente en el agua ya que a mayor temperatura se acelerará el proceso fotosintético, así como la remoción de materia orgánica	(en °C)
Turbidez	En el agua es causada por la materia en suspensión y coloidal, que incluye partículas de arcilla y limo, materia orgánica e inorgánica finamente particulada, plancton y otros organismos microscópicos	(en FAU)
Sólidos disueltos totales	Las concentraciones son muy variables, bien sea por la influencia ejercida a causa de la naturaleza del sustrato, o por efectos de la contaminación doméstica e industrial producida por el hombre	en mg/ L
Oxígeno disuelto	Hace referencia a la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua y que es esencial para la vida de cualquier organismo acuático. Las fuentes de oxígeno son la precipitación pluvial, la difusión del aire en el agua, la fotosíntesis, los afluentes y la agitación moderada	(OD en % saturación)

Fuente:(López 2007, p.3); (Lozano 2019, p. 13).

Realizado por: Herrera, Karen, 2022.

2.3.5. Clasificación de los bioindicadores biológicos

2.3.5.1. Detectores

Organismos que ante la presencia de estresores ambientales sufren un aumento en la mortalidad, alteración en la actividad re- productiva y una disminución en su abundancia (González y Vallarino 2014, p. 26).

2.3.5.2. Explotadores

Organismos que ante la desaparición de la competencia o por el enriquecimiento de nutrientes ocasionados por perturbaciones ambientales, sufren un crecimiento poblacional explosivo, por lo que su presencia evidencia dicha perturbación (González y Vallarino 2014, p.26).

2.3.5.3. Acumuladores

Organismos que, debido a su resistencia a ciertos contaminantes, pueden acumularlos en sus tejidos en concentraciones que pueden ser medidas sin sufrir un daño aparente, por ejemplo, en las macro algas (González y Vallarino 2014, p.26).

2.3.5.4. *Ventajas de los bioindicadores*

Tabla 2-2: Ventajas de los bioindicadores biológicos

I	Las poblaciones de organismos que se hallan en la naturaleza reúnen información que los análisis fisicoquímicos no detectan, en tal sentido las especies y comunidades bióticas responden a efectos acumulativos intermitentes, que en un muestreo de variables químicas o físicas pueden pasar inadvertidos.
II	La vigilancia biológica evita la determinación regular de un número excesivo de parámetros físicos y químicos, ya que en los organismos se sintetizan o confluye una buena parte de la información aportada por aquellas variables.
III	Los indicadores biológicos permiten detectar la aparición de elementos contaminantes nuevos o insospechados, incluso en bajas concentraciones, ya que muchas sustancias se acumulan en el cuerpo de ciertos organismos (bioacumulación) y por lo tanto analizar estas concentraciones en esos indicadores puede reflejar el nivel de contaminación ambiental.
IV	Como resulta imposible extraer muestras de toda la biota acuática, la selección de algunas pocas especies indicadoras simplifica y reduce los costos de la valoración sobre el estado del ecosistema, favoreciendo la captura de información pertinente y desechando así una cantidad de datos difíciles de manejar e interpretar

Fuente: (Gómez et al. 2020, p.60).

Realizado por: Herrera, Karen, 2022.

2.3.6. *Formas de los macroinvertebrados*

Los macroinvertebrados tienen muchas formas; así, las conchas son redondeadas, los escarabajos son ovalados, las lombrices son alargadas y los caracoles tienen forma de espiral (Carrera y Fierro 2001, p. 29).

Tabla 3-2: Formas de los macroinvertebrados acuáticos

			
REDONDEADOS	OVALADOS	ALARGADOS	ESPIRALADOS
			
10 patas	8 patas	6 patas	Sin patas

Fuente: (Carrera et al. 2001, p.29).

Realizado por: Herrera, Karen, 2022.

2.3.7. Tipos de Hábitat de los macroinvertebrados acuáticos

2.3.7.1. Sistemas lóticos

Los ambientes lóticos en general están compuestos por una gran variedad de organismos que se encuentra en comunidades bióticas definidas por características climáticas, geomorfológicas e hidráulicas (Ambrosio 2014, p. 4).

2.3.7.2. Sistemas lénticos

Son sistemas abiertos de aguas quietas con microhábitats aptos para las comunidades de los macroinvertebrados acuáticos (Estrada 2013, p. 3).

2.3.8. Formas de vida de los macroinvertebrados acuáticos

Tabla 4-2: Formas de vida- macroinvertebrados acuáticos

Formas de Vida	Descripción
BENTOS	Se caracterizan generalmente por presentar uñas o ventosas en sus apéndices, con las cuales se aferran al sustrato o a las plantas acuáticas, tal y como lo hacen algunas larvas de odonatos, para evitar ser arrastrados por el flujo
NEUSTON	Algunos, generalmente insectos y pequeños arácnidos viven en la interfase aire-agua y dependen indirectamente de la vegetación marginal acuática y litoral
HIPONEUSTON	Se refiere a los organismos que viven bajo la superficie del agua. Generalmente son estos mismos organismos, durante su ciclo de inmadurez (huevos, pupas, larvas – ninfas o náyades), que permanecen adheridos a la vegetación marginal, bajo el agua mientras alcanzan la etapa adulta y luego emergen
NECTON	Identifica a los organismos con gran capacidad nadadora, algunos organismos macroinvertebrados que nadan activamente en el agua, tal y como lo hacen algunos efemerópteros (Baétidos), hemípteros y coleópteros

Fuente: (Grimaldo 2004, p.1).

Realizado por: Herrera, Karen, 2022.

2.3.9. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad ambiental

Los métodos biológicos tienen un rol importante en la interpretación y manejo del recurso hídrico por ciertas ventajas, dentro de las cuales están el nivel integrativo y su bajo costo, aunque la información biológica no reemplaza los análisis físicos y químicos para evaluación de la calidad del agua, la complementa (Reyes 2012, p. 3).

2.3.10. Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP)

El Biological Monitoring Working Party (BMWP) fue establecido en Inglaterra en 1970, como un método sencillo y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macro invertebrados como bioindicadores. Este método sólo requiere llegar hasta nivel de familia y los datos son cualitativos (presencia o ausencia) (Cuintaco y Robayo 2019, p. 30).

2.4. Bases Legales

2.4.1. Constitución de la República del Ecuador

TITULO II: DERECHOS

Sección primera- Agua y alimentación

ART. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. el agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida (Constitución de la república del Ecuador 2005, p. 12)

Sección segunda -Ambiente sano

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados (Constitución de la república del Ecuador 2005, p. 14).

Capítulo séptimo- Derechos de la naturaleza

Art. 71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos (Constitución de la república del Ecuador 2005, p. 36).

TITULO VI: RÉGIMEN DE DESARROLLO

Art. 276.- El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos:

Reglón cuarto: Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural (Constitución de la república del Ecuador 2005, p. 136).

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

CAPITULO I: DEFINICIÓN, INFRAESTRUCTURA Y CLASIFICACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

Artículo 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 páramos así como la participación en el uso y administración de las fuentes de aguas que se hallen en sus tierras, sin perjuicio de las competencias generales de la Autoridad Única del Agua de acuerdo con lo previsto en la Constitución y en esta Ley (Asamblea Nacional de la República del Ecuador 2014, p. 6).

TÍTULO III DERECHOS, GARANTÍAS Y OBLIGACIONES CAPÍTULO I DERECHO HUMANO AL AGUA

Artículo 57.-Definición. El derecho humano al agua es el derecho de todas las personas a disponer de agua limpia, suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso personal y doméstico en cantidad, calidad, continuidad y cobertura (Asamblea Nacional de la República del Ecuador 2014, p. 15).

CAPITULO III: DERECHOS DE LA NATURALEZA

Artículo 64.- Conservación del agua. La naturaleza o Pacha Mama tiene derecho a la conservación de las aguas con sus propiedades como soporte esencial para todas las formas de vida (Asamblea Nacional de la República del Ecuador 2014, p. 16).

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

Literal d) La protección de las cuencas hidrográficas y los ecosistemas de toda contaminación (Asamblea Nacional de la República del Ecuador 2014, p. 16).

Literal e) La restauración y recuperación de los ecosistemas por efecto de los desequilibrios producidos por la contaminación de las aguas y la erosión de los suelos (Asamblea Nacional de la República del Ecuador 2014, p. 16).

2.4.3. Código Orgánico

TITULO II DE LOS DERECHOS, DEBERES Y PRINCIPIOS AMBIENTALES

Art. 5.- Derecho de la población a vivir en un ambiente sano. El derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado comprende (Asamblea Nacional del Ecuador 2017, p. 12):

LITERAL CUARTO: La conservación, preservación y recuperación de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico (Asamblea Nacional del Ecuador, 2017, p. 12).

Art. 6.- Derechos de la naturaleza. Son derechos de la naturaleza los reconocidos en la Constitución, los cuales abarcan el respeto integral de su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos, así como la restauración (Asamblea Nacional del Ecuador, 2017, p. 12).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Enfoque de la investigación

El enfoque de investigación del presente trabajo es de tipo mixta, ya que se realizó análisis cualitativos en donde se observaron las diferentes características taxonómicas de cada macroinvertebrado para su posterior identificación, además de la determinación de la calidad de agua de cada punto monitoreado y cuantitativos en la obtención de datos estadísticos de los diferentes parámetros fisicoquímicos y microbiológicos como resultado del análisis desarrollado en campo y laboratorio.

3.2. Nivel de la investigación

La presente investigación es de tipo descriptivo ya que se apoya en el hallazgo de datos estadístico y en el uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de los distintos niveles de calidad del agua en los diferentes puntos de monitoreo del tramo seleccionado, para lo cual se utilizará diferentes herramientas y equipos, que permitirán la recolección de datos e información a analizar.

3.3. Diseño de la investigación

3.3.1.1. Según la manipulación o no de la variable independiente

Según la variable independiente es de tipo no experimental puesto que observamos, analizamos y documentamos los datos obtenidos en el análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, en cada monitoreo, sin necesidad de manipular deliberadamente dichas variables.

3.3.1.2. Según las intervenciones en el trabajo de campo

El presente estudio es de tipo transversal ya que se observó los resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para su posterior análisis, así como de macroinvertebrados en un momento único del monitoreo.

3.4. Tipo de estudio

El presente estudio es de tipo documental puesto que se realizó a través de revisiones bibliográficas para facilitar el desarrollo de la presente investigación y observaciones de campo para realizar la descripción objetiva y detallada del río Quimi, donde detallo el estado en el que se encontraba.

3.5. Población y Planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra

El cantón Sucúa tiene una población de 23,283 habitantes y se encuentra atravesado por dos ríos importantes: el Tutanangoza y Upano , que tiene como afluente al río Quimi (Sucúa, 2020).

Para el estudio del presente trabajo de investigación se tomó en cuenta el río Quimi, ya que este atraviesa el cantón Sucúa, el tramo consta de 1 kilómetro de Norte a Sur conformado por tres barrios del cantón, en el cual existe una gran contaminación antropogénica provocando el deterioro para dicho río.

3.5.1. Área de estudio

La presente investigación se llevó a cabo en un tramo del río Quimi, el cual implica al barrio Amazonas para el primer punto, el barrio 3 De Noviembre para el segundo punto, finalizando con el barrio 5 Esquinas para el tercer punto de monitoreo, ubicados de Norte a Sur en el Cantón Sucúa, el cual está ubicado al sureste de la Región Oriental en la provincia de Morona Santiago a 18km de la ciudad de Macas (Terán et al. 2013, p. 3).

3.5.2. Selección de puntos de monitoreo

Se realizó un recorrido del río Quimi de Norte a Sur en el Cantón Sucúa, con el objetivo de establecer dichos puntos tomando en cuenta las características de la zona, con la ayuda de un GPS Garmin 62S se obtuvieron las coordenadas necesarias para ser ubicadas en el software ArcGis 10.8.

Las tres estaciones de monitoreo del río Quimi fueron elegidas debido a que cumplen los siguientes aspectos (Barreto et al. 2010, p. 7):

- **Identificación:** El punto de muestreo, debe ser identificado y reconocido claramente, de

manera que permita su ubicación exacta. De preferencia, los puntos deberán ser presentados en cartas o mapas y en coordenadas UTM mediante el Sistema de Posicionamiento Global (Barreto et al. 2010, p.7).

- **Accesibilidad:** Las características del punto deben permitir un rápido y seguro acceso para tomar la muestra, no debe implicar riesgo para el monitor (Barreto et al. 2010, p. 7).
- **Representatividad:** Se debe elegir tramo regular, accesible y uniforme del río, se debe evitar zonas de embalse o turbulencias no característicos del cuerpo de agua, a menos que sean el objeto de la evaluación. Es importante considerar la referencia para la ubicación de un punto de monitoreo pudiendo ser un puente, roca grande, árbol, kilometraje vial y localidad (Barreto et al. 2010, p. 7).
- **Seguridad:** Un aspecto para tener en cuenta, dentro de la ubicación de los sitios de monitoreo, es el nivel de seguridad con el que contará el personal encargado de la toma de muestra (Barreto et al. 2010, p. 7).
- **Ubicación de los focos de contaminación:** en donde la presión antrópica es mayor, debido al asentamiento de una mayor población aledaños al río, convirtiéndose en un posible foco de contaminación (Chacón 2017, p. 29).

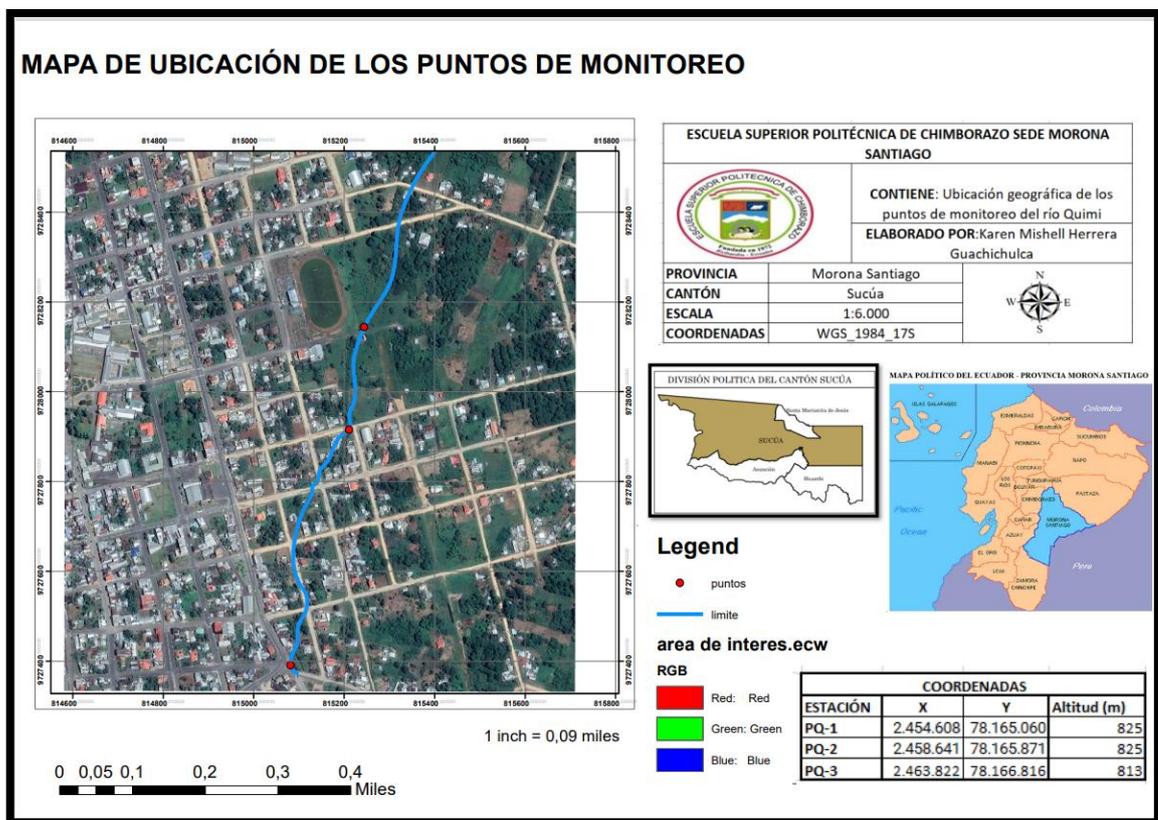


Ilustración 1-3: Ubicación geográfica del tramo y de las estaciones de monitoreo del río Quimi

Realizado por: Herrera, Karen, 2022.

