



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA, EN UN TRAMO DE
LA MICROCUENCA DEL RÍO QUEBRADA, CANTÓN MORONA
UTILIZANDO MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS COMO
BIOINDICADORES**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORA: MERCY TATIANA CRIOLLO PANZA

TUTORA: ING. TERESITA MEJÍA REINOSO., M. SC.

MACAS – ECUADOR

2018

©2018, Mercy Tatiana Criollo Panza

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

Yo, Mercy Tatiana Criollo Panza soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del proyecto de titulación, pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Mercy Tatiana Criollo Panza

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Mercy Tatiana Criollo Panza declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autora, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación

2018-12-17

Mercy Tatiana Criollo Panza

140059284-4

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada primeramente a Dios, por ser la luz en mi camino para alcanzar este gran sueño, a mis padres que me forjaron desde muy pequeña y siempre me brindaron su apoyo, a mi esposo Fabricio Robles por su comprensión y apoyo incondicional brindado en todo este proceso académico; A mi hijo Jhostin Robles que es mi fuente de motivación e inspiración para cumplir cada uno de los objetivos propuestos en mi vida.

Tatiana Criollo

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios, por permitirme nacer en un hogar de mucho amor y cariño, a mis amados padres por ser los promotores de mis sueños y creer que a pesar de las adversidades si se podía alcanzar la meta, a mi esposo Fabricio Robles por toda la comprensión brindada y sobre todo a mi pequeño Jhostin que con su sonrisa me daba fuerzas en los momentos difíciles, gracias a mi hermana Mishell por contribuir en la consolidación de este sueño brindándome apoyo en cada uno de los monitoreos realizados.

Expreso mis más sinceros agradecimientos al Dr. Cid Calle del Departamento de Productividad del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Morona Santiago, por permitirme hacer uso de las instalaciones y así lograr los objetivos trazados.

De la misma manera a la Ing. Carla Rodríguez del Departamento de Protección Ambiental del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Morona Santiago, por permitirme hacer uso de los materiales indispensables de este trabajo de titulación.

Al Ing. Javier Cortés del Departamento de Agua Potable del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Morona, por la colaboración prestada en el uso de los equipos de laboratorio.

Finalmente agradezco de una forma especial a la Ing. Teresita Mejía y la Ing. Rafaela Pacurucu por brindarme todo su apoyo, paciencia y su conocimiento para que se desarrolle este trabajo de titulación.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	xvi
SUMMARY	xvii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	5
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	5
1.1. Descripción general de la cuenca hidrográfica	5
<i>1.1.1. Definición de cuenca hidrográfica.....</i>	<i>5</i>
<i>1.1.2. Características de una cuenca hidrográfica</i>	<i>6</i>
<i>1.1.3. Componentes que forman una cuenca hidrográfica.....</i>	<i>6</i>
<i>1.1.4. Elementos de una cuenca hidrográfica</i>	<i>7</i>
<i>1.1.5. Geomorfología de las cuencas hidrográficas.....</i>	<i>8</i>
<i>1.1.5.1. Generalidades.....</i>	<i>8</i>
<i>1.1.5.2. Caracterización Geomorfológica de una Cuenca</i>	<i>8</i>
<i>1.1.6. Hidrografía de Morona Santiago.....</i>	<i>10</i>
1.2. Criterios de Calidad del Agua	12
<i>1.2.1. Calidad fisicoquímica del agua.....</i>	<i>12</i>
<i>1.2.2. Parámetros fisicoquímicos</i>	<i>13</i>
<i>1.2.3. Parámetros Microbiológicos</i>	<i>15</i>
<i>1.2.4. Calidad biológica del agua</i>	<i>16</i>
<i>1.2.5. Macroinvertebrados acuáticos</i>	<i>16</i>
<i>1.2.6. Macroinvertebrados acuáticos</i>	<i>17</i>
<i>1.2.7. Clasificación de los macroinvertebrados bentónicos.....</i>	<i>18</i>
1.3. Índices de calidad del agua	22
<i>1.3.1. Índice de calidad de agua de la Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos (ICA – NSF).....</i>	<i>23</i>
<i>1.3.1.1. Parámetros de la calidad del agua del modelo “ICA- NSF”</i>	<i>24</i>
<i>1.3.2. Índice Biológico de calidad de agua Biological Monitoring Working Party para Colombia (BMWP/COL)</i>	<i>25</i>

1.3.3.	<i>Índice Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera (ETP)</i>	26
1.3.4.	<i>Índice de diversidad de Shannon- Wiener</i>	26
1.3.5.	<i>Método del Déficit de especies de Kothé</i>	26
1.4.	Marco Legal relacionado con el factor agua	27
1.4.1.	<i>Constitución de la republica de Ecuador</i>	27
1.4.2.	<i>Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua</i>	27
1.4.3.	<i>Acuerdo No. 061 Reforma del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria</i>	28
1.4.4.	<i>Anexo I del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua</i>	29
CAPÍTULO II		30
2.	MARCO METODOLÓGICO	30
2.1.	Metodología para la selección de los puntos de muestreo	30
2.1.1.	<i>Localización de la zona de estudio</i>	30
2.1.2.	<i>Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo</i>	31
2.1.3.	<i>Descripción de los factores climáticos de la microcuenca del río Quebrada</i>	32
2.1.4.	<i>Geomorfología de la microcuenca</i>	33
2.1.5.	<i>Medición de caudales</i>	33
2.2.	Metodología para la identificación de macroinvertebrados bentónicos y análisis de los parámetros Físicoquímicos del ICA-NFS	37
2.2.1.	<i>Campañas de muestreo</i>	37
2.2.1.1.	<i>Muestreo de macroinvertebrados bentónicos</i>	37
2.2.1.2.	<i>Muestreo de agua para parámetros físicoquímicos y microbiológico</i>	38
2.2.2.	<i>Metodología para el análisis de laboratorio</i>	39
2.3.	Cálculo para la determinación del índice de la calidad de agua	40
2.3.1.	<i>Índice de calidad de agua (ICA- NFS)</i>	40
2.3.2.	<i>Índice BMWP/Col</i>	41
2.3.3.	<i>Índice ETP</i>	43
2.4.	Propuesta de mitigación	43

CAPÍTULO III	44
3. Marco de Resultados, Discusión y análisis	44
3.1. Metodología para la selección de los puntos de muestreo	44
<i>3.1.1. Descripción de los factores climáticos de la microcuenca del Río Quebrada</i>	<i>44</i>
<i>3.1.2. Geomorfología de la microcuenca</i>	<i>45</i>
<i>3.1.3. Caudal</i>	<i>48</i>
3.2. Resultados de la identificación de macroinvertebrados bentónicos y Análisis de los parámetros Físicoquímicos	52
<i>3.2.1. Abundancia de macroinvertebrados bentónicos encontrados en el tramo del río Quebrado (Sector captación de agua – la unión)</i>	<i>52</i>
<i>3.2.2. Análisis de los parámetros físicoquímicos en el tramo del río Quebrado (Sector captación de agua – la unión)</i>	<i>55</i>
3.3. Cálculo para la determinación de los índices de calidad de agua BMWP/Col, ETP y ICA-NSF	63
<i>3.3.1. Variabilidad del ICA-NFS del tramo del río Quebrada</i>	<i>63</i>
<i>3.3.2. Variabilidad del BMWP/Col y EPT del tramo del río Quebrada</i>	<i>64</i>
<i>3.3.3. Discusión entre los índices utilizados BMWP/Col, EPT y ICA-NSF</i>	<i>67</i>
3.4. Propuesta de mitigación	68
CONCLUSIONES	70
RECOMENDACIONES	72
BIBLIOGRAFÍA	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Ventajas y desventajas de los macroinvertebrados bentónicos.	17
Tablas 2-1: Sensibilidad de los macroinvertebrados bentónicos	18
Tabla 3-1: Características de phylum Annelida; clase Oligochaet; orden Haplotaxida.....	19
Tabla 4-1: Características de phylum Arthoropoda; clase Arachinidea, Crustáceo e Insecta...	19
Tabla 5-1: Características de phylum Nematomorpha; clase y orden Gordioidea.....	22
Tabla 6-1: Ventajas y desventajas de los índices en general.....	23
Tabla 7-1: Parámetros que intervienen en el cálculo del “ICA-NFS”	25
Tabla 1-2: Ubicación de las estaciones de monitoreo	32
Tabla 2-2: Profundidades y velocidades con el molinete en función de la altura del tirante de agua.....	35
Tabla 3-2: Factor de corrección	36
Tabla 4-2: Pesos relativos para cada parámetro del “ICA - NFS”	40
Tabla 5-2: Valores ICA-NFS	41
Tabla 6-2: Sensibilidad de los macroinvertebrados bentónicos para el índice BMWP/Col.	42
Tabla 7-2: Valores BMWP/Col.....	42
Tabla 8-2: Valores de referencia del índice ETP	43
Tabla 1-3: Estación RQP3 mes de marzo.	49
Tabla 2-3: Caudales medidos en el tramo del río Quebradas por estaciones y campañas de muestreo	51
Tabla 3-3: Abundancia total de las diferentes familias de macroinvertebrados.....	53
Tabla 4-3: Resultados ICA-NFS en el Río Quebrada	63
Tabla 5-3: Mitigación.....	69