3.5.2.1. Frente a estas consideraciones, los puntos se ubicaron de acuerdo a los siguientes criterios:

-*El primer punto*, ubicado en el barrio Amazonas, existe poca presencia de viviendas aledañas al río, pero existe presencia de desechos de animales y desechos de materia orgánica.



Ilustración 2-3: Estación de monitoreo PQ-1

Realizado por: (Herrera Karen, 2022).

-*El segundo punto* ubicado en el barrio 3 De noviembre, en una zona intermedia del tramo en estudio, existe mucha presencia de contaminación a simple vista, como son las descargas domiciliarias, presencia de desechos sólidos y combustibles derramados.



Ilustración 3-3: Estación de monitoreo PQ-2

Realizado por: (Herrera Karen, 2022).

-*El tercer punto* ubicado en el barrio 5 Esquinas en la zona Sur del cantón, existe contaminación por desechos sólidos e incluso la presencia de animales muertos (gallinas).



Ilustración 4-3: Estación de monitoreo PQ-3

Realizado por: Herrera, Karen, 2022.

3.6. Métodos, técnicas e instrumentos de investigación

3.6.1. Toma de muestras para análisis de parámetros físicos químicos y microbiológicos

Con base a las normas NTE INEN 2176: Agua: calidad del agua. Muestreo y Técnicas de muestreo (NTE INEN 2176 2013) y NTE INEN 2169: Agua: calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de las muestras (INEN 2169, 2013) se llevó a cabo el monitoreo del río Quimi. El monitoreo se desarrolló en tres meses (mayo, junio y julio) durante 2 días a inicios de cada mes, tomando en cuenta los días lluviosos, realizando monitoreos de mayo y julio en la mañana y junio se realizó por la tarde con un tiempo de una hora por estación.

Tabla 1-3: Metodología para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos

PARÁMETRO	MÉTODO	PROCEDIMIENTO
<ul style="list-style-type: none"> pH temperatura 	Benchtop Meter10/ Equipo pH metro portable Apera PH8500	Para el análisis de estos parámetros se realizaron mediante el equipo pH-metro portable Apera PH8500, el cual la sonda fue introducida directamente sobre la columna de agua hasta que la lectura se estabilice, es necesario mantener la distancia adecuada la sonda por debajo del agua evitando que choque con el sustrato rocoso del río.

• Sólidos totales	Conductímetro HACH 51800-10	Se utilizó el conductímetro HACH 51800-10 sensION 5 para el análisis, en el cual la sonda fue introducida directamente sobre la columna de agua estabilizándola y tomando en cuenta una distancia adecuada por debajo del agua.
• Nitratos	Cadmium Reduction Method23	Se utilizó el COLORÍMETRO DR/890 para el análisis: En el análisis de los nitratos utilizamos celdas con 10 ml de la muestra (blanco) y 10 ml de la muestra más el reactivo Nitro Ver 5, colocamos primero el blanco y calibramos mediante el programa 54, posteriormente colocamos la muestra con el reactivo, procediendo a medir y anotar.
• Oxígeno disuelto	HRDO	Se utilizó el COLORÍMETRO DR/890 para el análisis: El análisis del oxígeno disuelto utilizamos un frasco de ACCU VAC el cual al entrar en contacto con la muestra cambia de color, utilizamos el programa 70.
• fosfatos	PhosVer 3	Se utilizó el COLORÍMETRO DR/890 para el análisis: En el análisis de los fosfatos se utilizaron 10 ml de la muestra (blanco) y 10 ml de la muestra más el reactivo Phos Ver 3, colocando primero el blanco para su calibración mediante el programa 79, luego colocamos la muestra con el reactivo, procediendo a medir y anotar.
• Coliformes fecales	Tubos MÚLTIPLES- INDOL/ MÉTODO NMP (Número Más Probable)	Para el parámetro de coliformes fecales se utilizó el medio FLUOROCULT, con ayuda de guantes para no contaminar el sistema se procedió a desinfectar el área donde se realizó el análisis Se utilizaron 10 tubos de ensayo con tapa por muestra correctamente esterilizados, los cuales contienen medio de cultivo (fluorocult) y 10 ml de muestra que fueron colocados en cada tubo ya con el medio de cultivo, para posteriormente colocarlos en la incubadora MERMET (con una temperatura de 35°C y un tiempo de 24 h) y mediante la

			aplicación de fórmula ver si hay presencia o ausencia de coliformes fecales.
•	Demanda bioquímica de oxígeno	Oxitop de	Se utilizaron botellas ámbar más un medidor de DBO WTW que programamos para 5 días, y las medidas y mg/l, en la botella ámbar colocábamos 164 ml de la muestra más 3 gotas de NTH 600 y un agitador/imán, también un tubo de plástico con una pastilla de NHP 600, para posteriormente colocarlo en la incubadora.
•	Turbidez	Turbidimetría Absorción ⁷	Se utilizó el Tubímetro portátil HACH 2100Q01 en el cual se utiliza un frasco de vidrio de 10 ml con muestra.

Fuente: (NTE INEN 2176 2013);(INEN 2169 2013);(Company Hach 2004, p.13);(Metrólogos Metas & Asociados 2010, p.2);(Sandoval et al. 1991, p.10).

Realizado por: Herrera, Karen, 2022.

3.6.2. Índice de la calidad de agua ICA-NFS

Actualmente a nivel mundial muchos de los trabajos sobre calidad del agua superficial se basan en aplicaciones del índice desarrollado por “The National Sanitation Foundation” (NSF), constituyendo éste uno de los más utilizado, con el propósito de definir acciones para mejorarla y evaluar el impacto de las intervenciones del hombre en pro o en contra de los cuerpos de agua, en función del estado de indicadores físicos, químicos y biológicos (Cayax et al. 2014, p. 19).

Tabla 2-3: Parámetros, pesos, unidades e importancia del ICA-NSF

PARÁMETROS	PESOS	UNIDAD	IMPORTANCIA
Coliformes fecales	0.15	NMP/100 mL	Contaminación fecal, limitante para aguas de consumo humano
pH	0.12	(en unidades de pH)	Condiciones para la vida acuática y agua potable
Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días	0.10	DBO5 en mg/L	Materia orgánica biodegradable, limitante para aguas de consumo humano
Nitratos	0.10	NO3 en mg/L	Determinar niveles de eutrofización y riesgos de consumo
Fosfatos	0.10	PO4 en mg/L	Determinar niveles de eutrofización
Temperatura	0.10	(en °C)	Crítico para la vida acuática y consumo humano
Turbidez	0.08	(en FAU)	Limitante para aguas de consumo humano

Sólidos disueltos	0.08	en mg/ L	Limitante para aguas de consumo humano
Oxígeno disuelto	0.17	(OD en % saturación)	Condiciones críticas para la vida acuática

Fuente: (Criollo 2015, p.25); (Bonilla et al. 2010, p.8).

Realizado por: Herrera, Karen, 2022.

3.6.3. Cálculo ICA-NSF

Con el fin de determinar la calidad de agua presente en el río Quimi, se hizo uso del Software QDATA “Software de análisis de datos Cualitativos” (Mativi et al. 2020, p. 158), con el cual de los datos obtenidos de los diferentes análisis físico químicos y microbiológicos se introdujeron en el software, complementado con la siguiente tabla 8-3 se logró identificar el nivel de calidad del río Quimi.

Tabla 3-3:Valores de la calidad del agua

CALIDAD DEL AGUA	VALOR	COLOR
Excelente	91 a 100	
Buena	71 a 90	
Regular	51 a 70	
Mala	26 a 50	
Muy mala	0 a 25	

Fuente: (Samboni et al. 1991)

Realizado por: Herrera, Karen, 2022.

3.6.4. Recolección de macroinvertebrados acuáticos.

Para la recolección de macroinvertebrados se realizó en base a la Guía para el estudio de macroinvertebrados (Darrigran et al., 2007) tomando en cuenta la profundidad del cauce, utilizando redes de arrastre (red D-net) las cuales contendrán una malla de 150 µm, se apoya en el fondo del río y con la mano se remueve el sustrato. Es recomendable colocarse a contracorriente para facilitar que la fuerza del agua arrastre hacia el interior de la red los ejemplares levantados del fondo, con las pinzas entomológicas para la extracción de los macroinvertebrados de la bandeja de recolección plástica, estos serán guardados en envases de plástico esterilizados de 100 ml, con alcohol al 80%.

3.6.4.1. Métodos de recolección de los macroinvertebrados

Tabla 4-3: Métodos de recolección cualitativos

Red tipo D-net o triangular:	Esta red se usa para hacer un “barrido” a lo largo de las orillas o en recodos de la corriente donde no es posible llegar con la red de pantalla. Tiene la ventaja de que su forma triangular se adapta bien a las superficies irregulares de las orillas. Su uso debe ser intensivo hasta cubrir un área representativa del lugar de muestreo
Recolección manual:	Consiste en levantar rocas, piedras, ramas sumergidas y troncos en cuya superficie se encuentran numerosos organismos adheridos. Los organismos deben ser tomados con pinzas de aluminio u otro material suave o con la ayuda de pinceles con el fin de no dañar las estructuras externas de los organismos recolectados. El material se guarda directamente en viales o frascos pequeños con alcohol al 70%.

Fuente: (Roldán-Pérez 2012, p.51)

Realizado por: Herrera, Karen, 2022.

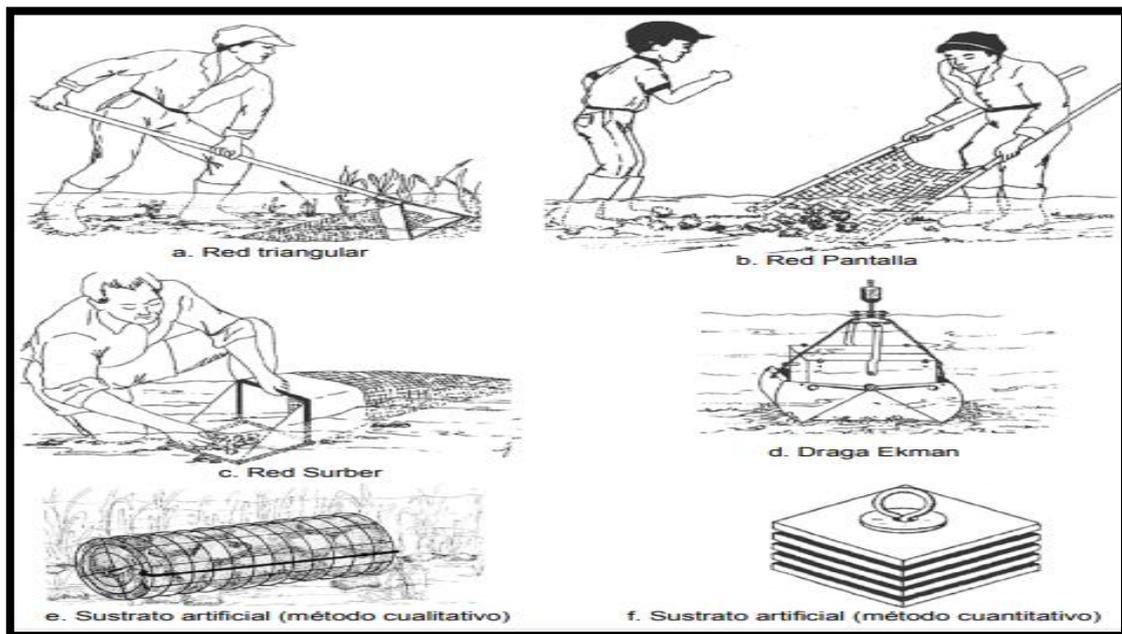


Ilustración 5-3: Métodos más usados para la recolección de macroinvertebrados acuáticos

Fuente: (Roldán-Pérez 2012, p. 53).

3.6.4.2. Conservación y etiquetado de muestras

Para evitar que la red de muestreo se sature y que los bioindicadores escapen, el sedimento recogido en cada redada se lo colocó en un contenedor blanco, donde se retiraron a mano los restos orgánicos e inorgánicos, hasta que únicamente permanezcan los macroinvertebrados (Chacón 2017b, p. 34). Seguidamente, con la ayuda de pinzas entomológicas fueron guardados en envases de plástico con alcohol al 80% para su conservación al ser llevadas al Laboratorio de la

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Las muestras fueron etiquetadas con número de punto, fecha y hora.

3.6.5. Identificación taxonómica de macroinvertebrados acuáticos

Su identificación taxonómica se llevó a cabo en el laboratorio de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo sede Morona Santiago, se colocaron los macroinvertebrados en tres cajas petri según el correspondiente a cada estación y con la ayuda de un estereoscopio se logro su identificación que posteriormente con las tablas de identificación nos basamos en el nivel de tolerancia de cada macroinvertebrado, basando en guías de identificación taxonomica como (Gamboa et al. 2008, p.111); (Oñate et al. 2020, p.42); (Palma 2013, p.12) ; (Álvarez 2005, p.27) y (Garrido et al. 2012).

Tabla 5-3: Los macroinvertebrados acuáticos indicadores de buena calidad del agua

Orden de insecto	Características	Rasgos clave
<p><i>PLECOPTERA</i></p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre común: Moscas de las piedras (Familia más común: <i>Perlidae</i>) • Ciclo de vida: hemimetabolos (ninfas acuáticas y adultos voladores) • Fase indicadora: Ninfas. Muy sensibles a la contaminación. <ul style="list-style-type: none"> • Alimentación: Ninfas Carnívoras en los últimos instares • Hábitat: Ríos de aguas turbulentas, Lechos de grava. 	<p>Abdomen con un par de cercos sencillos o multiarticulados. Uñas tarsales pares.</p> 
<p><i>EFEMEROPTERA</i></p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre común: Efimeras (Familias más comunes: <i>Baetidae</i>, <i>Leptophlebiidae</i>, <i>Leptohyphidae</i>, <i>Caenidae</i>) • Ciclo de vida: hemimetabolos (ninfas acuáticas y adultos voladores) • Fase indicadora: ninfas • Alimentación: ninfas herbívoras • Hábitat: ríos y lagunas 	<p>Abdomen generalmente con un par de cercos alargados y un filamento central normalmente visible. Uñas tarsales únicas.</p> 

TRICOPTERA



• Nombre común: *Frigáneas* Larvas acuáticas construyen un estuche o refugio que varía según la familia.

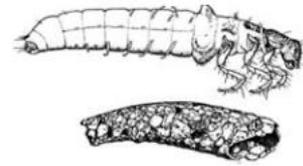
(Familias más comunes: *Hidropsiphidae*, *Hidroptilidae*, *Leptoceridae*)

• Ciclo de vida: hemimetabolos (ninfas y pupas acuáticas y adultos voladores)

• Fase indicadora: ninfas

• Alimentación: ninfas depredadoras o herbívoras

• Hábitat: ríos, aguas quietas y rápidas



ODONATA



• Nombre común: Libélulas, caballitos del diablo (Familias más comunes: *Libellulidae*, *Coenagrionidae*) Ojos compuestos prominentes. Branquias plumosas externas en la parte posterior del abdomen.

• Ciclo de vida: hemimetabolos (larvas acuáticas y adultos voladores)

• Fase indicadora: larvas

• Alimentación: ninfas depredadoras

• Hábitat: ríos de aguas quietas



COLEOPTERA



• Nombre común: Escarabajos Patas grandes y caminan por el fondo del agua. Respiran aire con el extremo del abdomen o disponen de apéndices filamentosos (branquias).

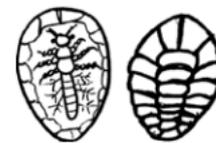
(Familias más comunes: *Elmidae*, *Ptylodactilidae*, *Pheseniidae*, *Dytiscidae*, *Hydrophilidae*)

• Ciclo de vida: holometabolos (larvas, pupas y adultos)

• Fase indicadora: larvas

• Alimentación: ninfas herbívoras y depredadoras

• Hábitat: Amplio rango indicativo: salinidad, zonas lacustres



DIPTERA/ Blephariceridae

• Nombre común: moscas, Larva pequeña con protuberancias a los lados del cuerpo.

(Familias más comunes: *Simuliidae*, *Tipulidae*, *Psychodidae*,



Dixidae, Athericidae, Blephariceridae).

- Ciclo de vida: holometabolos (huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores)
- Fase indicadora: larvas
 - Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras
- Hábitat: ríos de aguas estancadas.

Fuente: (Gamboa et al. 2008, p.111).

Tabla 6-3: Los dípteros, macroinvertebrados acuáticos indicadores de aguas estancadas y de baja calidad

Orden Díptera	Características	Rasgos Clave
<p><i>Familia Culicidae</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre común: mosquitos. • Ciclo de vida: holometabolos (huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores) • Fase indicadora: larvas • Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras. • Hábitat: aguas estancadas 	<p>Larva ápoda con cabeza reducida. Penachos de pelos en el tubo respirador, por lo que cuelgan de cabeza hacia abajo de la superficie para tomar aire.</p>
<p><i>Familia Ephydriidae</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre común: moscas, mosquitos. • Ciclo de vida: holometabolos (huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores) • Fase indicadora: larvas • Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras. • Hábitat: aguas estancadas 	<p>Cuerpo alargado con propatas en la mitad de este y un penacho de setas en la parte posterior.</p>
<p><i>Familia Psychodidae</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre común: moscas • Ciclo de vida: holometabolos (huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores) • Fase indicadora: larvas • Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras. 	<p>Cuerpo alargado con abundantes setas en todo el cuerpo</p>

Familia Sirfidae



- Hábitat: aguas estancadas y lólicas
- Nombre común: moscas
- Ciclo de vida: holometabolos (huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores)
- Fase indicadora: larvas
- Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras.
- Hábitat: aguas estancadas y lólicas

Fuente: (Gamboa et al. 2008, p.112).

3.6.6. Cálculo Índice Biological Monitoring Working Party para Colombia (BMWP/COL).

Haciendo uso de una matriz se clasifica a los macroinvertebrados de acuerdo con el grado de tolerancia 1 a 10 (Ver, Tabla 7- 3). Para obtener un valor BMWP/Col para cada sitio se suma el valor de cada grupo y se obtiene un total, este total se compara con la escala BMWP/Col que clasifica la puntuación final en 5 niveles de calidad de agua (Criollo 2015, p. 41) (Ver, Tabla 8-3).

Tabla 7-3: Puntuación de las familias de macroinvertebrados para obtener BMWP/Col

Familia	Puntuación
<i>Siphonuridae, Heptageniidae, Leptophebiidae Potamanthidae, Ephemeridae, Taeniopterygidae, Leuctridae, Capniidae, Perlodidae, Perlidae, Chloroperlidae, Aphelocheiridae, Phryganeidae, Molennidae, Beraeidae, Odontoceridae, Leptoceridae, Goeridae, Lepidostomatidae, Brachycentridae, Sericostomatidae, Athericidae, Blephariceridae</i>	10
<i>Astacidae, Lestidae, Calopterygidae, Gomphidae, Cordulegasteridae, Aeshnidae, Corduliidae, Libellulidae, Psychomyiidae, Philopotamidae, Glossosomatidae</i>	8
<i>Ephemerellidae, Nemouridae, Rhyacophilidae, Polycentropodidae, Limnephilidae</i>	7
<i>Neritidae, Viviparidae, Ancyllidae, Hydroptilidae, Unionidae, Corophiidae, Gammaridae, Platycnemididae, Coenagriidae</i>	6
<i>Oligoneuriidae, Dryopidae, Elmidae, Helophoridae, Hydrochidae, Hydraenidae, Clambidae, Hydropsychidae, Tipulidae, Simuliidae, Planariidae, Dendrocoelidae, Dugessidae</i>	5

<i>Baetidae, Caenidae, Haliplidae, Curculionidae, Chrysomelidae, Tabanidae, Stratiomyidae, Empididae, Dolichopodidae, Dixidae, Ceratopogonidae, Anthomyidae, Limoniidae, Psychodidae, Sialidae, Piscicolidae, Hidracarina</i>	4
<i>Mesoveliidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Naucoridae, Pleidae, Notonectidae, Corixidae, Helodidae, Hydrophilidae, Hygrobiidae, Dysticidae, Gyrinidae, Valvatidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Bithyniidae, Sphaeridae, Glossiphoniidae, Hirudidae, Erpobdellidae, Asellidae, Ostracoda</i>	3
<i>Chironomidae, Culicidae, Muscidae, Thaumaleidae, Ephydridae</i>	2
<i>Oligochaeta (todas las clases), Syrphidae</i>	1

Fuente: (Oñate et al. 2020, p. 42).

Tabla 8-3: Método BMWP/Col

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

3.6.7. Materiales y equipos

Tabla 9-3: Materiales y equipos utilizados en los puntos de monitoreo del río Quimi

Materiales / equipos	Descripción
Pinzas entomológicas	Nos ayuda en la separación de macroinvertebrados con restos de la vegetación
Bandeja de recolección plásticas	Se utiliza para la separación de los macroinvertebrados,
Red D-net	Se utiliza para la recolección de macroinvertebrados, tiene un mango de 80 cm de longitud, una estructura de 16 cm y una malla de 150 µm.
Envases estériles de plástico de 100 ml	Nos sirven para guardar los macroinvertebrados, con alcohol al 80% y la utilización de guantes.
Cooler	Se utiliza para el transporte y conservación de las muestras al laboratorio
Botellas plásticas de 1L	Se utilizó para la recolección de muestras de agua
Equipo multiparamétrico portátil APERA	Este equipo nos ayudó a medir parámetros in situ como la temperatura y pH.
Equipo multiparamétrico portátil HACH	Este equipo nos ayudó a medir parámetros in situ como la turbidez, oxígeno disuelto y sólidos totales.

Piseta con agua destilada (1lt)	Nos sirve para enjuagar las sondas de los equipos para que no se deterioren
Cámara digital	Utilizado para evidencias fotográficas
Etiquetas y marcador	Utilizado para identificar cada punto de monitoreo con el número de punto, hora, fecha.
Cuaderno de apuntes	Se utilizó para anotar los datos del equipo multiparamétrico

Realizado por: Herrera, Karen, 2022.

Tabla 10-3: Materiales y equipos utilizados en el laboratorio

Material / equipo	Descripción
Turbidímetro 2100Q HACH	Se utilizó para medir la turbidez
Celda de vidrio redondo	
COLORÍMETRO DR/890	Utilizado para medir parámetros como nitratos, fosfatos y oxígeno disuelto
<ul style="list-style-type: none"> • Reactivo Nitro Ver 5 • Reactivo Phos Ver 3 • Frasco de oxígeno disuelto ACCU VAC 	
Equipo para coliformes fecales	Se utilizó para ver la presencia o ausencia de coliformes fecales mediante el medio de cultivo y las muestras de agua de cada punto.
<ul style="list-style-type: none"> • Matraz Erlenmeyer • Medio de cultivo para coliformes fecales • Tubos de ensayo • Pipeta graduada serológica • Incubadora memmert 	
Equipo para demanda bioquímica de oxígeno	Empleado para determinar la demanda bioquímica presente en el agua
<ul style="list-style-type: none"> • Botella ambar • Medidor de DBO WTW • Agitador/ imán • Una pastilla NHP 600 • 3 gotas de NTH 600 • Uberlaufkolben de 164 ml • Incubadora 	
Equipo para el análisis de macroinvertebrados	Se utilizó para la identificación taxonómica de los macroinvertebrados
<ul style="list-style-type: none"> • Estereoscopio • Caja Petri • Pinzas entomológicas • Computadora 	

Realizado por: Herrera, Karen, 2022.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.2. Parámetros del Índice de Calidad del Agua ICA-NSF

Las concentraciones obtenidas en los análisis de los nueve parámetros físico químico y microbiológicos para las distintas estaciones se analizaron haciendo uso del índice de la calidad del agua basado en la National Sanitation Foundation, los resultados obtenidos de las muestras analizadas en los laboratorios de la EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO, FAENAMIENTO Y SERVICIOS PÚBLICOS DEL CANTÓN SUCÚA “EPMAPAF-SP” y en la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO SEDE MORONA SANTIAGO, datos tomados de manera in situ se detallan a continuación:

4.2.1. Potencial de hidrógeno (Ph)

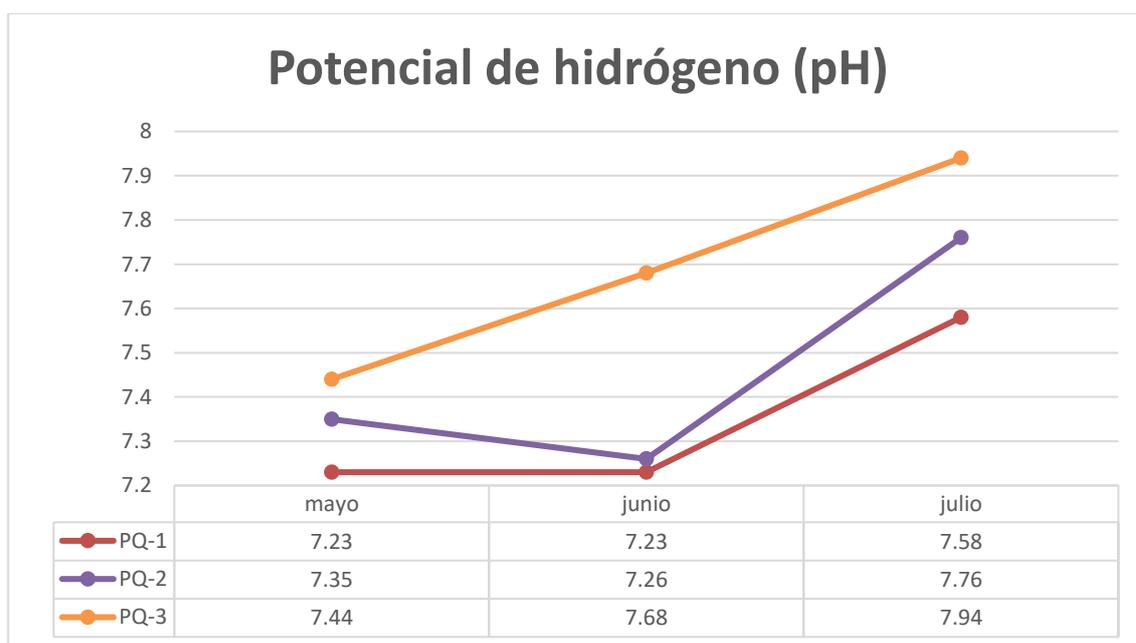


Ilustración 1-4: Potencial de hidrógeno (pH)

Realizado por: Herrera, Karen, 2022.

En la ilustración (1-4) se representa la variación del potencial de hidrógeno de 7,23 como la más baja registrada en el mes de mayo y junio, para la estación PQ-1 y 7,94 la más alta registrada en el mes julio en la estación PQ-3. De acuerdo con Lozano (2019, p. 22) el rango normal para el agua en los sistemas del agua superficial va de 6.5 a 8.5, lo que indica que valor inferiores o superiores a estos causan limitaciones en el desarrollo de organismos acuáticos.

De los valores obtenidos en la investigación comparados con la TABLA 2: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y DE ESTUARIOS; indica que el criterio de calidad para agua dulce en el potencial de hidrógeno (pH) está dentro del rango 6,5-9 (MAAE-Acuerdo Ministerial 097-A 2015) ;esto quiere decir que los resultados obtenidos se encuentran dentro de la norma para la vida y desarrollo que necesitan ciertos organismos acuáticos en el río Quimi, debido a que dependen de una buena calidad; caso contrario al exceder o tener bajos valor de pH se romper el balance químico provocando el arrastre de los contaminantes que causan condiciones toxicas para el cuerpo hídrico.

4.2.2. Temperatura (°C)

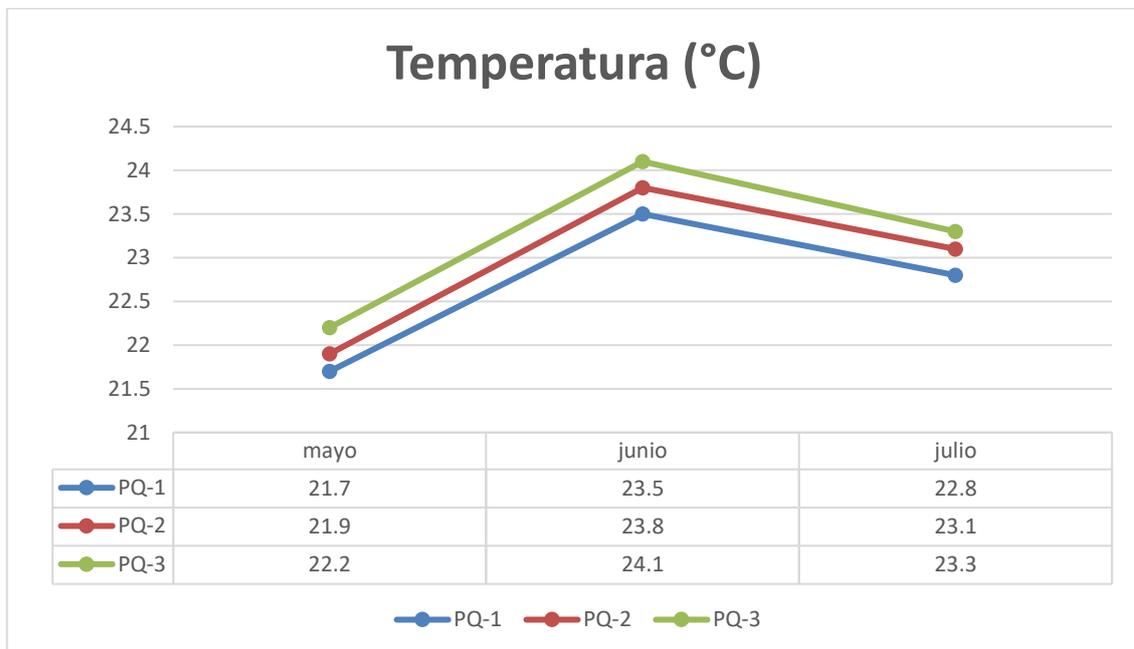


Ilustración 2-4: Temperatura (°C)

Realizado por: Herrera, Karen, 2022.