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfico 1-3:	Variación de los caudales durante las campañas de monitoreo.....	52
Gráfico 2-3:	Abundancia de individuos en las campañas de monitoreo.....	54
Gráfico 3-3:	Variación espacial y temporal del oxígeno disuelto del Río Quebrada.....	55
Gráfico 4-3:	Variación espacial y temporal de Coliformes fecales del Río Quebrada	56
Gráfico 5-3:	Variación espacial y temporal del pH del Río Quebrada	57
Gráfico 6-3:	Variación espacial y temporal de la DBO5 del Río Quebrada	58
Gráfico 7-3:	Variación espacial y temporal de la temperatura del Río Quebrada	59
Gráfico 8-3:	Variación espacial y temporal de fosfatos del Río Quebrada.....	60
Gráfico 9-3:	Variación espacial y temporal de nitratos del Río Quebrada	61
Gráfico 10-3:	Variación espacial y temporal de la turbidez del Río Quebradas.....	62
Gráfico 11-3:	Variación espacial y temporal de los sólidos totales del Río Quebradas	62
Gráfico 12-3:	Variación temporal del ICA-NFS en el Río Quebrada.....	64
Gráfico 13-3:	Resultados del BMWP/Col en el Río Quebrada por estación y campaña de muestreo	65
Gráfico14-3:	Resultados del ETP en el Río Quebrada por estación y campaña de muestreo..	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Cuenca hidrográfica.....	5
Figura 2-1: Partes de una Cuenca	7
Figura 3-1: Elementos de una cuenca.....	8
Figura 4-1: Diferentes formas de una cuenca	9
Figura 5-1: Sector Proveeduría. Confluencia de río Bomboiza con el río Zamora.....	11
Figura 6-1: Sector Río Upano confluencia de los ríos Upano y Paute	11
Figura 7-1: Macroinvertebrados representantes del bentónicos en un ecosistema acuático	17
Figura 1-2: Vista de una sección transversal de una corriente.....	34
Figura 1-3: Formas de la geomorfología del área de estudio.....	45
Figura 2-3: Mapa de elevaciones del área de estudio	46
Figura 3-3: Mapa de elevaciones del área de estudio.	46
Figura 4-3: Micro-cuenca del rio quebrada.	47

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A.** Ficha de campo para el cálculo de caudal
- ANEXO B.** Matriz de campo para la caracterización de la estación de muestreo
- ANEXO C.** Etiqueta de la muestra
- ANEXO D.** Envases para la obtención de la muestra y Análisis de los parámetros in-situ
- ANEXO F.** Resultado de los Análisis de los parámetros Fisicoquímicos
- ANEXO G.** Matriz de laboratorio para la identificación de macroinvertebrados bentónicos
- ANEXO H.** Principales Macroinvertebrados Bentónicos identificados en el tramo (Captación de agua – La unión) de la microcuenca del “Río Quebrada”
- ANEXO I.** Resultados del cálculo del ICA- NFS

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 = Índice de Kothé,

Ecuación 2 = Cálculo del área del río Quebrada

Ecuación 3 = Valor adimensional

Ecuación 4 = La velocidad (v) de la sección

Ecuación 5 = Cálculo del caudal

Ecuación 6 = Índice de Calidad aditivo

Ecuación 7 = Calculó el porcentaje de ETP

ÍNDICE DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

°C	Grados Celsius
BMWP/ COL	Biological Monitoring Working Party para Colombia
ETP	Índice de Abundancia (Ephemeroptera, Trichoptera, Plecóptera)
ICA- NSF	Índice de Calidad de Agua de la National Sanitation Foundation de E.U
km ²	Kilómetro cuadrado
m.s.n.m	Metros sobre el nivel del mar
m/s	Metro por segundo
mg/l	Miligramo por litro
NMP	Número más probable
NTU	Unidades Nefelométricas de Turbidez
PDYOT	Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de San Isidro
rev/s	Revoluciones por segundo
RQP ₁	Río Quebrada Punto uno
RQP ₂	Río Quebrada Punto dos
RQP ₃	Río Quebrada Punto tres
RQP ₄	Río Quebrada Punto Cuatro
RQPT	Río Quebrada Punto Testigo
ZEE MS	Zonificación Ecológica Económica de la provincia de Morona Santiago

RESUMEN

El objetivo fue evaluar la calidad del agua en un tramo de la microcuenca del río Quebrada (Captación de agua- La Unión), cantón Morona, utilizando macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores. La investigación inició con la selección de cinco estaciones de monitoreo distribuidas a lo largo de 2367 m; una ubicada aguas arriba del punto de captación e identificada como río Quebrada punto testigo (RQPT), y cuatro posteriores al punto de captación, a lo largo del trayecto del río Quebrada (RQP₁, RQP₂, RQP₃, RQP₄). Los muestreos se realizaron durante un periodo de tres meses (marzo, mayo y junio); en cada estación se realizó la medición de parámetros físico-químicos in situ, medición del caudal mediante el método del molinete, obteniéndose un caudal medio de 0.11 m³/s, y la recolección de macroinvertebrados empleando la red surber y la red D. La identificación de los especímenes recolectados en cada estación fue realizada en el laboratorio del Consejo Provincial de Morona Santiago, y las muestras fueron enviadas bajo cadena de frío a un laboratorio externo para el análisis de los parámetros más relevantes que mostraron los siguientes valores: oxígeno disuelto, 7.92 mg/l; temperatura, 0.53°C; coliformes fecales, 1117.33 UFC/100ml; pH, 7.14; DBO₅, 3.84 mg/l; fosfato total, 0.44 mg/l; nitratos, 0.61 mg/l; turbidez, 1.32 NTU; sólidos totales, 93.86 mg/l. Según los índices de medición biológica, se registró un total de 3821 especímenes, correspondientes 12 órdenes y 39 familias. Las medias obtenidas mediante el índice BMWP/Col se determina que la calidad del agua es BUENA; el índice ICA-NSF determina que la calidad del agua es de BUENA CALIDAD; el índice ETP determina que la calidad del agua es BUENA. En base a estos los resultados se planteó una propuesta de mitigación para las estaciones RQP₂, RQP₃, RQP₄ con la finalidad de optimizar y conservar este recurso hídrico.

Palabras claves: <BIOTECNOLOGÍA, CALIDAD DEL AGUA, MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS>, <ÍNDICE ETP>, <ÍNDICE BMWP/COL>, <MORONA (CANTÓN)>

SUMMARY

The objective was to evaluate the water quality in a section of the Quebrada River micro-watershed (Water catchment – La Unión), Morona town, using benthic macroinvertebrates as bioindicators. The investigation began with the selection of five monitoring stations distributed along 2367 m; one located upstream of the intake point and identified as a river Quebrada control point (RQCP) and four after the intake point along the Quebrada river path (RQP1, RQP2, RQP3, RQP4) Samplings are carried out for a period of three months (March, May, June) in each station was made the measurement of physical-chemical parameters in situ, measurement of the flow, through the method of windmill, obtaining an average flow of 0.11m³ / s and the collection of macroinvertebrates using the Surber network and the network D. The identification of the specimens collected in each station was made in he laboratory of the Provincial Council of Morona Santiago and the samples were sent under cold chain to an external laboratory for the analysis of the most relevant parameters that showed the following values: dissolved oxygen, 7.92 mg / l; temperature, 0.53 °C; Fecal coliforms, 1117.33 CFU / 100ml; pH, 7.14 BOD₅, 3.84 mg / l. According to the biological measurement indices, it was registered a total of 3821 specimens, corresponding 12 orders and 39 families. The means obtained by the BMWP / Col index determines the water quality is GOOD; the ICA-NSF index determines that the water is of GOOD QUALITY; the ETP index determines that the water quality is GOOD. Based on these results, a mitigation proposal was proposed for the stations RQP2, RQP3, RQP4 in order to optimize and conserve this water resource.