En la ilustración (2-4) los valores de la temperatura muestran cambios significativos, observando que para del mes de mayo a junio aumenta un aproximado de 2°C para cada estación, mientras que en el mes de julio disminuye. De acuerdo con Carrillo y Urgilés (2016, p. 45) establece que el incremento de la temperatura reduce la cantidad de oxígeno presente en el agua, los ecosistemas acuáticos se ven afectados produciendo eutrofización y proliferación de organismos patógenos, por lo tanto el aumento de la temperatura registrado es producto de la contaminación por parte de las descargas de aguas domésticas y desechos orgánicos que se encuentran en el río Quimi producto de las actividades realizadas por los moradores aledaños al río, sin dejar de lado los

diferentes factores que se presentan a la momento del monitoreo como la hora, la profundidad al momento del análisis y la estación.

4.2.3. Nitratos

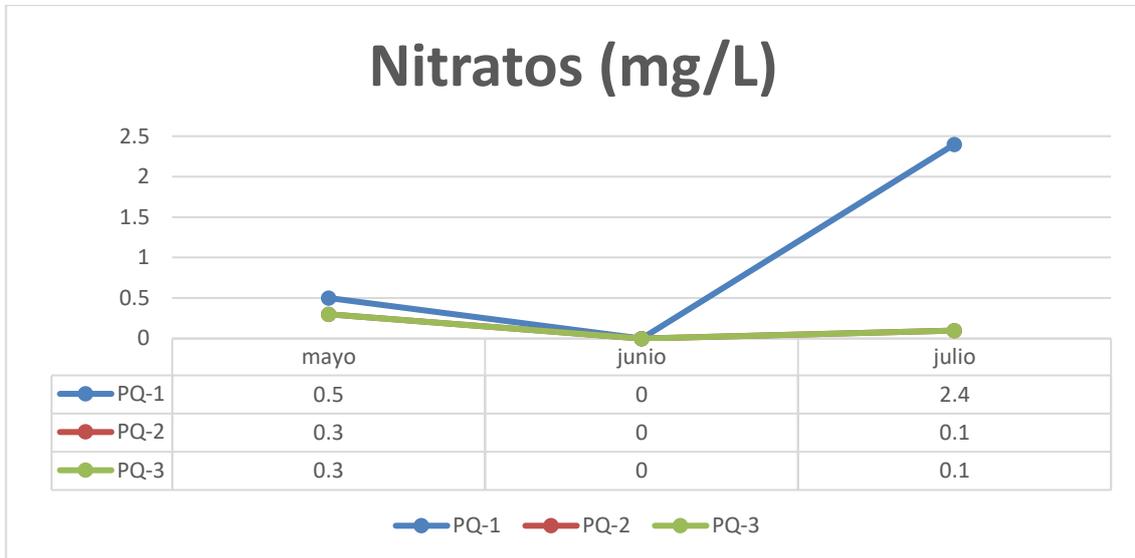


Ilustración 3-4: Nitratos (mg/L)

Realizado por: (Herrera, Mishell, 2022)

En la ilustración (3-4) observamos que el valor más bajo en nitratos se sitúa en el mes junio con 0 mg/L para cada punto, mientras que el valor más alto es de 2,4 mg/L en el mes de julio presente en el punto PQ-1. De acuerdo con Rodríguez et al. (2012, p. 112) la concentración de nitrato en aguas superficiales normalmente es baja (0-18 mg L⁻¹) y con (Claros 2012, p. 17) el proceso de desnitrificación consiste en la reducción del nitrato a nitrito y, posteriormente, a compuestos de nitrógeno gaseoso, existe una variedad muy alta de microorganismos involucrados en las reacciones de desnitrificación, lo que les proporciona el potencial de ubicuidad en la mayoría de ambientes naturales. Por lo tanto la ausencia de nitratos en el mes de junio se debe a la presencia de estos microorganismos que al estar presentes en el río Quimi hacen que los resultados de las concentraciones sean de 0 mg/L. Comparando con la TABLA 2: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y DE ESTUARIOS el criterio de calidad máximo en nitratos es de 13 mg/L (MAAE-Acuerdo Ministerial 097-A 2015), por lo cual demuestra que las aguas del tramo en estudio del río Quimi se encuentran dentro del límite máximo, por otro lado la variación de los nitratos se pueden dar de forma natural derivadas de la descomposición de proteínas de plantas y excreción de animales, que en proporciones adecuadas mejora el rendimiento de las plantas que se desarrollan a lo largo del río. En cambio, el aumento de nitratos para julio de 2,4

mg/L se puede dar por el uso de fertilizantes hidrogenados que pueden ser arrastrados por medio de escorrentías.

4.2.4. Fosfatos (mg/L)

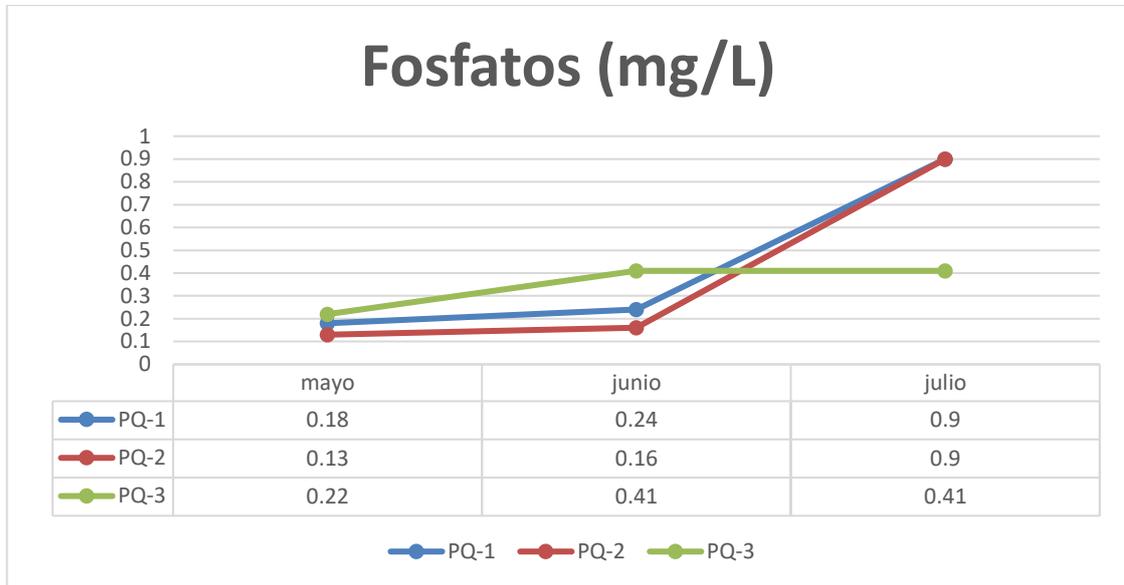


Ilustración 4-4: Fosfatos (mg/L)

Realizado por: Herrera, Karen, 2022.

En la ilustración (4-4) se observa las concentraciones bajas de fosfatos. De acuerdo a (Severiche-Sierra y Gonzales-Garcia 2012, p. 29) recomienda límites de aguas receptoras: 1 mg/L fósforo total. Las concentraciones en el río Quimi no sobrepasan el límite recomendado, caso contrario existiera eutrofización que combinado con la contaminación antropogénica limita el desarrollo de organismos acuáticos y genera un mal aspecto al cuerpo hídrico. Según a Martínez et al. (2001, p. 349) la actividad de los organismos autotróficos contribuye a la remoción de los fosfatos en las aguas superficiales. Es así que la presencia de organismos acuáticos ayuda a la remoción de materia orgánica presente en los sedimentos del río contribuyen al correcto funcionamiento del sistema acuático y hacen que los niveles de fosfatos se mantengan bajos impidiendo una mayor contaminación para el agua.

4.2.5. Turbidez (NTU)

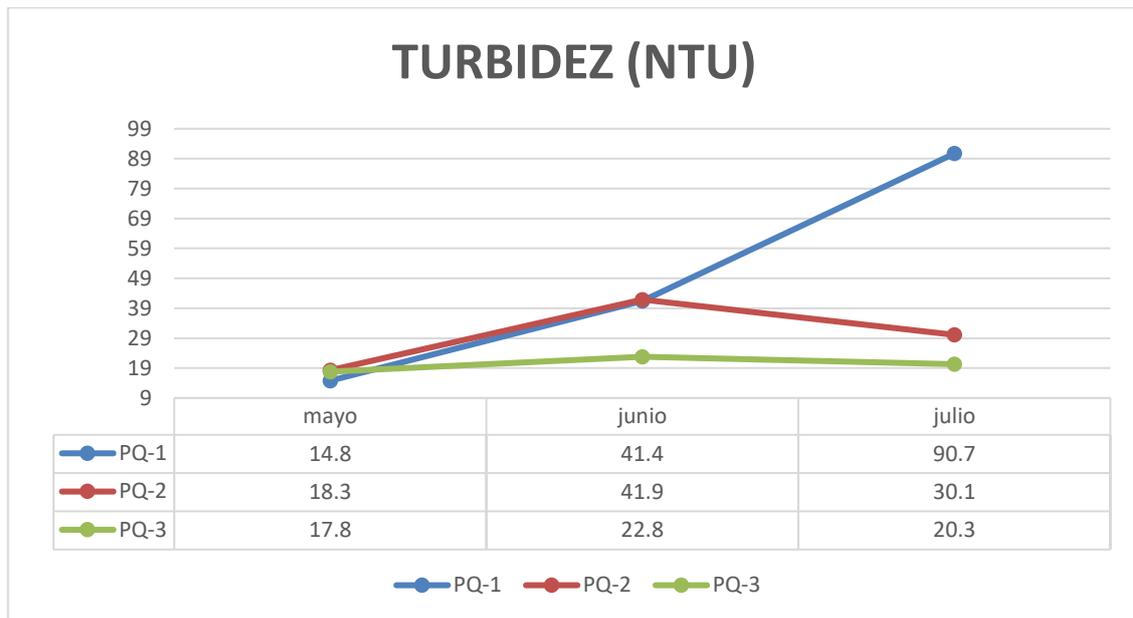


Ilustración 5-4: Turbidez (NTU)

Realizado por: Herrera, Karen, 2022.

En la ilustración (5-4) se representa la turbidez en cada una de las estaciones de monitoreo, para lo cual se tiene un valor bajo de 14,8 NTU situado en la estación PQ-1 en el mes de mayo y un valor alto de 90 NTU en la estación PQ-1 para el mes de julio. Esto comparando con Schloss (2010) el nivel máximo en aguas turbias y flujos de ríos es de 50 NTU y de acuerdo a Cordero (2018, p.13) la turbidez puede aumentar por la erosión natural de las orillas la cual aporta sedimentos a los cauces de los ríos, y la contaminación causada por la industria o por desechos domésticos; para los meses de mayo y junio se encuentra dentro del rango establecido, presentando un color transparente, es importante considerar que el aumento de la turbidez en la estación PQ-1 para el mes de julio se debe a la construcción de la carretera en el Barrio Amazonas, colocando una tubería para el paso del río causando que exista mayor presencia de material particulado y el levantamiento de sedimentos del fondo del río, además de las condiciones climáticas que presento dicho mes en el cual las lluvias contribuyeron con el arrastre de material al punto de monitoreo.

4.2.6. Sólidos disueltos totales (mg/L)

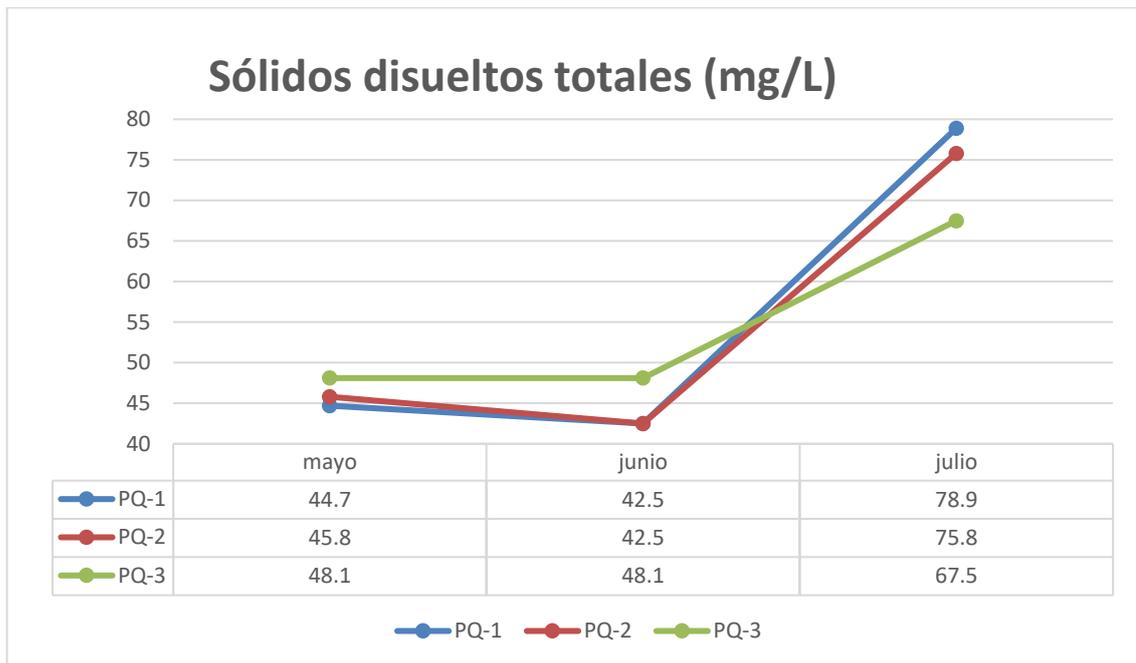


Ilustración 6-4: Sólidos disueltos totales (mg/L)

Realizado por: Herrera, Karen, 2022.

En la ilustración (6-4) se muestra que no existen variaciones considerables para los dos primeros meses mayo y junio, debido a que las condiciones climáticas fueron buenas; presentando temporadas secas para los monitoreos realizados, mientras que para el tercer mes observamos que existe un aumento de 78,9mg/L para la estación PQ-1 que comparando con Cordero (2018, p. 14) recomienda límites de 500 a 1000 mg/L, pero en regiones con aguas altamente mineralizadas se aceptan hasta 1500 mg/L, por lo tanto, las concentraciones obtenidas en el río Quimi se encuentran por debajo de los límites máximos establecidos. Samaniego (2019, p. 11) manifiesta en su investigación que los sólidos disueltos totales afectan la calidad del agua en diferentes formas: agua con alta concentración de sólidos disueltos generalmente son de baja potabilidad, altos contenidos de minerales son perjudiciales para muchas aplicaciones industriales, es por ello la presencia de diferentes organismos acuáticos que en temporadas secas se apreciaron de mejor manera. El aumento registrado para el mes de julio se debe a la presencia de lluvias que incrementa el caudal y por ende un arrastre de sedimentos en el agua de sólidos producidos por las actividades antropogénicas, la escorrentía superficial y descargas domesticas que al ser vertidos al río generan problemas de toxicidad en la biota acuática.