KEY WORDS: <BIOTECHNOLOGY WATER QUALITY BENTHIC MACROINVERTEBRATES>, <BMWP/Col INDEX>, <MORONA TOWN>

INTRODUCCIÓN

Las primeras investigaciones en determinar el daño ecológico causado por los residuos domésticos e industriales, en los cuerpos de agua fueron elaborados en el siglo XX por (Kolenati 1848), quienes encontraron relaciones entre ciertas especies y grado de calidad de agua. Hynes (1963) presentó los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua en integro la biología a la contaminación acuática. En América Latina se cuenta con pocos estudios puntuales realizados en Venezuela, Colombia, México, Colombia y Ecuador (Segnini, 2003).

En el Ecuador los investigadores se han enfocado en estudios sobre biodiversidad biológica acuática y también manejo de cuencas en el Ecuador (Pozo Barrezuela, 2014). Una de las investigaciones realizadas en la línea de los macroinvertebrados para la zona de intervención, es el laboratorio de Recursos Acuáticos de la ESPE, dentro del proyecto de “Evaluación del estado de salud ecológica de la microcuenca del río Pita (sector Molinuco, canteras y antiguo botadero Cashapamba) utilizando macroinvertebrados como bioindicadores de calidad de agua” (Quiñonez Vera, 2015).

Ecuador asume el liderazgo mundial en el reconocimiento de los derechos de la naturaleza, como una respuesta contundente al estado actual de la misma, orientando sus esfuerzos al respecto integral de su existencia, a su mantenimiento y a la regeneración de sus ciclos vitales y procesos evolutivos (Plan Nacional Buen vivir, 2013)

Es importante conocer y registrar la calidad de los ríos y quebradas que se encuentran en nuestra área, especialmente por la violenta colonización del hombre en nuestros bosques amazónicos; produciendo descargas de aguas domésticas y agrícolas a estos efluentes muy frágiles, creando una serie de problemas sociales y medioambientales. El área de estudio escogido es un tramo de la microcuenca del Río “Quebrada”, que se encuentra ubicada en la parroquia San Isidro, cantón Morona, provincia de Morona Santiago; esta microcuenca nace en la cordillera Domono Alto, con una longitud de 8.78 (km) según la información proporcionada por la SEMPLADES Y Gad Morona.

En el curso superior del río Quebrada, se encuentra la captación de agua para el consumo humano misma que abastece de agua potable a las parroquias de San Isidro, Proaño y Macas con una autorización de uso y aprovechamiento del agua destinado para consumo humano con un caudal

de 59.45 (l/s) según los datos obtenidos en la secretaría Nacional del Agua (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, 2015).

El trayecto de este río atraviesa la cabecera parroquial en sentido Noroeste- Sureste, existiendo contacto primario con dicha población y alteraciones por diferencias actividades antropogénicas como: descargas de aguas servidas, actividades ganaderas en las riberas de los ríos y dilución de contaminantes por actividades domésticas; esta microcuenca es una de los afluentes del Río Upano

La problemática se especifica en el uso que le dan los habitantes al recurso, por un lado, con medio de dilución de contaminantes y por otro como medio recreacional. Teniendo en cuenta que los ríos han sufrido contaminantes y otras agresiones antrópicas desde tiempos históricos, a pesar que desempeñan un papel fundamental en el ciclo hidrológico global, proporcionando importantes servicios a los humanos y contribuyendo de forma importante a mantener la biodiversidad (Torralba & Ocharán, 2007).

JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, el marco legal relacionado con el recurso agua, es más estricto y exige garantizar la conservación, recuperación y manejo integral del recurso hídrico, como lo señala la Ley de Agua en su art. 22. “Prohíbese toda contaminación del agua que afecte a la salud humana o al desarrollo de la flora y la fauna”.

En el Ecuador, gran parte de sus ríos se encuentran contaminados con desechos sólidos, aguas servidas domésticas, afluencia agrícola (Lloret, 2000), a su vez el Río “Quebrada”, es considerado uno de los ríos más importantes de esta parroquia, debido a que es utilizada para diferentes actividades, resaltando uno de las más importantes el abastecimiento de agua potable a las parroquias de San Isidro, Proaño, Macas; en su trayecto del río recibe cargas contaminantes de origen orgánico y se observa una fuerte presión humana que utiliza el agua para diferentes actividades de contacto primario.

Siendo la calidad de agua un punto preponderante para el consumo humano, flora y fauna, esta investigación permitirá levantar y tabular datos acerca del índice calidad de agua en una extensión aproximada de 2367m de la microcuenca del Río “Quebrada” (Sector Captación de agua- La Unión), con el fin de lograr un manejo sustentable del recurso hídrico, es indispensable la implementación de sistemas de monitoreo y control de la calidad del agua que garantice su distribución equitativa (Plan Nacional para el Buen Vivir, 2013).

Por lo mencionado anteriormente, se ha visto la necesidad de realizar un estudio de la calidad del agua en la microcuenca del Río “Quebrada” (Sector Captación de agua- La Unión), mediante el uso de macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad y análisis de parámetros fisicoquímicos estipulados en el ICA, permitiéndonos diagnosticar el estado de contaminación del Río “Quebrada”, e identificar los sitios con mayor problema y proponer técnicas de mitigación, ya que la investigación responde a motivaciones relacionadas con el cuidado y mantenimiento del ambiente orientados hacia la generación y aplicación de conocimientos.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Evaluar la calidad del agua de la microcuenca del río “Quebrada” (Sector Captación de agua- La Unión), del cantón Morona, mediante la utilización de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores

Objetivos específicos

- Seleccionar las estaciones de monitoreo para el estudio del río “Quebrada” (Sector Captación de agua- La Unión)
- Identificar las especies de macroinvertebrados en cada estación seleccionada
- Determinar la calidad del agua en la microcuenca del río “Quebrada” (Sector Captación de agua- La Unión), mediante los índices biológicos BMWP/Col, ETP y el Índice de calidad de agua ICA- NSF
- Proponer técnicas de mitigación o tratamiento para las zonas evaluadas que presenten menor calidad

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Descripción general de la cuenca hidrográfica

1.1.1. Definición de cuenca hidrográfica

Una Cuenca se define como un área de aguas superficiales y subterráneas, que está formado por una red de corrientes de agua; este concepto se asemeja a una hoja de una planta, en donde todas sus nervaduras se encuentran conectadas a una nervadura central permitiendo la conducción de la sabia vital; el río principal representa la nervadura central y los afluentes del río principal representa a los ramales, encargados de la conducción del agua a la cuenca hidrográfica (Canteras Kintz et al., 2013, p. 41).

Se define a la cuenca como un espacio geográfico cuyos aportes son alimentados exclusivamente por las precipitaciones y cuyos excedentes en agua o en materia sólida transportada por el agua; forman, en un punto espacial único y una desembocadura, concretando que una cuenca hidrográfica es un área determinada, alimentada por las precipitaciones en todo su trayecto pero que tiene un punto de llegada o desembocadura (Llamas, 1993; citados en Reyes et al., 2014).

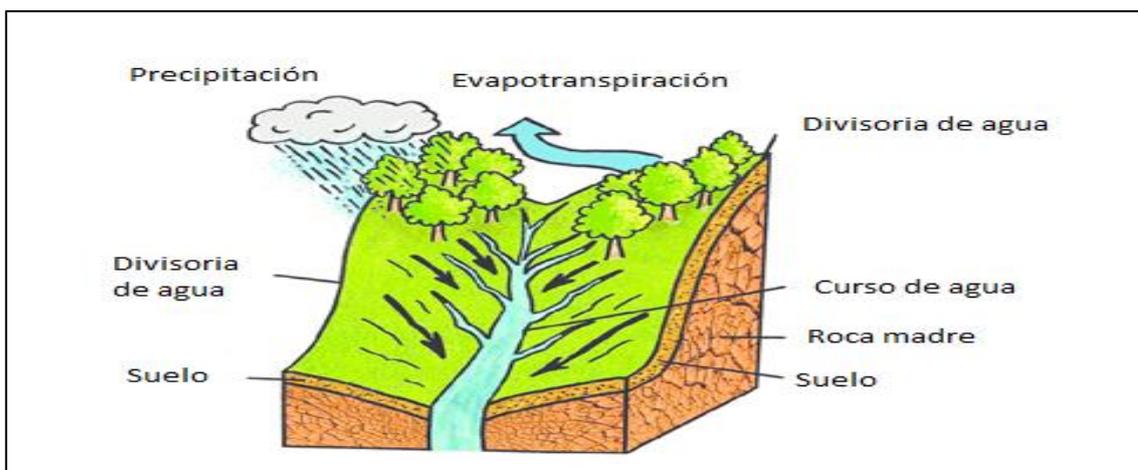


Figura 1-1: Cuenca hidrográfica

Fuente: Llamas, 1993; citados en Reyes et al., 2014

1.1.2. Características de una cuenca hidrográfica

El territorio de una cuenca hidrográfica está delimitado por las características biofísicas, sociales, económicas y también legales, las mismas que intervienen en el manejo y la determinación de la cuenca, teniendo en cuenta que, en la naturaleza, todos estos factores actúan de manera simultánea (Canteras et al., 2013, p.45).

- **Biofísicas:** Estudia las condiciones del territorio tomando en cuenta la variación topográfica, geológica, tipo y uso del suelo, características de la red de drenaje, hidrología, condiciones climáticas, flora y fauna (Canteras et al., 2013, p.45).
- **Sociales y Económicos:** Los aspectos socio económicos son muy importantes para la planificación del desarrollo de la cuenca hidrográfica, por esta razón es necesario conocer su área de influencia, las características actuales y su evolución en el tiempo (Canteras et al., 2013, p.60).

1.1.3. Componentes que forman una cuenca hidrográfica

- **Altitud:** Una Cuenca, está formada en función a los rangos de altura, bajo este criterio se puede distinguir como parte alta, media y baja; si la diferencia de altura es significativa y varía de 0 a 2500 m.s.n.m., es posible diferenciar las tres partes de la cuenca; pero si esta diferencia se encuentra entre 0 a 1000 m.s.n.m., posiblemente solo se pueda distinguir dos partes; y si la cuenca es casi plana será menos probable establecer las partes de una cuenca (Reyes et al., 2014, p.18).
- **Topografía:** Este se basa en la relación del relieve y la forma del terreno. Las montañas y laderas forman la parte accidentada; las partes onduladas y planas, forman los valles y el cauce es la zona por donde escurre el río principal y sus afluentes (Reyes et al., 2014, p.18).

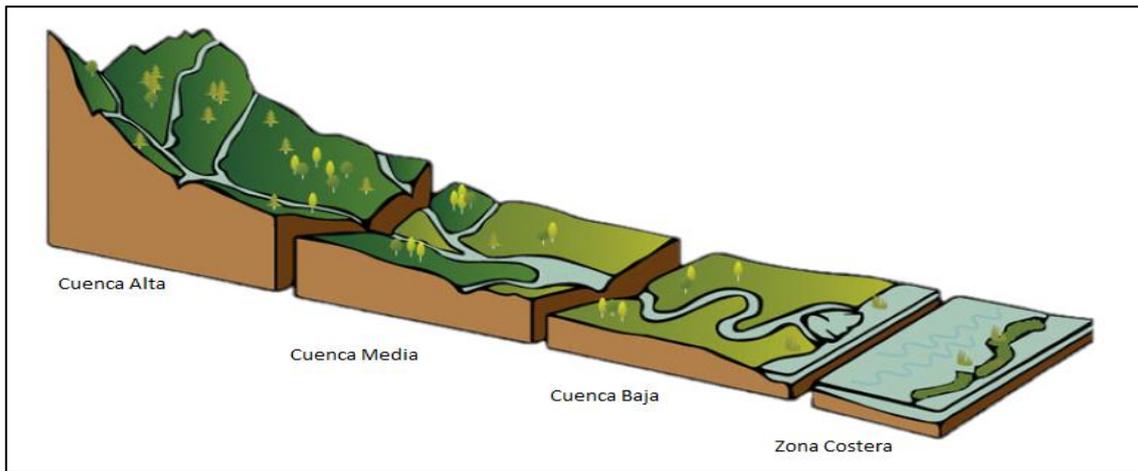


Figura 2-1: Partes de una Cuenca

Fuente: Reyes et al., 2014, p.18

1.1.4. Elementos de una cuenca hidrográfica

Tomando en cuenta el cauce principal y la división que esta genera. Se describe los elementos de una cuenca hidrográfica, debido a que es de utilidad para establecer las relaciones geomorfológicas. Los principales elementos que se consideran son los siguientes (Reyes et al., 2014, p. 19).

- **Divisoria de aguas:** La línea divisoria de aguas o línea divisoria de vertientes, es una línea imaginaria que delimita a la cuenca hidrográfica, esta línea separa a dos o más cuencas vecinas. Siendo utilizada como límite entre dos cuencas hidrográficas. El agua precipitada es desembocada en ríos distintos (Reyes et al., 2014, p. 19).
- **Talweg:** el perfil de Talweg marca las líneas más profundas de los diferentes cauces en estudio, debido a que marcan la parte más honda de un cauce y es el camino por donde van las aguas de las corrientes naturales (Reyes et al., 2014, p. 19).
- **Vertientes:** Son los sitios receptores de agua que se extiende de lado a lado del Talweg, hasta la línea divisoria de agua. Existiendo una estrecha relación geomorfológica entre las vertientes y el Talweg (Reyes et al., 2014, p. 19).



Figura 3-1: Elementos de una cuenca

Fuente: Reyes et al., 2014, p. 19

1.1.5. Geomorfología de las cuencas hidrográficas

1.1.5.1. Generalidades

La geomorfología de una cuenca hidrográfica se caracteriza por una serie de parámetros que sirven para definir su comportamiento hidrológico, teniendo en cuenta que las características geomorfológicas no solo dependen de su estructura geológica, sino de otros factores como relieve de la superficie terrestre, el clima, el tipo de suelo y la vegetación y cada vez mas de las actividades antropogénicas del hombre.

1.1.5.2. Caracterización Geomorfológica de una Cuenca

El estudio de la geomorfología de una cuenca está definido por su forma enfocándose en los siguientes parámetros.

- Forma de la cuenca

El contorno de una cuenca está definido por su forma y su superficie, lo cual incide en la respuesta, en el tiempo que poseerá dicha unidad y en lo que respecta al caudal evacuado. Por lo tanto, una cuenca circular tendrá diferente tiempo de concentración que una cuenca alargada, por consiguiente, el escurrimiento manifestará condiciones disimiles. Por ejemplo, en una cuenca circular, el agua recorre cause secundarios antes de llegar a un cauce principal; en una cuenca alargada se presenta en general un solo cauce que es el principal, por consiguiente, el tiempo de concentración será menor que el anterior caso (“Evaluación de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Rímac,” 2010, p. 38).

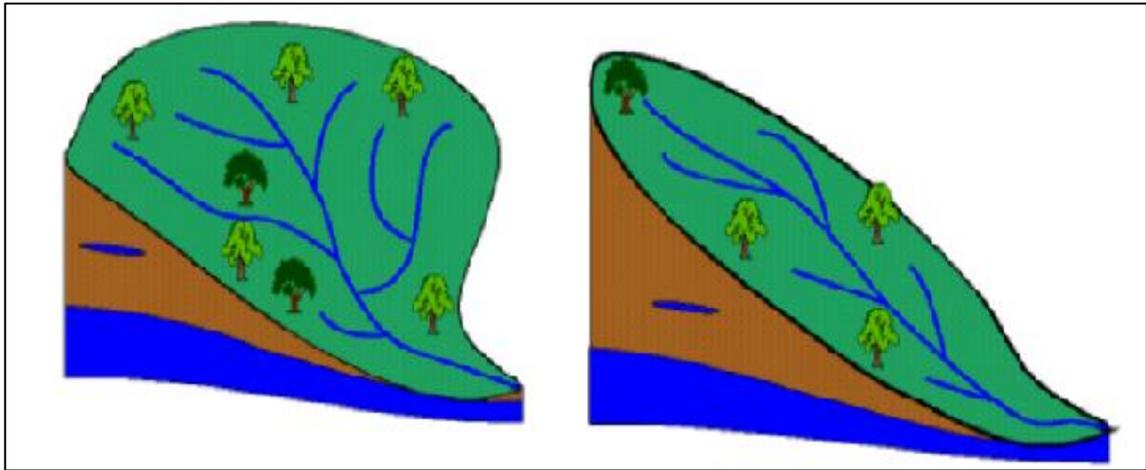


Figura 4-1: Diferentes formas de una cuenca

Fuente: “Evaluación de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Rímac,” 2010, p. 38

- Relieve de la cuenca

El relieve posee una influencia más fuerte sobre la escorrentía que la forma, es así que a una mayor pendiente corresponderá un menor tiempo de concentración de las aguas en la red de drenaje y afluentes al curso principal. Estos parámetros tienen mayor influencia sobre la respuesta hidrológica de la cuenca y subcuenca (Dirección de conservación y planeamiento de recursos hídricos área de aguas superficiales, 2010, p. 41).