4.2.7. Oxígeno disuelto (mg/L)

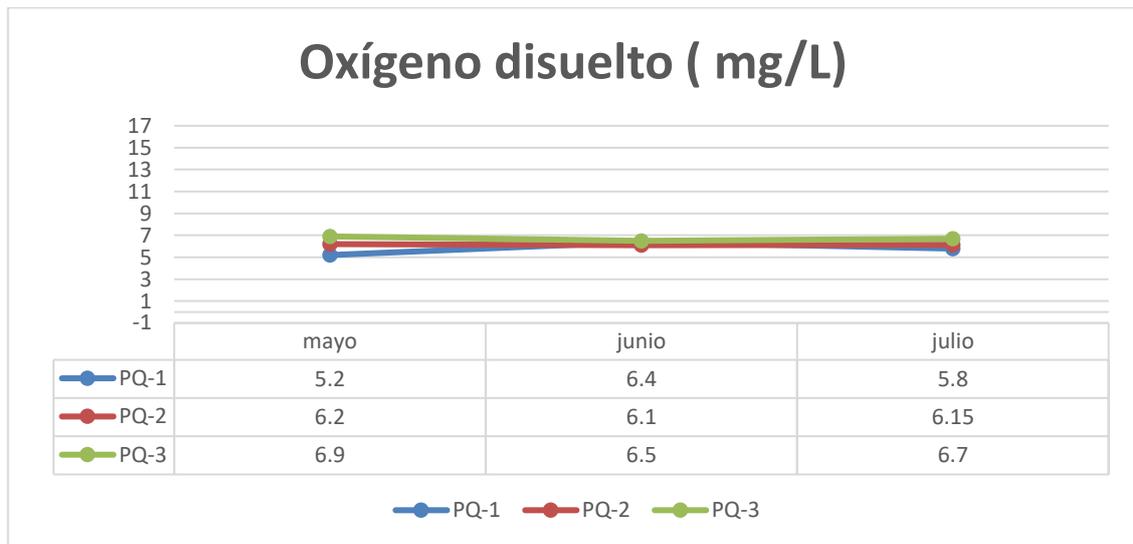


Ilustración 7-4: Oxígeno disuelto (mg/L)

Realizado por: Herrera, Karen, 2022.

En la ilustración (7-4) se presentan las concentraciones de oxígeno disuelto, que comparando con lo que dice Rivera et al. (2015) la concentración de OD en un cuerpo de agua superficial debe ser mayor a 5 mg/L para garantizar la supervivencia de las comunidades biológicas y evitar la muerte de los peces; en términos porcentuales, la concentración debe ser superior al 70 %. De acuerdo a (Ortega 2016, p. 18) si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir. Este indicador depende de la temperatura, puesto que el agua más fría puede guardar más oxígeno en ella, que el agua más caliente. Las concentraciones de oxígeno disuelto presentes en el río Quimi presentan valores que alcanza el límite mínimo (5 mg/L) para que exista la presencia de organismos acuáticos; esto se debe a las temporadas secas que al aumentar la temperatura del agua por ende el oxígeno disminuya, también por la oxidación de compuestos inorgánicos producto de las descargas domésticas que pueden agotar o disminuir la presencia de OD y un factor importante es la apertura y construcción de calles que existe en la estación PQ-1, sumado a esto la instalación de tuberías causa que exista una gran cantidad de material sólido que limita la presencia de oxígeno ; es importante mencionar que en la estación PQ-3 se observan concentraciones altas en comparación con las otras estaciones ya que existen árboles y vegetación que favorecen al agua del río a que sea más fría por lo tanto va a ver mayor oxígeno disuelto.

4.2.8. Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)

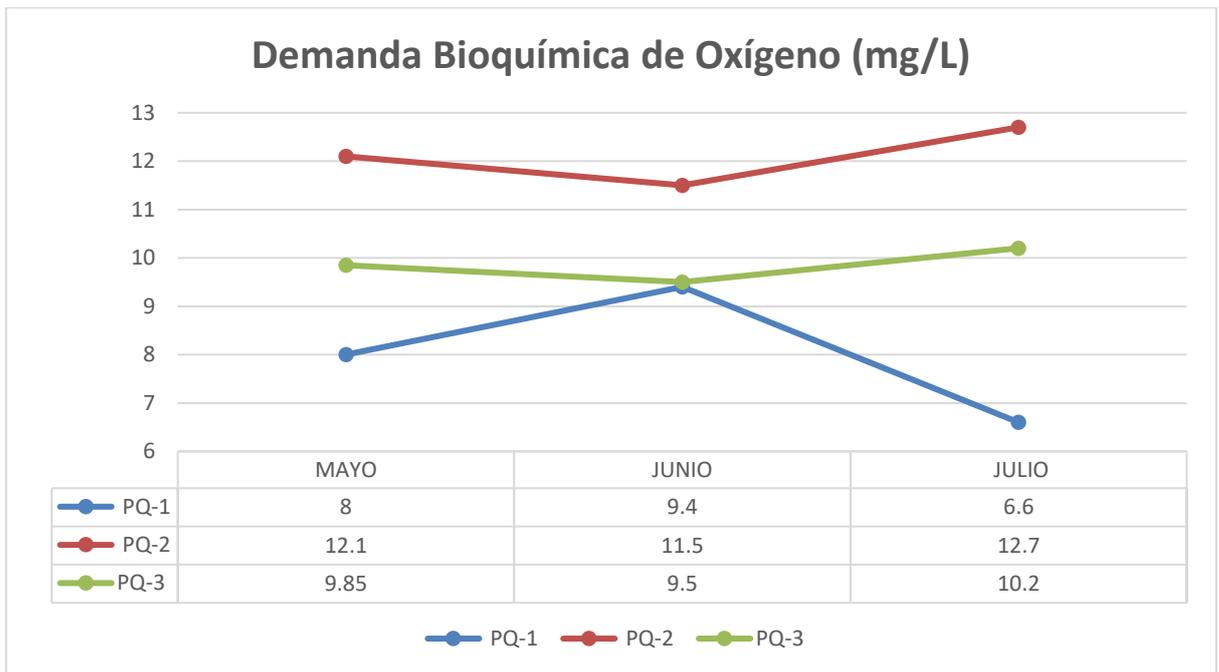


Ilustración 8-4: Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)

Realizado por: Herrera, Karen, 2022.

En la ilustración (8-4) el valor bajo es de 6,6 mg/L presente en la estación PQ-1 en el mes julio y valores altos se encuentran en la estación PQ-2 para los tres meses, que comparando con la tabla 2: Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces marinas y estuarios del Acuerdo Ministerial 097-A del Texto Unificado de Legislación Secundaria (MAAE-Acuerdo Ministerial 097-A 2015), el criterio de calidad para DBO5 es de 20 mg/L y según Vázquez (2003, p. 23) establece que la DBO5 es la cantidad de oxígeno que utilizan los microorganismos para llevar a cabo la reducción de la materia orgánica. Las concentraciones obtenidas del río Quimi no alcanzan el límite máximo para la calidad de aguas superficiales, sin embargo, existen valores bajos que determinan que existe poca materia orgánica, lo que provoca que no exista suficientes bacterias que descompongan y por tanto la DBO5 será menor y el OD será mayor. Por el contrario, existen valores altos en la estación PQ-2 en comparación con la estación PQ-1 y PQ-3 que se debe a la presencia de materia orgánica, heces de animales e incluso de combustible que en cantidades considerables aumenta la labor de los microorganismos para descomponerla necesitando mayores cantidades de oxígeno, se debe considerar que, si el nivel de DBO5 es demasiado alta, los organismos acuáticos se verán gravemente afectados.

4.2.9. Coliformes fecales (NMP/100 mL)

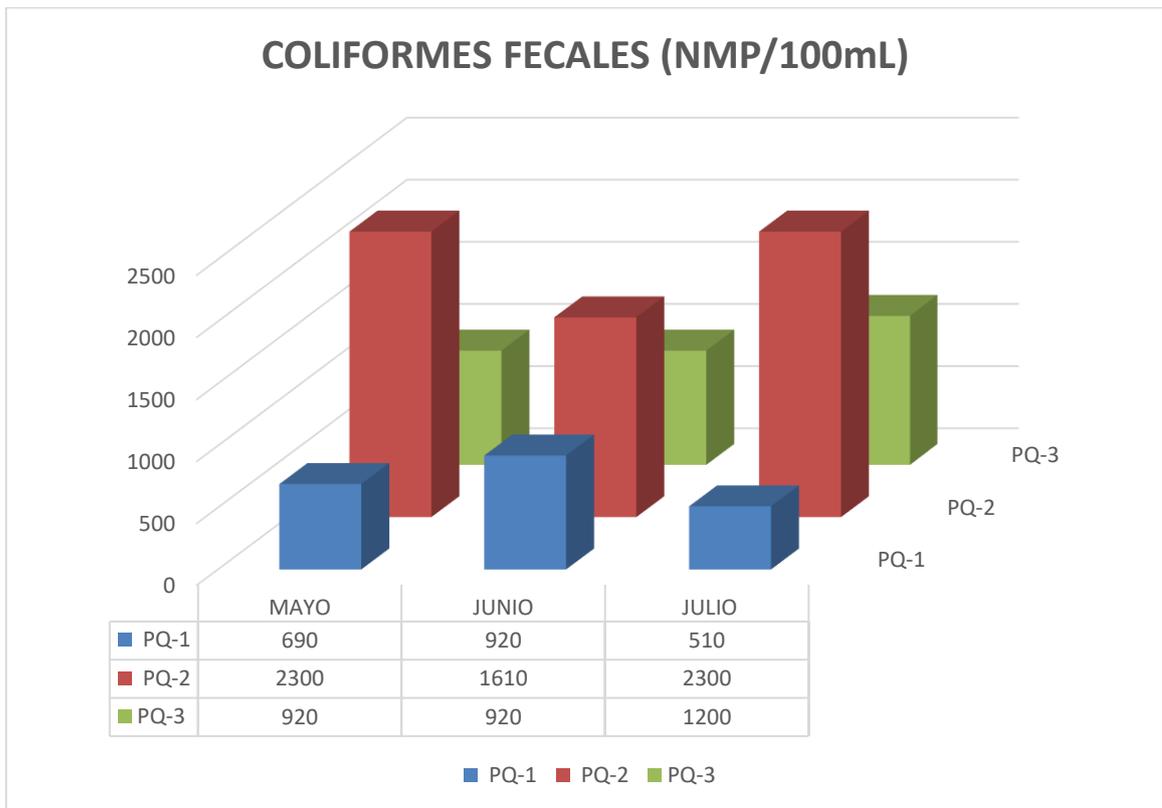


Ilustración 9-4: Coliformes fecales (NMP/100mL)

Realizado por: Herrera, Karen, 2022.

En la ilustración (9-4) se muestra las concentraciones de los coliformes fecales con valores altos en la estación PQ-2 en los meses de estudio que comparando con la TABLA 1: CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO y la TABLA 3: CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA RIEGO AGRICOLA tiene un límite máximo de 1000 NMP/100ml (MAAE-Acuerdo Ministerial 097-A, 2015) y de acuerdo a (Casilla 2014, p.27) la presencia de los coliformes fecales se debe a las heces de mamíferos y aves, al arrastre de desechos y del agua de drenaje. Las concentraciones de la estación PQ-2 sobrepasan los límites máximos permisibles porque existe agentes patógenos debido a la presencia de heces de animales en el río Quimi, un factor importante para altas concentraciones de coliformes fecales es el impedimento del transcurso de agua provocado por residuos sólidos haciendo que queden atrapados en cantidades considerables las heces, lo cual al hacer uso de esta fuente provoca enfermedades intestinales en personas que la consuman.

4.3. Resultados del Índice de Calidad del Agua (ICA-NSF).

Tabla 1-4: Resultados de los parámetros del ICA-NSF

Parámetros	Unidades	Mayo			Junio			Julio		
		PQ-1	PQ-2	PQ-3	PQ-1	PQ-2	PQ-3	PQ-1	PQ-2	PQ-3
Coliformes fecales	(NMP/100mL)	690	2300	920	920	1610	920	510	2300	1200
pH		7,23	7,35	7,44	7,23	7,26	7,68	7,58	7,76	7,94
Demanda bioquímica de oxígeno	(mg/L)	8	12,1	9,85	9,4	11,5	9,5	6,6	12,7	10,2
Nitratos	(mg/L)	0,5	0,3	0,3	0	0	0	2,4	0,1	0,1
Fosfatos	(mg/L)	0,18	0,13	0,22	0,24	0,16	0,41	0,9	0,9	0,41
Temperatura	(°C)	21,7	21,9	22,2	23,5	23,8	24,1	22,8	23,1	23,3
Turbidez	(NTU)	14,8	18,3	17,8	41,4	41,9	22,8	90,7	30,1	20,3
Sólidos disueltos totales	(mg/L)	44,7	45,8	48,1	42,5	42,5	48,1	78,9	75,8	67,5
Oxígeno disuelto	(mg/L)	5,2	6,2	6,9	6,4	6,1	16,5	5,8	6,15	11,7
Valor ICA-NSF		62,82	59,18	63,45	57,12	59,79	58,59	50,05	50,15	51,9
Calidad		Regular								
Promedio		61,816			59,04			50,7		

Realizado por: Herrera, Karen, 2022.

En la tabla (1-4) para el mes de mayo observamos que las variaciones de las estaciones corresponden a una calidad de agua **REGULAR** según el ICA-NSF, los parámetros que influyen en el deterioro de la calidad del agua en la estación PQ-1 y PQ-2 son los coliformes fecales y DBO₅, mientras que en la estación PQ-3 los parámetros que influyen en la calidad del agua son los coliformes fecales, DBO₅ y fosforo.

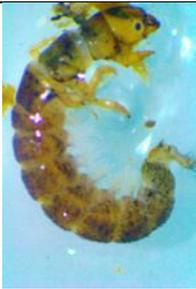
En el mes de junio según los valores obtenidos del ICA-NSF clasifica a la calidad del agua como **REGULAR**, observando parámetros que inciden en la disminución de la calidad del agua para la estación PQ-1 como coliformes fecales, DBO₅, fosfatos y turbidez, para la estación PQ-2 solo intervinieron los parámetros como coliformes fecales, DBO₅ y turbidez, finalmente para la estación PQ-3 intervinieron DBO₅, coliformes fecales y fosfatos.

Finalmente, para el mes de julio los valores que se obtuvieron mediante el ICA-NSF clasificaron la calidad del agua como **REGULAR**, los parámetros que contribuyeron con el deterioro de la calidad del agua para la estación PQ-1 son los coliformes fecales, DBO₅, fosfatos y la turbiedad; para la estación PQ-2 y PQ-3 fueron la DBO₅ y fosfatos.

La variación en las concentraciones presentes en los nueve parámetros analizados se generan por contaminación de descargas domésticas, actividades antropogénicas provocadas por moradores aledaños a esta fuente hídrica y la presencia de contaminación fecal que es uno de los parámetros que tiene más influencia en el deterioro de la calidad del agua, sumado a todo esto, existe la presencia de lluvias haciendo que aumente el caudal del río; con ello el arrastre de sedimentos, contaminantes tóxicos y la presencia de la escorrentía superficial. Un factor importante que influye en las variaciones de la estación PQ-1 es la construcción de vías e implementación de tuberías para el Barrio Amazonas que además de aportan partículas sólidas al agua, se produce el levantamiento de sedimentos que impiden el paso de la luz para la correcta fotosíntesis de organismo acuáticos primarios como son las plantas y algas; como se indica en la tabla 16-4 del promedio general para los meses de monitoreo dan como resultado una calidad de agua **REGULAR** indicando que el tramo del presente estudio es óptimo para el correcto desarrollo organismos acuáticos, pero no recomendable para actividades recreativas ni para consumo humano sin un tratamiento previo.