- Red hidrográfica

Es el drenaje natural, permanente o temporal que corresponde a la red hidrográfica, por el cual fluyen los escurrimientos superficiales, hipodérmicos, y subterráneos de la cuenca. La red de drenaje es, probablemente, uno de los factores más importantes a la hora de definir un territorio debido a que de ella se puede tener información en lo que concierne a la roca madre, materiales del suelo, cantidad de agua que circula y morfología, entre otros (Dirección de conservación y planeamiento de recursos hídricos área de aguas superficiales, 2010, p. 41).

Mientras mayor sea el grado de bifurcación del sistema de drenaje de la cuenca, es decir, entre más corrientes tributarias presenten, más rápida será la repuesta de la cuenca frente a una tormenta, evacuando el agua en menos tiempo. Dando como resultado, que, al presentarse una densa red de drenaje, una gota de lluvia deberá recorrer una longitud de ladera pequeña, cumpliendo la mayor parte del recorrido a lo largo de los cauces, presentándose una mayor velocidad de recorrido (Dirección de conservación y planeamiento de recursos hídricos área de aguas superficiales, 2010, p. 41).

1.1.6. Hidrografía de Morona Santiago

La provincia de Morona Santiago geográficamente se encuentra ubicada en las cuencas hidrográficas de los ríos Pastaza, Morona y Santiago, todos ellos afluentes del río Amazonas.

La cuenca del Río Pastaza, se forma en el callejón interandino con el aporte de las subcuencas de los ríos Patate y Chambo. La misma que atraviesa la cordillera Real formando una estrecha garganta y drenando sus aguas con una dirección NE- SE, marcando a la vez el límite provincial entre Pastaza y Morona Santiago. La cuenca media del río Pastaza corresponde a la provincia de Morona Santiago. De esta manera su margen izquierdo pertenece a la provincia en estudio, recibiendo importantes aportes a través de los ríos Chuyallushín, Palora y Chiguaza (Plan de Desarrollo Territorial de la Provincia de Morona Santiago, 2015, p. 31).

La cuenca del río Morona, se encuentra ubicado en la parte centro – oriental de la provincia de Morona Santiago, drenando territorios que pertenecen a la cordillera del Cutucú y la llanura Amazónicas. Geopolíticamente, la cuenca está distribuida de la siguiente manera la parte superior pertenece al Ecuador y la parte media e inferior pertenece a la república del Perú. En el margen derecho de esta cuenca recibe importantes aportes de los ríos Macuma, Cangaime, Cushuimi y Mangosiza. Sus aguas son escurridas en dirección Noroeste- Sureste, para luego tomar una dirección Suroeste y desembocar en el río Amazonas (Plan de Desarrollo Territorial de la Provincia de Morona Santiago, 2015, p. 33).

La cuenca del río Santiago, cubre la mayor parte geográfica de la provincia de Morona Santiago, formándose por el aporte principal de los ríos Upano- Namangoza- Paute y Zamora. Ocupando especialmente la parte central y sur de la provincia. Recogiendo todas las aguas que se originan en la vertiente oriental de la cordillera Real, y también aquellas que tienen su origen en las cordilleras de Cutucú y del Cóndor.

El principal río de esta cuenca es el Santiago, tomando este nombre luego de la unión del Namangoza y el Zamora y con una dirección Este, perfora el Cutucú-Cóndor, formando una estrecha garganta para así escurrir sus aguas hacia el sur. Las principales Subcuencas que constituyen esta cuenca hidrográfica son: Yaupi, Upano, Paute-Negro, Namangoza, Zamora (Plan de Desarrollo Territorial de la Provincia de Morona Santiago, 2015, p. 36).



Figura 5-1: Sector Proveeduría. Confluencia de río Bomboiza con el río Zamora

Fuente: ZZE I Morona, 2015

La cuenca del río Upano, ocupa la parte norte de la cuenca del río Santiago y delimita con las cuencas de los ríos Pastaza y Morona. Debido a su ubicación geográfica en el corredor Macas-Méndez, recoge todas las aguas que se originan en las vertientes alta, media, y baja del flanco exterior de la cordillera Real y de las vertientes medias e inferior occidental de la cordillera del Cutucú.

El río Upano tiene una longitud calculada (SIG) 166 Km y una superficie calculada (SIG) 371326 Km. Los afluentes y subafluentes presentan un régimen hidrológico torrencial, la dirección de su escurrimiento varía entre sur y suroeste hasta desembocar en el río Paute (Plan de Desarrollo Territorial de la Provincia de Morona Santiago, 2015, p. 38).



Figura 6-1: Sector Río Upano confluencia de los ríos Upano y Paute

Fuente: ZZEI Morona, 2015

1.2. Criterios de Calidad del Agua

Se entiende como calidad de agua al conjunto de características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas que debe tener el agua, para un uso determinado, entre los cuales pueden ser: consumo humano y doméstico, preservación de flora y fauna, agricultura, recreativo, pecuario, industrial, estético, navegación y transporte acuático. Al hablar de agua no basta solo tenerla en calidad sino también en cantidad, debido a que la disminución del agua se relaciona con enfermedades asociadas a la falta de higiene (Lozano, 2013, p.24).

El agua en su estado puro no es natural; en la naturaleza, las aguas de ríos, embalses, lagos, mares y lluvias, presentan diferentes contenidos de sales, minerales, gases y partículas que estén presentes en los medios en los que se halla el recurso hídrico y que son arrastrados por éste. Así mismo, algunos contaminantes generados de forma natural o derivados de las actividades humanas (aguas residuales, pesticidas, productos agrícolas, desechos industriales, etc.), son incorporados al agua alterando sus características al punto de imposibilitar muchos de sus usos, incluyendo al consumo humano (Lozano, 2013, p.27).

Requerimiento de calidad de agua para múltiples usos:

El agua es utilizada para diferentes actividades, por ende, el requerimiento de la calidad del agua depende del uso que se le vaya a dar, por ejemplo: los animales necesitan agua con concentraciones permisibles de sales totales, para mantener una salud óptima y la productividad; por otra parte, la calidad de agua para las plantas se basa en las concentraciones de nitrógeno, pH, magnesio, y la salinidad que evalúa el riesgo de ocasionar altas concentraciones de sales en el suelo, lo que exige a las raíces un esfuerzo adicional para absorber el líquido, ocasionando bajo rendimiento en los cultivos. En el uso doméstico, como el lavado de ropa o el aseo personal, no requieren de agua potable sino de “agua segura”, es decir agua limpia y con baja contaminación. Algunos usos, como el lavado de pisos, no necesitan agua de muy alta calidad, pero usos como el vacío de inodoros se puede realizar con agua gris pues no requiere una calidad especial del agua (Restrepo et al., 2011: pp.77-79).

1.2.1. Calidad fisicoquímica del agua

La calidad fisicoquímica de un recurso hídrico está definida como una lista de concentraciones, especificaciones y aspectos físicos de sustancias orgánicas e inorgánicas, tomando en cuenta la composición y el estado de la biota acuática presente en el cuerpo de agua. Se puede describir la calidad de agua básicamente de dos formas: midiendo variables físicas (turbiedad, sólidos totales,

etc.), químicas (pH, acidez, etc.) o biológicas (Coliformes fecales, etc.) y utilizando un índice de calidad de agua. Ambas son aceptadas y las mediciones que se requiere se realizan, ya sea en el campo o en el laboratorio (Sierra Ramírez, 2011, p. 47).

1.2.2. Parámetros fisicoquímicos

Son sustancias que inciden directamente sobre las condiciones del agua.

Parámetros Físicos

- Cambio de Temperatura

La temperatura se mide en grados centígrados (°C) y está determinada por la radiación solar; la penetración de esta radiación fija la cantidad y calidad de luz en un cuerpo de agua natural. En las zonas tropicales la temperatura de un cuerpo de agua natural, disminuye en función de la profundidad (especialmente en los sistemas lenticos), influyendo en los ciclos fisicoquímicos de las aguas y en los procesos de producción y respiración que se lleva a cabo en los ecosistemas acuáticos; condicionando hábitats propios, bien sea para organismos que se adaptan en medios donde las variaciones son mínimas, ya que las respuestas fisiológicas se alteran fácilmente con variaciones bruscas o a los que se adaptan rápidamente a medios donde las variaciones son amplias y drásticas (Vásquez, 2002; citados en Canteras et al., 2013: pp. 219-220).

- Turbiedad

Se conoce como turbiedad, a la capacidad que tiene el material suspendido en el agua para intervenir en el paso de la luz del cuerpo acuático, este material puede ser propio del sistema (autóctono) o por aquello que por escorrentía y/o lixiviación, son aportados directamente a la columna (alóctono). Incidiendo directamente en la transparencia, en la capacidad de penetración lumínica en la columna, en la transmisión de la luz y en el flujo de energía dentro del sistema acuático, así como en los niveles de productividad. La turbiedad se convierte en una medida visual de contaminación y sus unidades son expresadas en UNT (Roldan, 1992; citados en Canteras et al., 2013: p.224).

- Sólidos Totales

Se dividen en sólidos suspendidos y sólidos disueltos. La naturaleza y la cantidad de los sólidos presentes en el agua varía ampliamente.

En el agua la mayor parte de los sólidos se hayan disueltos, presentándose principalmente en forma de sales y gases.

Los sólidos disueltos, corresponde a la cantidad (mg SDT/L) de sustancias tanto de origen inorgánico como orgánico que por su actividad iónica marcan flujos energéticos dentro de los ecosistemas acuáticos y su importancia en el manejo de calidad de agua radica en poder dimensionar el estado trófico del mismo, las condiciones edáficas, la salinidad y los niveles de productividad natural. (Vásquez, 2002; citados en Canteras et al., 2013, p.234).

Parámetros Químicos

- Nitratos

Los nitratos proceden de la descomposición de las plantas o animales, siendo la forma más oxidada del nitrógeno que se puede encontrar en el agua, Si un recurso hídrico recibe descargas de aguas residuales domésticas, el nitrógeno estará presente como nitrógeno orgánico amoniacal, el cual, en contacto con el oxígeno disuelto, se irá transformando por oxidación en nitratos y nitritos. Este proceso de nitrificación depende de la temperatura, del contenido de oxígeno disuelto y del pH del agua (Roldan, 2012, p.26).

- pH

El término utilizado para expresar la intensidad de las condiciones ácidas o básicas del agua es el pH. Este parámetro influye en algunos fenómenos que ocurren en el agua, como la corrosión y las incrustaciones en las redes de distribución. Las escalas de valores del pH se asemejan a la de un termómetro, mientras que la escala de un termómetro mide la intensidad de calor, el pH mide la intensidad de la acidez o basicidad. El pH se puede medir en el campo o en el laboratorio por medio de instrumentos electrónicos(Sierra Ramírez, 2011, p. 59).

- Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días

La demanda bioquímica de oxígeno es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos, principalmente las bacterias, para los procesos de degradación de materia orgánica en medio aeróbico y producir gas carbónico más agua. Este es el resultado de la actividad biológico y dependerá de la caracterización de los microorganismos, cantidad de ellos y de la temperatura del agua. Con base en este análisis, se puede inferir acerca de la cantidad de materia orgánica presente y los niveles de degradación en el ecosistema acuático (Canteras et al., 2013, p.236).

La DBO se mide determinando la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos (bacterias principalmente) para degradar, oxidar, estabilizar, etc. La prueba más conocida es la DBO₅ que se basa en la incubación de la muestra de agua en el laboratorio y al cabo de cinco días se mide el consumo de oxígeno por parte de los microorganismos, y los resultados se reportan en mg/L de oxígeno consumido (Sierra Ramírez, 2011, p. 74).

- Fosfatos

El fósforo en los ecosistemas acuáticos está en forma de fosfato formado fundamentalmente por el fósforo orgánico disuelto. El fosfato es arrastrado al agua por las lluvias, donde son utilizadas por las plantas y por el fitoplancton. El fitoplancton, es consumido por el zooplancton y este, a su vez, pasa al resto de la cadena alimenticia. Las descargas de aguas residuales domésticas y el uso excesivo de abonos en la agricultura son la fuente principal de fósforo y nitrógeno y, por tanto, la eutrofización de los ecosistemas acuáticos. Este nutriente crea condiciones adversas para la vida de la mayoría de los organismos acuáticos (Roldan, 2012, p.27).

- Oxígeno disuelto

Es un parámetro importante para la determinación de la calidad de agua. En las aguas naturales la concentración de oxígeno disuelto esta variado permanentemente, debido a los proceso fisicoquímicos y biológicos que se dan interminablemente. La fuente principal de oxígeno es el aire, el cual se difunde rápidamente en el agua por la turbulencia en los ríos. Si el agua está en equilibrio con el oxígeno atmosférico, no se presentará transferencia de oxígeno entre el aire y el agua; esto ocurrirá del aire al agua, cuando el agua está insaturada de oxígeno disuelto (Canteras et al., 2013, p.221).

1.2.3. Parámetros Microbiológicos

- Coliformes Fecales

Son un subgrupo específico de las bacterias fecales, siendo la más común de este grupo *Escherichia Coli*, teniendo la capacidad de crecer a temperaturas elevadas. Es un parámetro indirecto del riesgo potencial de contaminación con bacterias o virus de carácter patógeno, ya que las Coliformes fecales siempre están presentes en las heces humanas y de los animales. Los resultados se expresan como NMP, que equivale a indicar el número más probable de bacterias por cada 100 ml de la muestra de agua. (Carrillo y Urgilés, 2016, p.49).

1.2.4. Calidad biológica del agua

La calidad biológica del agua está definida como la composición y bienestar de la biota en un cuerpo de agua. Al mismo tiempo, esta engloba las concentraciones, expectativas y divisiones físicas de sustancias orgánicas e inorgánicas. Al evaluar la calidad de las aguas mediante el estudio de la composición y estructura de los macroinvertebrados y micro invertebrados surge el término de calidad biológica cuando presentan características naturales permitiendo que se desarrollen las comunidades de organismos endémicos del lugar. (Chapman y Alba-Tercedor, 1996; citado en Álvarez y Pérez, 2007, p.5).

1.2.5. Macroinvertebrados acuáticos

Se llaman macro porque son grandes (miden entre 2mm y 30cm), invertebrados porque no tienen esqueleto óseo, y acuáticos porque viven en los lugares con agua dulce: esteros, lagos y lagunas. Estas especies proporcionan excelentes señales sobre la calidad del agua, y, al usarlos al monitoreo, diagnostican el estado ecológico del río: algunos de ellos requieren agua de buena calidad para sobrevivir; otros, en cambio, resisten, crecen y abundan cuando hay contaminación. (Reyes y Fierro, 2001, p.28).

Los macroinvertebrados pueden vivir en hojas flotantes, troncos caídos y en descomposición, en el lodo o en la arena del fondo del río, sobre o debajo de las piedras, donde el agua es más correntosa y en las lagunas, lagos, aguas estancadas, pozas y charcos. Son parte importante en la alimentación de los peces (Reyes y Fierro, 2001, p.28).

La alimentación de los macroinvertebrados está basada en plantas acuáticas, restos de otras plantas y algas; pequeños restos de comida en descomposición y elementos nutritivos del suelo, elementos nutritivos del agua y sangre de otros animales. Tienen diferentes formas; las conchas son redondeadas, los escarabajos son ovalados, las lombrices son alargadas y los caracoles tienen forma espiral. Presentan una coloración parecida al sitio donde viven. Por ejemplo, las conchas tienen colores oscuros, como el lodo que las rodea; las moscas de piedra son café amarillento, como las piedras cercanas. (Reyes y Fierro, 2001, p.29).