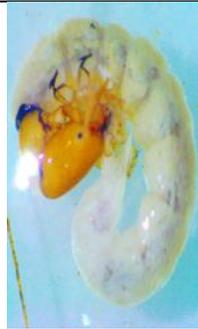
4.4. Macroinvertebrados presentes en el río Quimi tramo Sucúa.

Tabla 2-4: Identificación taxonómica de macroinvertebrados presentes en los puntos monitoreo

			
1)	2)	3)	4)
ORDEN: <i>Arhynchobdellida</i>	ORDEN: <i>Diptera</i>	ORDEN: <i>Trichoptera</i>	ORDEN: Amphipoda
FAMILIA: <i>Erpobdellidae</i>	FAMILIA: <i>Chironomidae</i>	FAMILIA: <i>Hydropsychidae</i>	FAMILIA: Gammaridae



5)
ORDEN:
Ephemeroptera
FAMILIA:
Caenidae



6)
ORDEN:
Coleoptera
FAMILIA:
Gyrinidae



7)
ORDEN:
Haplotaxida
FAMILIA:
Haplotaxidae



8)
ORDEN:
Mesogastropoda
FAMILIA:
Hydrobiidae



9)
ORDEN:
Ephemeroptera
FAMILIA:
Baetidae



10)
ORDEN:
Opisthopora
FAMILIA:
Lumbricidae



11)
ORDEN:
Tubificida
FAMILIA:
Enchytraeidae



12)
ORDEN:
Opisthopora
FAMILIA:
Sparganophilidae

Realizado por: Herrera, Karen, 2022.

4.4.1. Resultados de macroinvertebrados a través del índice biological monitoring working party/ Colombia (BMWP/COL).

Tabla 3-4: Resultados del Índice BMWP/COL para el mes de mayo del año 2022

MAYO			VALORACIÓN BMWP/COL		
N°	ORDEN	FAMILIA	Estación PQ-1	Estación PQ-2	Estación PQ-3
1	<i>Arhynchobdellida</i>	<i>Erpobdellidae</i>	3	3	3
2	<i>Diptera</i>	<i>Chironomidae</i>	2		2
3	<i>Trichoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>	5	5	5
4	<i>Amphipoda</i>	<i>Gammaridae</i>	6		6

5	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Caenidae</i>	4	4	
6	<i>Coleoptera</i>	<i>Gyrinidae</i>		3	3
7	<i>Haplotaixida</i>	<i>Haplotaixidae</i>		1	
8	<i>Mesogastropoda</i>	<i>Hydrobiidae</i>	3		
9	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>			
10	<i>Opisthopora</i>	<i>Lumbricidae</i>			
11	<i>Tubificida</i>	<i>Enchytraeidae</i>			
12	<i>Opisthopora</i>	<i>Sparganophilidae</i>			1
	TOTAL, BMWP/COL		23	16	20

Realizado por: Herrera, Karen, 2022.

En la tabla 3-4, para el mes de mayo según los resultados del índice BMWP/COL, se encuentran dentro del rango de 16-35 que corresponde a aguas muy contaminadas, por lo cual la tabla señala que la calidad del agua es **CRÍTICA**, recolectando un total de individuos de 118, la especie más abundante fue *Caenidae* del orden *Ephemeroptera* que presenta un total de 47 individuos que considerando con lo que dice Garrido, João y Pérez (2012, p. 23) viven preferentemente en ambientes lóticos con poca corriente, algunas especies son resistentes a cierto grado de contaminación. La poca presencia de macroinvertebrados de buena calidad demuestra que existen diversos factores que contaminan al cuerpo hídrico provocando la limitación del desarrollo de ciertos organismos de buena calidad que no soportan las perturbaciones que se generan a lo largo del río Quimi.

Tabla 4-4: Resultados del Índice BMWP/COL para el mes de junio del año 2022

N°	ORDEN	FAMILIA	Junio		
			Valoración Bmwp/Col		
			Estación PQ-1	Estación PQ-2	Estación PQ-3
1	<i>Arhynchobdellida</i>	<i>Erpobdellidae</i>	3	3	3
2	<i>Diptera</i>	<i>Chironomidae</i>	2		2
3	<i>Trichoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>	5	5	5
4	<i>Amphipoda</i>	<i>Gammaridae</i>	6	6	6
5	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Caenidae</i>	4		
6	<i>Coleoptera</i>	<i>Gyrinidae</i>			
7	<i>Haplotaixida</i>	<i>Haplotaixidae</i>	1	1	
8	<i>Mesogastropoda</i>	<i>Hydrobiidae</i>			
9	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	4		
10	<i>Opisthopora</i>	<i>Lumbricidae</i>			1
11	<i>Tubificida</i>	<i>Enchytraeidae</i>		1	
12	<i>Opisthopora</i>	<i>Sparganophilidae</i>		1	
	TOTAL, BMWP/COL		25	17	17

Realizado por: (Herrera, Mishell ,2022).

En la tabla 4-4, para el mes de junio según los resultados del índice BMWP/COL, se encuentra dentro del rango 16-35 en donde las características del agua son muy contaminadas lo que indica que la calidad del agua es **CRÍTICA**, recolectando un total de 84 individuos, la especie más abundante fue *Gammaridae* del orden *Amphipoda* que representa un total de 29 individuos que considerando con lo que dice López et al. (2020, p. 279) habitan en aguas ricas en materia orgánica. La abundancia y diversidad de macroinvertebrados para este mes fue baja debido diferentes factores como el aumento de actividades antropogénicas y desechos de materia orgánica que fue observado en mayor cantidad para este mes, la cual se refleja en la mayor cantidad de ciertos macroinvertebrados tolerantes a este tipo de contaminación, también las condiciones climáticas al momento del monitoreo ya que se presentaron lluvias momentos antes, por lo cual los organismos tienen hacer arrastrados por las corrientes.

Tabla 5-4: Resultados del Índice BMWP/COL para el mes de julio del año 2022

Julio			Valoración BMWP/COL		
Nº	ORDEN	FAMILIA	Estación PQ-1	Estación PQ-2	Estación PQ-3
1	<i>Arhynchobdellida</i>	<i>Erpobdellidae</i>	3		
2	<i>Diptera</i>	<i>Chironomidae</i>			
3	<i>Trichoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>	5	5	5
4	<i>Amphipoda</i>	<i>Gammaridae</i>	6		
5	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Caenidae</i>	4	4	4
6	<i>Coleoptera</i>	<i>Gyrinidae</i>		3	3
7	<i>Haplotaaxida</i>	<i>Haplotaaxidae</i>			
8	<i>Mesogastropoda</i>	<i>Hydrobiidae</i>			
9	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>			4
10	<i>Opisthopora</i>	<i>Lumbricidae</i>			
11	<i>Tubificida</i>	<i>Enchytraeidae</i>			
12	<i>Opisthopora</i>	<i>Sparganophilidae</i>			1
TOTAL, BMWP/COL			18	12	17

Realizado por: Herrera, Karen, 2022.

En la tabla 5-4, para el mes de julio según los resultados del índice BMWP/COL, están dentro del rango de 16-35 clasificando como aguas de calidad **CRÍTICA**, mientras que la estación PQ-2 se encuentran dentro del rango de menores a 15 que corresponde a aguas fuertemente contaminadas, por lo cual la tabla señala que la calidad del agua es **MUY CRÍTICA**, se encontraron un total de 118 individuos para este mes y la especie más abundante fue la *Caenidae* del orden *Ephemeroptera* con la presencia de 41 individuos, considerando con lo que dice Vásquez (2015, p.

71) nos habla que puede soportar altas temperaturas y bajos niveles de oxígeno, donde muchas otras efímeras no pueden sobrevivir; las limitaciones del desarrollo del macroinvertebrados de buena calidad se ven afectados por el caudal bajo del río Quimi ya que limita la abundancia de oxígeno disuelto, esto sumado a las actividades antropogénicas existentes a lo largo del río hacen que no se lleve el correcto desarrollo de diversas familias de macroinvertebrados.

4.5. Promedio del índice (BMWP/COL) en los tres meses de monitoreo.

Tabla 6-4: Promedio de la calidad del agua para cada estación de monitoreo

Estaciones	Mayo	Junio	Julio	Promedio	Calidad
PQ-1	23	25	18	22	Crítica
PQ-2	16	17	12	15	Muy Crítica
PQ-3	20	17	17	18	Crítica

Realizado por: Herrera, Karen, 2022.

Una vez calculados los valores para cada estación en los tres meses de monitoreo (mayo, junio y julio), procedemos a calcular un promedio de la calidad del agua de acuerdo con el índice BMWP/COL la calidad del agua en la estación PQ-1 y PQ-3 es **CRÍTICA**, lo que muestra aguas muy contaminadas, que se puede ver reflejado en los puntajes medios de tolerancia de algunas familias como la *Gammaridae* y *Hydropsychidae*, la escasa diversidad de familias se da por las altas precipitaciones que se presentan provocando un barrido constante de la fuente (Ortega 2016, p.68), y para la estación PQ-2 se categorizo a la calidad del agua como **MUY CRÍTICA**, lo cual demuestra aguas fuertemente contaminadas, que se refleja en los puntajes bajos de las familias *Haplotaxidae*, *Chironomidae*, *Erbobdellidae* y *Hydrobiidae* esto debido a las diferentes actividades antropogénicas, a la presencia de materia fecal y la tolerancia a la contaminación que presentan dichos organismos.

4.5.1. Promedio de las familias más abundantes

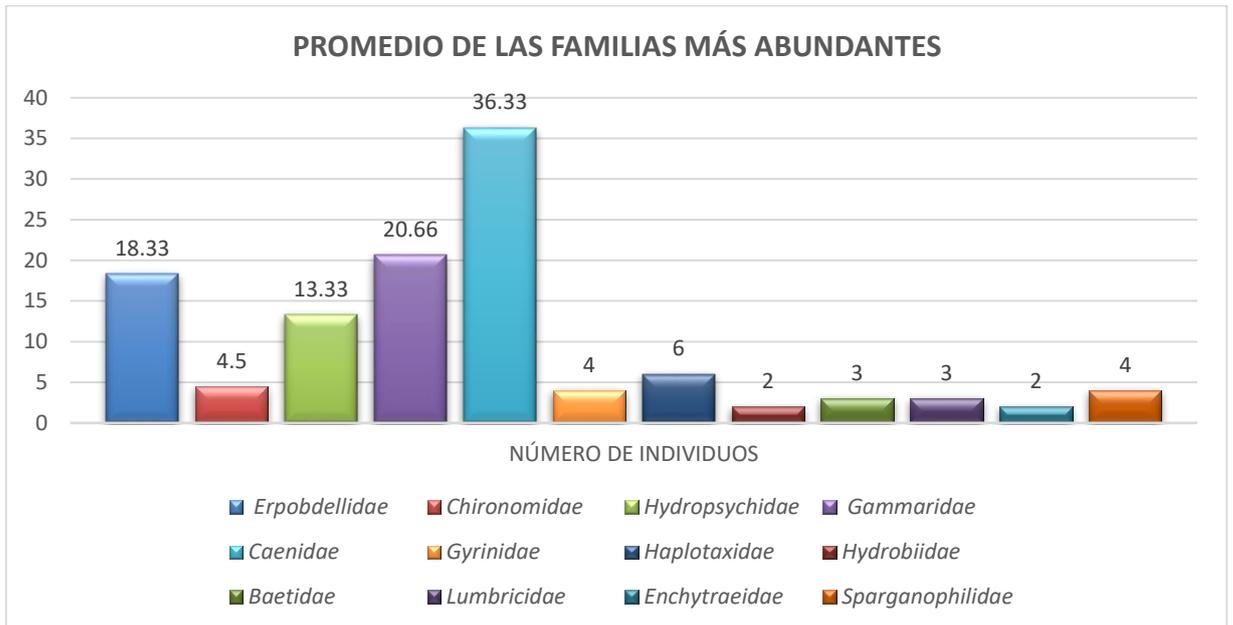


Ilustración 10-4: Familias más abundantes en las estaciones PQ-1, PQ-2 Y PQ-3

Realizado por: Herrera, Karen, 2022.

En la ilustración (10-4), se indica los promedios de las familias de macroinvertebrados de las tres estaciones monitoreadas, obteniendo en mayor cantidad presente a la familia *Caenidae* del orden *Ephemeroptera* con un total de 36,333 macroinvertebrados. La presencia de esta familia se encuentran tolerancias amplias a la temperatura y, hasta cierto punto, a la contaminación (Vásquez 2015, p. 64). Sin embargo, su dieta en su mayoría es la materia orgánica fina (Padrón 2019, p. 43), seguido de la familia *Gammaridae* del orden *Amphipoda* con un total de 20,66 individuos que poseen ciclos de vida cortos, gran tolerancia a los cambios ambientales (Alonso y Chiesa 2016, p.272) y son pocos tolerables a la contaminación (Fernández 2020, p. 67) y la familia *Erpobdellidae* del orden *Arhynchobdellida* con un total de 18,33 individuos, en la cual su dieta es de la materia orgánica gruesa, presente en el río Quimi debido a las actividades antropogénicas realizada por los moradores cercanos a este río.

4.5.2. Comparación entre índices

Tabla 7-4: Comparación del índice ICA-NSF y el índice BMWP/COL

	Índices aplicados para el río Quimi			
	ICA- NSF	CALIDAD	BMWP/COL	CALIDAD
Estación PQ-1	61,816	REGULAR	22	CRÍTICA
Estación PQ-2	56,713		15	
Estación PQ-3	58,586		18	
TOTAL	59,038		18,33	

Realizado por: Herrera, Karen, 2022.

Como resumen en la tabla 7-4, podemos observar que con respecto al índice BMWP/COL las estaciones PQ-1 y PQ-3, se encuentran dentro del rango de 16-35, categorizando a la calidad del agua como **CRÍTICA**, mientras que el promedio para la estación PQ-2 en los tres meses de monitoreo es de 15, siendo este un valor de estado **MUY CRÍTICO** según la clasificación del índice BMWP/COL, esto se da por la presencia de macroinvertebrados que son tolerantes a la contaminación, ya que a simple vista existe desechos sólidos y derrame de aceites que cubren una parte de las aguas del río Quimi.

En lo que refiere al índice ICA-NSF no existe una gran variación con respecto a las tres estaciones de monitoreo puesto que se encuentran dentro del rango establecido de 51-70 categorizando a la calidad del agua como **REGULAR**.

La variación en la calidad del agua con respecto al índice BMWP/COL y el índice ICA-NSF se diferencia en que el método para el índice BMWP/COL se utilizan a los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua, es decir, está basado en la cantidad de familias y valor de tolerancia que presentan los organismos que podemos encontrar en las estaciones de monitoreo, mientras que, el índice ICA-NSF, nos ayuda a saber la calidad del agua mediante los nueve parámetros físico químicos y microbiológicos que mediante el estudio de laboratorio se pueden determinar las características que presenta el agua para su posterior clasificación ,dichos resultados reflejan únicamente las condiciones de la muestra analizada que han sido afectadas con condiciones externas al momento del muestreo.