Los macroinvertebrados bentónicos suministran valiosa información acerca de la calidad del agua por la especificidad que exhiben respecto al hábitat, sino que también son importantes componentes de las redes tróficas acuáticas, especialmente para peces, siendo un importante componente de los ecosistemas acuáticos debido a que transforman material alóctono poniéndolo

a disposición de los niveles tróficos más altos. Los macroinvertebrados son menos móviles que los peces y más sensibles a los cambios físicos. (Gore et al., 2001; citado en Canteras et al., 2013, p.269).

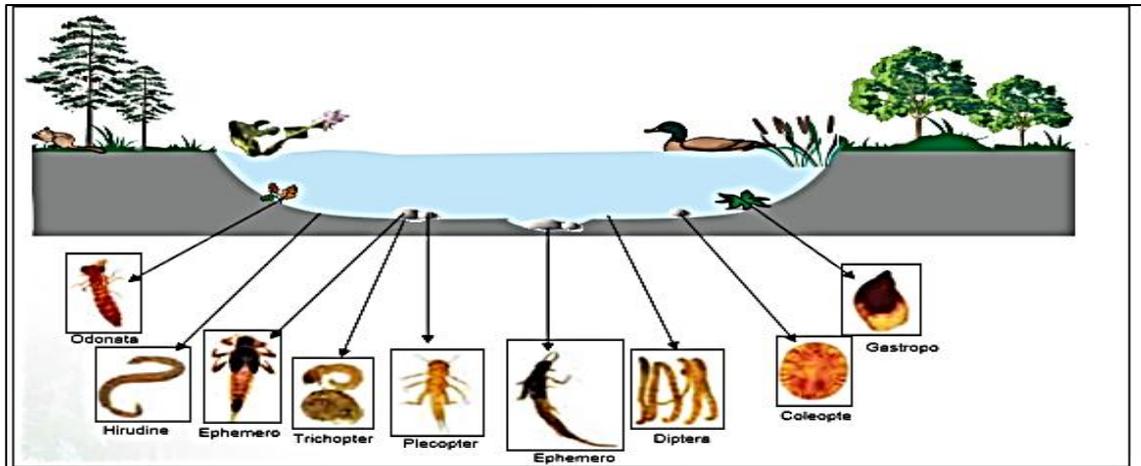


Figura 7-1: Macroinvertebrados representantes del bentónicos en un ecosistema acuático

Fuente: Roldan, 2012.

1.2.6. Macroinvertebrados acuáticos

Los investigadores consideran a los macroinvertebrados acuáticos como los mejores indicadores ecológicos de calidad de agua, aparte de sus funciones ecológicas.

Tabla 1-1: Ventajas y desventajas de los macroinvertebrados bentónicos.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Son afectados por perturbaciones ambientales en todo tipo de aguas y hábitats • La bioindicación es un parámetro de evaluación directa de la calidad del agua y los grupos muestran especificidad con respecto al hábitat al cual se hallan asociados • La taxonomía de varios grupos es conocida y su identificación es relativamente menos compleja comparada con grupos inferiores: algas, bacterias u hongos. • Son de amplia distribución, abundantes y de fácil recolección por su tamaño que los hace visible a simple vista. • Las técnicas de muestreo están bien desarrolladas y se puede hacer con equipos simples y poco costosos 	<ul style="list-style-type: none"> • Las especies o poblaciones y las escalas de valores utilizadas en bioindicación no son de aplicación universal. • Es una comunidad heterogénea y la taxonomía de algunos grupos no es bien conocida • Otros factores diferentes de la calidad de agua pueden afectar la distribución y abundancia de los organismos • Los macroinvertebrados no son sensibles a algunas perturbaciones como los patógenos de origen humano. • Evaluación cuantitativas pueden requerir de gran número de muestras que incrementan los costos de aplicación de la bioindicación en programas de evaluación de calidad del recurso hídrico.

Fuente: (Resh et al., 1996; citados en Canteras et al., 2013, pp.274-276).

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

Los macroinvertebrados bentónicos presentan largos ciclos de vida, movilidad restringida, abundancia y distribución cosmopolita, así como su especificidad con respecto a su hábitat y su capacidad de expresar condiciones que han prevalecido a largo plazo.

Una vez identificado y clasificado, su manejo en la evaluación cuantitativa se apoya a ciertas características de la comunidad, las cuales son el reflejo de las condiciones ambientales del cuerpo de agua analizado. Esta información es posible involucrarla en un parámetro numérico, para la cual existen varios modelos matemáticos e índices biológicos que permiten fijar criterios acerca del grado de contaminación y alteración de la calidad ambiental del cuerpo de agua (Canteras et al., 2013, p.277).

Los científicos han clasificados a cada macroinvertebrados como un número que indica su sensibilidad a los contaminantes. Estos números van determinados del 1 al 10. El 1 indica al menos sensible, y así sucesivamente, hasta el 10, que señale el más sensible

De acuerdo con la sensibilidad se clasifica en cinco grupos:

Tablas 2-1: Sensibilidad de los macroinvertebrados bentónicos

Sensibilidad	Calidad de agua	Calificación
No aceptan contaminantes	Muy buena	9-10
Aceptan muy pocos contaminantes	Buena	7-8
Aceptan pocos contaminantes	Regular	5-6
Aceptan mayor cantidad de contaminantes	Mala	3-4
Aceptan muchos contaminantes	Muy mala	1-2

Fuente: (Reyes y Fierro, 2001, p.30)

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

1.2.7. Clasificación de los macroinvertebrados bentónicos

A continuación, se presenta una lista taxonómica con los principales grupos que son tomados como referentes.

- Annelida

Tienen un cuerpo sementado de anillos presentando un aspecto vermiforme (como gusanos). Su anatomía interna refleja también la externa, con repetición de diversos órganos en cada segmento.

Tabla 3-1: Características de phylum Annelida; clase Oligochaeta; orden Haplotaxida.

Clase	Orden	Características	Imagen
<p>Oligochaeta</p> <p>Son conocidas como lombrices, viven en ríos contaminados con materia orgánica y aguas negras.</p>	Haplotaxida	<ul style="list-style-type: none"> - Su alimentación consiste en algas filamentosas, diatomeas y detritos de plantas - Su tamaño varía entre 1 y 30 mm - Su reproducción es asexual. 	

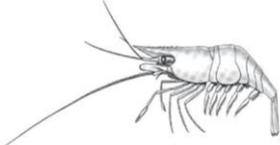
Fuente: (Roldan, 1998, pp.15).

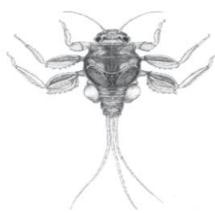
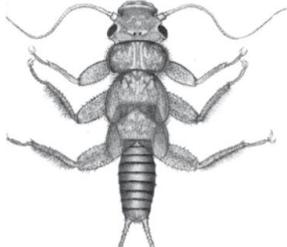
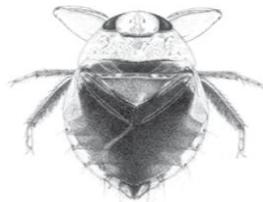
Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

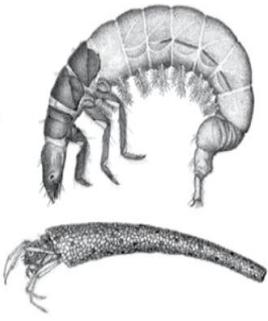
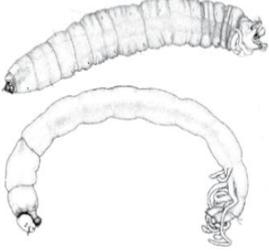
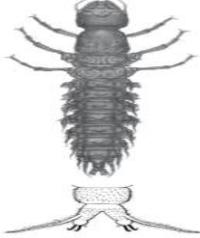
- Arthropoda

Este grupo forma parte de la familia más numerosa y diversa del reino animal, son animales invertebrados dotados de un esqueleto externo y apéndices articuladas, su cuerpo está constituido por segmentos repetitivos y su cuerpo está dividido en dos o tres regiones. Esta familia incluye a los Insectos, Crustacea y Arachnidea.

Tabla 4-1: Características de phylum Arthropoda; clase Arachnidea, Crustáceo e Insecta.