CAPÍTULO V

5. MARCO PROPOSITIVO

5.1. Propuesta

En la siguiente propuesta de actividades para la mitigación de impactos ambientales se quiere incitar a medidas de acción para el correcto uso del cuerpo hídrico, mejora en la calidad del agua, conservación de ecosistemas, flora y fauna cercana del río Quimi, buscando el apoyo y compromiso de la población en conjunto con las autoridades respectivas del cantón Sucúa, de manera que se generen convenios en los cuales beneficien a la población y no deterioren el estado del río. Para la elaboración de la propuesta de actividades para la mitigación de impactos siguiente, nos basamos en el programa de prevención y mitigación de impactos presente en el plan de manejo ambiental (MAE, 2015).

Plan de prevención y mitigación de impactos: está diseñado sobre la base del cumplimiento de objetivos articulados en torno a los impactos directos identificados y evaluados, previamente, en los diferentes componentes ambientales. De modo general, este Plan implica parámetros de interrelación debido a la dimensión ecológica de los procesos entre componentes ambientales (Cardno, 2016).

Tabla 8-4: Propuesta de actividades para la mitigación de impactos ambientales

Plan de prevención y mitigación de impactos						
Propuesta de actividades para la mitigación de impactos						
Objetivo: Proponer actividades que ayuden a la mitigación de los impactos ambientales existente en el río Quimi tramo Sucúa.						
Lugar de aplicación: Río Quimi, tramo Norte-Sur del cantón Sucúa.						
Responsables: Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Sucúa.						
Aspecto ambiental	Impacto identificado	Actividades	Indicadores	Medios de verificación	de	Plazo
Descargas residuales	Contaminación del agua	*Mejoramiento del sistema de tuberías hacia el alcantarillado en las viviendas aledañas al río Quimi.	$\frac{\# \text{ de viviendas con buen sistema de alcantarillado}}{\# \text{ total de viviendas aledañas al río Quimi}} * 100$	*Fotografías *Plano de construcción de viviendas		Permanente
Generación de desechos sólidos y orgánicos	Contaminación del agua	*Realizar una limpieza general de toda la basura existente en el río. *Capacitar a la población del correcto manejo, almacenamiento y disposición final de	$\frac{m \text{ de área limpia}}{m \text{ de área total}} * 100$ $\frac{\# \text{ de población capacitada}}{\# \text{ total de la población}} * 100$	*Registro de inspecciones realizadas en el tramo del río Quimi. *Registro de las personas capacitadas más los temas compartidos.		Semestral

		los residuos sólidos y orgánicos.		* Evidencia fotográfica
Generación de material fecal de animales.	Contaminación del agua	*Implementar una adecuada estructura para el paso del río por la ciudad, impidiendo la facilidad del paso de animales hacia el río.	$\frac{\text{estructuras adecuadas construidas}}{\text{conexiones totales del río con las calles}} * 100$	*Registro de obras publicas *Fotografías
Calidad del agua	Contaminación del agua	*Realizar análisis fisicoquímicos y microbiológicos con el fin de evaluar la calidad del agua	$\frac{\# \text{ de parámetros fisico quimicos y microbiologicos realizados}}{\# \text{ de total de parámetros}} * 100$	*Resultados de laboratorio * Fotografías
Generación de partículas sólidas	Contaminación del agua	*Construcción de asfalto para las calles que conectan con el río	$\frac{\# \text{ de calles asfaltadas}}{\# \text{total de calles con conexion al río}} * 100$	*Registro de obras públicas *fotografías

Realizado por: Herrera, Karen, 2022.

CONCLUSIONES

* Se identificó diferentes especies de macroinvertebrados recolectados en las tres estaciones de monitoreo ubicados a lo largo del tramo Norte-Sur del cantón Sucúa del río Quimi, logrando identificar un total de 320 individuos, los cuales están repartidos en 12 familias recolectadas en las estaciones de monitoreo, por lo cual el resultado obtenido categoriza a la calidad del agua como **CRÍTICA** para las estaciones PQ-1= 22, PQ-2= 15 y PQ-3= 18, siendo la estación PQ-2 la más baja; presentando aguas fuertemente contaminadas por la presencia de residuos orgánicos. La familia con gran cantidad de macroinvertebrados es la *Caenidae* del orden *Ephemeroptera* con un total de 109 individuos, seguida de la familia *Gammaridae* del orden *Amphipoda* con un total de 62 individuos y la familia *Erpobdellidae* del orden *Arhynchobdellida* con un total de 55 individuos.

*Se evaluó mediante nueve parámetros físico químicos y microbiológicos que corresponden al ICA-NSF, por lo cual se demostró que la calidad del agua del río Quimi durante el periodo de estudio correspondiente a Mayo, Junio y Julio en las estaciones de monitoreo son: PQ-1= 61,816; PQ-2=56,713 y para PQ-3= 58,586; observando que la variación en las concentraciones para las tres estaciones, se debe a la temporada lluviosa presente en el mes de Julio en donde la calidad del agua disminuye en comparación al primer monitoreo realizado en el mes de Mayo considerando la temporada seca, presentando una mejor calidad del agua del río Quimi, no obstante la calificación promedio es de 56,409 que corresponde al criterio de calidad del agua como **REGULAR**, mediante la utilización del software IQADData; los parámetros de mayor incidencia para el deterioro del cuerpo hídrico fueron los coliformes fecales, turbidez y sólidos totales.

*Se comparó el análisis de los macroinvertebrados recolectados en las estaciones de monitoreo que se encuentran afectados por las concentraciones obtenidas de los parámetros fisicoquímicas y microbiológicas de la calidad del agua que presentó el río Quimi, como es el caso de la familia *Caenidae*, la cual puede vivir en aguas contaminadas y eutrofizadas ha altas temperaturas y bajos niveles de oxígeno, mientras que la familia *Gammaridae* tiene una gran tolerancia a los cambios ambientales y poca tolerancia a la contaminación, además habitan en aguas ricas en materia orgánica, por lo cual dichos individuos se presentan con mayor abundancia en el tiempo de estudio, al soportar cambios climáticos y tolerar cierto grado de contaminación existen dentro del río Quimi.

RECOMENDACIONES

-Debido a la contaminación antropogénica provocada por los pobladores aledaños al río Quimi, se recomienda que para futuras investigaciones se realice el monitoreo de tramos adversos a los ya investigados con la finalidad de adquirir mayor cantidad de resultados en las variaciones que puede presentar la calidad del agua del río Quimi.

-Con el propósito de comparar las alteraciones presentes en los resultados parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, se recomienda ampliar el periodo de monitoreo para determinar el comportamiento del río Quimi en temporadas de lluvia comparándolas con temporada seca.

- Debido a que la abundancia de los macroinvertebrados acuáticos depende de las condiciones climáticas, se recomienda recolectar en temporada seca con el fin de obtener mayor cantidad de organismos acuáticos, proporcionando más información a las futuras investigaciones.

BIBLIOGRAFÍA

ALONSO, María; & CHIESA, Ignacio Luis. “Los Invertebrados Marinos”. *Fundación de Historia Natural Félix de Azara* [en línea], 2014, (Argentina), pp. 265-27. [Consulta: 6 junio 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/271841052_Amphipoda

ÁLVAREZ ARANGO, L. *Metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuático como indicadores de la calidad del agua* [En línea]. N° 5. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, 2005. p.263. [Consulta:10 julio 2022]. Disponible en: <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/31357>

AMBROSIO, Eugenia Soledad. Hábitats y grupos funcionales alimentarios de los macroinvertebrados bentónicos en la costa bonaerense del río de la plata: relación con la contaminación [En línea] (Trabajo de titulación). (Doctorado) Universidad Nacional de la plata, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Doctorado en Ciencias Naturales. Argentina. 2014. pp. 164. [consulta: 2022-06-12]. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/33628>

MORA BARRANTES, José Carlos: et al. “Fuentes antropogénicas y naturales de contaminación atmosférica: estado del arte de su impacto en la calidad fisicoquímica del agua de lluvia y de niebla”. *Tecnología en marcha* [En línea], 2021, (Costa Rica) 34(1), pp. 92-103. [Consulta: 14 junio 2022]. ISSN 0379-3982. Disponible en: <https://doi.org/10.18845/tm.v34i1.4806>

ARIZA, Carla Patricia; et al. "Determinación de la calidad del agua a través de la identificación de macroinvertebrados acuáticos en la microcuenca arroyo la quebrada, departamento de la Guajira, Colombia". *Scientific International Journal* [En línea], 2016, (Colombia) 13(2), pp. 5-16. [Consulta: 15 junio 2022]. Disponible en: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwibltC6pov9AhXTTDABHSXbAEwQFnoECAsQAQ&url=http%3A%2F%2Fwww.nperci.org%2FC.%2520Ariza-Calidad%2520del%2520agua-V13N2.pdf&usg=AOvVaw359Ww0Afz7104n5IRsnnCt>

ARMIJOS MACAS, Lucio. Contaminación del agua de consumo humano en la ciudad de Machala y sus implicaciones jurídico-ambientales [En línea] (Tesis de posgrado). (Maestría) Universidad Técnica Particular de Loja, Escuela de Ciencias Jurídicas, Postgrado Especialidad en

Derecho Ambiental. Machala, Ecuador. 2010. p. 111. [Consulta: 2022-06-22]. Disponible en: <https://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/10200>

ASAMBLEA NACIONAL DEL ECUADOR. *Código Orgánico del Ambiente* [En línea]. Quito, Ecuador: Registro Oficial Suplemento 983, 2017. pp. 1-92. [Consulta: 29 junio 2022]. Disponible en: http://gobiernoabierto.quito.gob.ec/Archivos/Transparencia/2017/07julio/A2/ANEXOS/PROCU_CODIGO_ORGANICO_ADMINISTRATIVO.pdf

ATILIO DE LA ORDEN, Eduardo. *Serie didáctica realizada para alumnos de las carreras de Ingeniería Agronómica Ingeniería de Paisaje* [En línea]. Catamarca: UNCa, 2010. [Consulta: 5 julio 2022]. Disponible en: http://www.editorial.unca.edu.ar/Publicacione_on_line/Ecologia/imagenes/pdf/007-contaminacion.pdf

BARRETO SÁENZ, Patricia; et al. "Protocolo de monitoreo de agua". *Revista Mexicana De Ingenieros Químicos* [Informe de investigación en línea], 2010. (México) 22 (5), p. 40. [Consulta: 23 julio 2022]. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi158eFrYv9AhWqTTABHXZGBVAQFnoECA4QAQ&url=https%3A%2F%2Fbiorem.univie.ac.at%2Ffileadmin%2Fuser_upload%2Fp_biorem%2Feducation%2Fresearch%2Fprotocols%2FProtocolo_Agua.pdf&usq=AOvVaw2m6dx7PzDk5NtEhxseQ02u

BEZAURY CREEL, Juan; et al. "Agua dulce, conservación de la biodiversidad, protección de los servicios ambientales y restauración ecológica en México". *Walton Family Foundation* [En línea], 2017, p. 72. [Consulta: 28 julio 2022]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.10282.31685>

PACHECO CHAVEZ, Bernald; et al. Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de el salvador, utilizando insectos acuáticos [En línea]. El Salvador: Editorial Universitaria UES, 2010. [Consulta: 20 julio 2022]. ISBN: 9789992327593. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/261877415_FORMULACION_DE_UNA_GUIA_METODOLOGICA_ESTANDARIZADA_PARA_DETERMINAR_LA_CALIDAD_AMBIENTAL_DE_LAS_AGUAS_DE_LOS_RIOS_DE_EL_SALVADOR_UTILIZANDO_INSECTOS_ACUATICOS Elaboracion de mapas

BRANDAU, L. *Agentes contaminantes físicos, químicos y biológicos* [En línea]. 3° ed. Operaciones Portuarias, 2020. [Consulta: 2 julio 2022]. Disponible en: http://liceomatildebrandau.cl/wp-content/uploads/2020/05/MATERIALNatalyaDomian_09DEJULIO.pdf

BUEÑAÑO, Marcia; et al. "Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua en la cuenca del Pachanlica, provincia de Tungurahua, Ecuador". *Intropica* [En línea], 2018, (Colombia), 13(1), pp. 41-49. [Consulta: 3 agosto 2022]. ISSN 1794-161X. Disponible en: <https://doi.org/10.21676/23897864.2405>

CAMAS GÓMEZ, Robertony; et al. "Erosión del suelo, escurrimiento y pérdida de nitrógeno y fósforo en laderas bajo diferentes sistemas de manejo en Chiapas, México". *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* [En línea], 2012, 3 (2), pp. 231-243. [Consulta: 3 agosto 2022]. ISSN 2007-0934. Disponible en: <https://doi.org/10.29312/remexca.v3i2.1459>

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL. [En línea], 2016. [Consulta: 3 agosto 2022]. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjMirtYv9AhUaRTABHWMiDVcQFnoECAoQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.arcacontal.com%2Fmedia%2F197120%2Fcapitulo_6-_plan_de_manejo_ambiental.pdf&usq=AOvVaw1EZqLdtKk7sWGVeifpTQlt

CARRERA REYES, Carlos; & FIERRO PERALBO, Karol. *Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*. Quito: EcoCiencia, 2001.

CARRILLO ALVARADO, María Soledad; & URGILÉS CALLE, Paola Dennisse. Determinación del índice de calidad de agua ICA-NSF de los ríos Mazar y Pindilig [En línea] (Tesis de pregrado). (Ingeniería). Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Aquómicas, Escuela de Ingeniería Ambiental. Cuenca, Ecuador. 2016. 1-142. [Consulta: 2022-08-22]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/23518>

CASILLA QUISPE, Sergio. Evaluación de la calidad de agua en los diferentes puntos de descarga de la cuenca del río Suchez [En línea] (Tesis de pregrado). (Ingeniería) Universidad Nacional del Altiplano. Perú, 2014. pp. 1-129. [Consulta: 2022-05-08]. Disponible en: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3275564?show=full>

CAYAX MORALES, Miguel Ángel; et al. "Uso de la tierra y calidad del agua superficial en la cuenca periurbana río Platanitos, Guatemala". *Revista Ingeniería Agrícola* [En línea], 2014, (Cuba) 4(4), pp. 19-23. [Consulta: 5 agosto 2022]. ISSN 2306-1545. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=586262042004>

CHACÓN VÉLEZ, Katherine Elizabeth. Evaluación de la calidad del agua del Río Copueno, tramo Paccha- Jardín del Upano, mediante macroinvertebrados bentónicos [En línea] (Tesis de grado). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. Macas-Ecuador. 2017. p. 115. [Consulta: 2022-08-24]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/8538>

CLAROS BEDOYA, Javier Alfonso. Estudio del proceso de nitrificación y desnitrificación vía nitrito para el tratamiento biológico de corrientes de agua residual con alta carga de nitrógeno amoniacal [En línea] (Tesis Doctoral). (Ingeniería) Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medioambiente. Valencia, España. 2012. p. 230. [Consulta: 2022-08-06]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/17653>

TURBIDIMETRO PORTATIL. Modelo 2100P ISO Manual del Instrumento [En línea]. 3º ed. [Consulta: 5 agosto 2022]. Disponible en: <https://es.hach.com/2100p-iso-turbidimetro-portatil-iso-eu/product-downloads?id=25144130066>

HINOJOSA CORDERO, Nathaly Belen. Evaluación de la calidad del agua del río San Pedro, sector Valle de los Chillos, mediante el índice de calidad de agua [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental. Quito, Ecuador. 2018. pp. 1-90. [Consulta: 2022-07-07]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/16821>

CRIOLLO PANZA, Mercy Tatiana. Evaluación de la calidad del agua, en un tramo de la microcuenca del Río Quebrada, cantón Morona utilizando macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. Riobamba, Ecuador. 2018. pp. 1-108. [Consulta: 2022-07-13]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/10560>

CUINTACO SARMIENTO, Damaris Andrea; & ROBAYO REYES, Julieth Tatiana. Evaluación de la calidad del agua mediante el uso del índice de contaminación (ICOMO) y su relación con el índice biológico (BMWP/Col) en el caño seco, Restrepo Meta [En línea] (Trabajo

de titulación). (Ingeniería). Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Ambiental. Pasto, Colombia. 2019. 1-86. [Consulta: 2022-08-25]. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/18495?show=full>

DARRIGRAN, G; et al. “Guía para el estudio de macroinvertebrados. I.- Métodos de colecta y técnicas de fijación”. *Serie Técnica Didáctica N° 10* [En línea], 2007. (Argentina), pp. 1-86. ISBN 1515-932. [Consulta: 24 junio 2022]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/277100637_Guia_para_el_estudio_de_macroinvertebrados I- Metodos de colecta y tecnicas de fijacion](https://www.researchgate.net/publication/277100637_Guia_para_el_estudio_de_macroinvertebrados_I- Metodos_de_colecta_y_tecnicas_de_fijacion)

ESPINOSA GARCÍA, Ana Cecilia. “Calidad del Agua”. *Impluvium* [En línea], (3), pp. 1-39. [Consulta: 23 junio 2022]. Disponible en: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwik3u-wx4v9AhVLSjABHR5uD-4QFnoECA0QAQ&url=http%3A%2F%2Fwww.agua.unam.mx%2Fassets%2Fpdfs%2Fimpluvium%2Fnumero03.pdf&usg=AOvVaw0fz6hLJ0PpIqTN0jWCDpCn>

ESTRADA LARA, Astrid Yamileth. Diagnóstico de la biodiversidad de los macroinvertebrados en cuatro sistemas lénticos de Zamorano [En línea] (Tesis de grado). (Ingeniería). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras, Carrera de Ingeniería en Ambiente y Desarrollo. Zamorano, Honduras. 2013. [Consulta: 2022-06-24]. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/items/24785104-c4dd-467d-bf69-04948008b148>

FERNÁNDEZ GUTIÉRREZ, Jessica Nataly. Análisis de calidad de agua a través de macroinvertebrados en el balneario “La Playita del Guasmo”, del golfo de Guayaquil [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Agraria del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera de Ingeniería Ambiental. Guayaquil, Ecuador. 2020. 1-89. [Consulta: 2022-06-24]. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjUgN-1yov9AhV7QTABHabtD6AQFnoECA4QAQ&url=https%3A%2F%2Fcia.uagraria.edu.ec%2FArchivos%2FFERNANDEZ%2520GUTIERREZ%2520JESSICA%2520NATALY_compressed.pdf&usg=AOvVaw1ZFaAVPS6g9U3wjLYvZyGe

FIGUEROA, R; et al. “Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile”. *Revista Chilena de Historia Natural* [En línea], 2003, (Chile) 76(2), pp.275-

278. [Consulta: 23 junio 2022]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2003000200012>

GAMBOA, Maribet; et al. Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, [En línea]. 2008, 48(2), pp. 109-120. [Consulta: 14 julio 2022]. ISSN 1690-4648. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482008000200001

GARCÍA RODRÍGUEZ, Manuel. La hidrosfera. El ciclo del agua en el planeta. La calidad del agua. Contaminación acuática. Eutrofización. Sistemas de tratamiento y depuración. El agua como recurso natural. Gestión del agua. Criterios para un uso sostenible. *Biología y Geología*, [En línea], 2012, pp.1-18. [Consulta: 24 agosto 2022]. ISBN: 978-84-92767-65-6. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/263925592_La_hidrosfera_El_ciclo_del_agua_en_el_planeta_La_calidad_del_agua_Contaminacion_acuatica_Eutrofizacion_Sistemas_de_tratamiento_y_depuracion_El_agua_como_recurso_natural_Gestion_del_agua_Criterios_para

GARRIDO, J; et al. *Id-Tax. Catálogo y claves de identificación de peces utilizados como elementos de calidad en las redes de control del estado ecológico* [En línea]. España: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2012. [Consulta: 3 julio 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/303924655_Id-Tax_Catalogo_y_claves_de_identificacion_de_peces_utilizados_como_elementos_de_calidad_en_las_redes_de_control_del_estado_ecologico

GÓMEZ, Nora; et al. La bioindicación en el monitoreo y evaluación de los sistemas fluviales de la Argentina: bases para el análisis de la integridad ecológica de E. Domínguez, A. Giorgi, N. Gómez (Compiladores), *Biología Acuática* [En línea], 2020, (Argentina) (36), pp. 1-3. [Consulta: 4 agosto 2022]. ISSN 1668-4869. Disponible en: <https://revistas.unlp.edu.ar/bacuatica/article/view/12100>

GONZÁLEZ ZUARTH, César Alberto; et al. Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental [En línea]. N° 1°. México: 2014. [Consulta: 4 julio 2022]. Disponible en: https://www.academia.edu/15806347/Bioindicadores_guardianes_de_nuestro_futuro_ambiental

GRIMALDO VANEGAS, Wilson Yesid. “Aspectos tróficos y ecológicos de los macroinvertebrados acuáticos”. *Ecological Explorers* [En línea], 2004, 1(1), pp. 1-7. [Consulta: 7 julio 2022]. Disponible en: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ve>

INSUA, Daniel Alfonso; et al. Evaluación ecotoxicológica de detergentes comerciales y naturales, como criterio de contaminación ambiental. *Revista electrónica de Veterinaria* [En línea], 2010 vol. 11 (03), pp. 1-9. [Consulta: 4 agosto 2022]. ISSN 1695-7504. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63613140045>

JAPA CANDO, Johanna Valeria. Evaluación de la calidad del agua del río Yuquipa, tramo - comunidad Sagrado Corazón, mediante la identificación de macroinvertebrados bentónicos [En línea] (Trabajo de titulación). [Ingeniería] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Carrera de Ingeniería Ambiental. Riobamba, Ecuador. 2021. pp. 1-100. [Consulta: 2022-08-04]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/15442>

MORA ANTO, Florencia; & AGUDERO GRAJALES, Diego. Aguateros: Proceso de investigación creación en torno a un acueducto veredal del Valle del Cauca [En línea]. *Sello Editorial Javeriano*, 2022, pp. 9-14. [Consulta: 7 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/j.ctv2kjcwk8>

LARREA MURRELL, Jeny Andina; et al. Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura [En línea]. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 2013, 44 (3), pp. 24-34 2013. [Consulta: 10 julio 2022]. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181229302004>

CONTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008. *Reforma de 2018 aprobada por La Asamblea Nacional del Ecuador*.

LONDOÑO LONDOÑO, Yasmin Bibiana. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y su relación con la calidad del agua en tres quebradas de alta montaña de Antioquia, Colombia [En línea] (Trabajo de titulación). [Maestría] Universidad Pontificia Bolivariana, Escuelas de Ingenierías, de Educación y Pedagogía, y Ciencias de la Salud, Centro de Ciencias Básicas, Maestría en Ciencias Naturales y Matemáticas. Medellín, Colombia. 2017. pp. 1-109. [Consulta: 2022-08-04]. Disponible en: <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/3346>

LÓPEZ, A. *Servicio Nacional de Estudios Territoriales* [Blog]. 2007. [Consulta: 25 julio 2022]. Disponible en: http://www.iespana.es/natureduca/cienc_ciclo_hidro.htm

LÓPEZ SILVA, Janina Valeria. Las aguas residuales domésticas del barrio El Recreo y su incidencia en la calidad del agua del Río Pindo Grande de la ciudad de Puyo, provincia de Pastaza [En línea] (Trabajo de titulación). [Ingeniería] Universidad Técnica de Ambato, Facultad de

Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil. 2015. pp. 1-128. [Consulta: 2022-08-23]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/10030>

LÓPEZ MENDOZA, Santiago. “Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua del río Teusacá (Cundinamarca, Colombia)”. *Ingeniería y Desarrollo* [En línea] Ciencias, 2019, 37 (2), pp. 269-288. [Consulta: 14 julio 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.14482/inde.37.2.6281>

LOZANO DUCHITANGA, Mónica Jasmina. 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 [En línea] (Trabajo de titulación). [Ingeniería] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. Riobamba, Ecuador. 2017. pp. 1-141. [Consulta: 2022-08-04]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/10594>

MAAE-ACUERDO MINISTERIAL 097-A. Libro VI, Anexo 5, Registro Oficial Suplemento 387 de 4 de noviembre, 2015. [Consulta: 14 agosto 2022]. Disponible en: http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112183.pdf%0Ahttp://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/norma_ecuato_calidad.pdf

DECRETO 2015. MAE Secundaria, Medio Ambienthe, Libro VI. [Consulta: 25 junio 2022]. Disponible en: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiL-sLj6Yv9AhU0QjABHZ6CDB8QFnoECAkQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.ambiente.gob.ec%2Fwp-content%2Fuploads%2Fdownloads%2F2018%2F05%2FAcuerdo-61.pdf&usq=AOvVaw2YpJ2zqDHVDpkaN2dRVesE>

MARTÍNEZ, Gregorio; et al. Estudio fisicoquímico de las aguas superficiales de la cuenca baja y pluma del río manzanares. *Interciencia* [En línea], 2013, (Venezuela) 26 (08), pp. 342-351. [Consulta: 24 julio 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33905905>

MATIVI, Cleiva Schaurich: et al. SOFTWARES DE ANÁLISIS DE DATOS CUALITATIVOS (QDA): Un análisis de artículos publicados em las bases de datos SPELL y SCIELO. *Revista Estudos e Pesquisas em Administração* [En línea], 2020, 04 (02), pp. 156-173. [Consulta: 04 agosto 2022]. Disponible en: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/repad/article/view/10318>

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, 06 (02), pp. 734-746. [Consulta: 17 agosto 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.23857/dc.v6i3.1245>

MENESES CAMPO, Yaneth; et al. Comparación de la calidad del agua en dos ríos altoandinos mediante el uso de los índices BMWP/COL. y ABI. *Acta Biologica Colombiana* [En línea], 2019, 24 (06), pp. 299-310. [Consulta: 15 agosto 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.15446/abc.v24n2.70716>

METRÓLOGOS METAS & ASOCIADOS. *Medición de Turbidez en la Calidad del Agua.* 2010 pp. 1-6. [Consulta: 14 junio 2022]. Disponible en: <http://www.metas.com.mx/guiametas/la-guia-metas-10-01-turbidez.pdf>

MILÁN, W; et al. *Gestión y Ambiente. Quebrada La Popala: un análisis de calidad del agua.* 2011. N° 1. pp. 85-94. [Consulta: 15 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi51Jmo74v9AhXFRDABHcpJCXoQFnoECAsQAQ&url=https%3A%2F%2Frevistas.unal.edu.co%2Findex.php%2Fgestion%2Farticle%2Fview%2F25447&usg=AOvVaw0hAiX-gb4JbtKPjUbNRT0N>

MIRANDA GUEVARA, Carla Jasmin. Evaluación de la calidad del agua mediante macroinvertebrados en el tramo Padre Carollo-Paus de la microcuenca hidrográfica del Río Blanco, Morona Santiago [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal. 2018. pp. 1-78. [Consulta: 2022-06-15]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/8765>

MOLINA, C; et al. *Ecología Aplicada. Estructura De Macroinvertebrados Acuáticos En Un Río Altoandino De La Cordillera Real, Bolivia: Variación Anual Y Longitudinal En relación con Factores Ambientales.* 2008. 7, (1-2), pp. 105.

MORELL BAYARD, A; et al. *Ciencia en su PC. Valoración De Los Parámetros Físicoquímicos De Las Aguas Del Río San Juan En Los Períodos Húmedo Y Seco De 2014.* pp. 1-12. [Consulta: 24 junio 2022]. Disponible en: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjzs6DI8Yv9AhXitTEKHTFbBbIQFnoECAwQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.>

redalyc.org/2Farticulo.oa%3Fid%3D181338814001&usg=AOvVaw3dl0nxPgSi_D_FeaOvkjZ

4

NTE INEN 2176. *Norma técnica ecuatoriana. Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo.*

NUÑEZ, Julio; & FRAGOSO CASTILLA, Pedro. Uso de Macroinvertebrados Acuáticos como Bioindicadores de Contaminación del Agua de la Ciénaga Mata de Palma (Colombia). *Información tecnológica* [En línea], 2021, (Colombia) 31(6). [Consulta: 4 junio 2022]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642020000600207>

OÑATE, H; & CORTEZ, G. Estado del agua del río Cesar por vertimientos residuales de la ciudad de Valledupar. *Bioindicación por índice BMWP/COL* [En línea]. 2020, 24 (65), pp. 39-48. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiGv_f484v9AhWJSzABHU4sBUQQFnoECBUQAQ&url=http%3A%2F%2Fwww.scielo.org.co%2Fscielo.php%3Fscript%3Dsci_arttext%26pid%3DS0123-921X2020000300039&usg=AOvVaw0Q1e7Jt2ErK7xgCOghYqQo

ORTEGA, F. Evaluación de la calidad del agua a través de macroinvertebrados acuáticos en la parte alta, media y baja de la quebrada la “TORURA”. *Revista Brasileira de Ergonomia*. 2016, 3 (2), pp. 80-91. Disponible en: <https://www.infodesign.org.br/infodesign/article/view/355%0Ahttp://www.abergo.org.br/revista/index.php/ae/article/view/731%0Ahttp://www.abergo.org.br/revista/index.php/ae/article/view/269%0Ahttp://www.abergo.org.br/revista/index.php/ae/article/view/106>

VALENCIA, R; et al. La contaminación de los ríos, otro punto de vista. *Revista de ciencia y tecnología de la UACJ* [en línea], 2014, 1, pp. 1-14. [Consulta: 23 julio 2022].

VÁSQUEZ, G; et al. *Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua. Contacto* [en línea], 2006, 60, pp. 41-48. Disponible en: <http://www.izt.uam.mx/contactos/n60ne/Bio-agua.pdf>

VICTOR, H; et al. "Simplificación en el uso de macroinvertebrados en la evaluación de la calidad de las aguas en sistemas fluviales". *Interciencia* [En línea], 2005, (Venezuela), pp. 770-774. [Consulta: 24 agosto 2022]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33911109>

VILLALBA, A; et al. "Contaminación Del Agua Y Suelo En El Ecosistema Río Agua Prieta, Sonora, México". *BIOTecnia* [en línea], 2013, 15(1), pp. 3. [Consulta: 29 agosto 2022]. ISSN 1665-1456. Disponible en: 0.18633/bt.v15i1.129



ANEXOS

ANEXO A: CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMESTICO.

TABLA 1: CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Arsénico	As	mg/l	0,1
Coliformes Fecales	NMP	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	1,0
Mercurio	Hg	mg/l	0,006
Nitratos	NO ₃	mg/l	50,0
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	100,0

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 B: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINA Y DE ESTUARIOS.

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

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

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

ANEXO C: TOMA DE MUESTRA DE MACROINVERTEBRADOS



ANEXO D: IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS



ANEXO E: ANÁLISIS DEL PARÁMETRO: COLIFORMES FECALES



ANEXO F: ANÁLISIS DEL PARÁMETRO: DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO





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: 10 / 02 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Karen Mishell Herrera Guachichulca
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Ambiental
Título a optar: Ingeniera Ambiental
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

0257-DBRA-UPT-2023