Clase	Orden	Características	Imagen
<p>Arachnidea</p> <p>Son semiacuática y sobre todo las arañas pescadoras</p>	Acari- Hydracarina	<ul style="list-style-type: none"> • Miden de 0.5 a 1.5 mm • Presentan colores brillantes • Tienen un ciclo de vida complejo • Su forma es globular, el cefalotórax y el abdomen se encuentran fusionados en un solo cuerpo. 	
<p>Crustáceo</p> <p>En su mayoría son marinos, existiendo varias especies dulceacuícolas</p>	Decapoda	<ul style="list-style-type: none"> • Viven en regiones templadas y tropicales • Son crustáceos con diez patas y dos antenas • Los nativos de agua dulce pueden llegar a medir hasta los 60 centímetros 	

<p>Insecta</p> <p>Representan el grupo más abundante y diverso de los macroinvertebrados; incluyen insectos tanto hemimetábolos (de desarrollo directo, con metamorfosis incompleta, pasando por huevo, ninfa y adultos) y holometábolos (de desarrollo indirecto, con metamorfosis completa, pasando por huevo, larva, pupa y adulto).</p>	Ephemeroptera	<ul style="list-style-type: none"> • Su ciclo de vida es corto o “efímera” que llevan como adultos. • Se alimentan de detritos y algas • Los huevos son depositados en la superficie del agua • Viven en corrientes, limpias y bien oxigenadas, son hábiles nadadores 	
	Odonata	<ul style="list-style-type: none"> • Son hemimetábolos • Son depredadores de organismos acuáticos. • Las larvas viven en pozos, pantanos, corrientes lentas y poco profundas 	
	Plecoptera	<ul style="list-style-type: none"> • Las ninfas se caracterizan por tener largas antenas y a veces agallas anales. • Su tamaño varía entre los 10.0 y 30.0 mm • Presentan una coloración amarillenta pálido hasta café oscuro o negro 	
	Hemiptera	<ul style="list-style-type: none"> • Conocidos como “chinchas de agua”, caracterizada por poseer las partes bucales modificadas, como un pico que le permite alimentarse de tejidos de plantas. • Ponen sus huevos sobre el sustrato, el suelo y las plantas 	
	Coleoptera	<ul style="list-style-type: none"> • Presentan una metamorfosis completa • Los huevos son depositados en el agua sobre la vegetación acuática • Viven en aguas continentales lóxicas como lóxicas. 	

	Trichoptera	<ul style="list-style-type: none"> • Viven en diversos tipos de materiales como palos, hojas, piedras o sedas que ellos producen. • Sus larvas son intolerantes a la contaminación • Son insectos holometábolos • Las larvas se alimentan de material vegetal y algas. 	
	Diptera	<ul style="list-style-type: none"> • Las larvas presentan gran cantidad de formas y características • Su desarrollo varía entre una semana hasta un año. • Se encuentran en quebradas, ríos, lagos, incluso en agua contaminadas. 	
	Megaloptera	<ul style="list-style-type: none"> • En su estado larval todos son acuáticos • Son depredadoras y las pupas son terrestres • Viven en aguas con corrientes 	

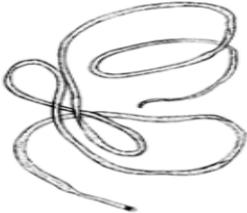
Fuente: (Roldan, 1998, pp.20-172).

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

- Nematomorpha

La mayor parte de las especies de Nematomorpha son de agua dulce. Las larvas son parásitos de varios artrópodos.

Tabla 5-1: Características de phylum Nematomorpha; clase y orden Gordioidea.

Clase	Orden	Características	Imagen
<p>Nematomorpha</p> <p>Son conocidos como gusanos gordianos, presentan una forma alargada y filamentosa</p>	<p>Gordioidea</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Su color varía entre blanco amarillento a pardo gris • En edad adulta miden entre 10 y 70 cm de longitud • Las hembras son más grandes que los machos • Viven en aguas limpias, adheridos a la vegetación 	

Fuente: (Roldan, 1998, pp.13).

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

1.3. Índices de calidad del agua

Se define como índice de calidad del agua a la expresión global o integrada de una combinación de factores naturales de tipo morfológico, geográfico y climático con las características fisicoquímicas y biológicas del agua, sin ignorar la estética de la zona, considerando tres importantes aspectos.

- Aspectos fisicoquímicos. Combinación y concentración de diferentes parámetros, especies, y tipos de sustancias orgánicas e inorgánicas presentes en el agua.
- Aspectos biológicos. Diversidad y estado de la biota acuática.
- Aspectos no Acuáticos. Cambios temporales y espaciales que son debidos a los factores intrínsecos y externos al sistema acuático en estudio. Por ejemplo, la canalización de cauces, la presencia de bosques en la riberas de la corriente (Sierra, 2011, p.149).

Estos aspectos sirven para determinar la calidad de un cuerpo de agua, siendo una herramienta para transmitir dicha información. El índice generalmente puede ser representado por un número, un rango, un símbolo o un color, proporcionando información que puede ser fácilmente interpretada.

Los índices son utilizados para generar, mejorar o actualizar la información de la calidad de un cuerpo de agua, teniendo en cuenta que presenta ventajas y desventajas (Ver, Tabla 3-1), en los diferentes campos que son empleados como, por ejemplo:

- Análisis de tendencia. Demuestran si la calidad del agua está disminuyendo o mejorando en un periodo de tiempo.
- Aplicación de normatividad. Ayuda a la verificación del cumplimiento de la normativa y política ambiental.
- Clasificación de Áreas. Compara el estado del recurso en diferentes áreas geográficas
- Información pública. Permite realizar actividades de educación ambiental, debido a su fácil entendimiento.
- Investigación científica. La información obtenida es analizada fácilmente proporcionando una visión de los fenómenos ambientales.
- Manejo de los recursos. Provee información, para la toma correcta de decisiones que ayuden a la protección del recurso. (Ott. W, 1981; citados en Carrillo y Urgilés, 2016: p.27)

Tabla 6-1: Ventajas y desventajas de los índices en general

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Poseen la capacidad de resumir y simplificar datos complejos • Pueden incluirse en modelos para la toma de decisiones • Son fáciles de entender al público, los medios y los usuarios. • Ahorra tiempo y esfuerzo técnico 	<ul style="list-style-type: none"> • Representan una parte o un aspecto particular del problema • Deben ser interpretados con precaución, en forma crítica y ser actualizados periódicamente. • Pierden validez con el tiempo

Fuente: (Carrillo y Urgilés, 2016: p.26).

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

1.3.1. Índice de calidad de agua de la Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos (ICA – NSF)

La evaluación del recurso hídrico en todo el mundo, ha sido objeto de múltiples discusiones en cuanto al proceso de regulación, el intento por crear un índice que permita evaluar la calidad de agua, ha desarrollado diferentes metodologías que se ajusten a las diferentes características propias de cada región.

En 1970, Brow, MacClelland, Deiniger y Tozer, respaldados por la Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos de Norteamérica (NSF, por sus siglas en inglés) propusieron

un índice basándose en la combinación de distintos parámetros de calidad, los mismo que presentan pesos que ponderan su importancia relativa, conocido como Índice de Calidad de Agua de la NSF (ICA-NSF).

El método consistió en combinar la opinión de un conjunto de 142 expertos en gestión de calidad del agua en varios lugares de los Estados Unidos a través de tres estudios. El primer estudio se considera 35 variables de contaminación, calificados en una escala de 1 (significa más alta) a 5 (significa más baja). En el segundo estudio se determinó que nueve de las 35 variables fueron identificados de mayor importancia. Finalmente, en el tercer estudio, se elaboraron las Curvas de Función, para cada variable en un rango de 0 a 100 indicados en el eje y de cada gráfico, mientras que en el eje x fueron localizados los diferentes niveles de las variables. Finalmente se promediaron todas las curvas para generar una sola línea para cada variable (Castro et al., 2014; citados en Carrillo y Urgilés, 2016: p.28)

El índice ICA-NSF es el más empleado en la valoración de la calidad de las aguas superficiales para consumo humano a nivel mundial. Considerando que este índice se puede modificar y adaptar de acuerdo a las condiciones prevalecientes en cada sistema acuático.

El ICA- NSF utiliza las siguientes variables fisicoquímicas: temperatura, potencial de hidrogeno, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, turbiedad, nitratos, fosfatos, sólidos disueltos totales y en el aspecto microbiológico son los Coliformes fecales. Cada una de estas variables tiene un peso específico de acuerdo con su importancia, relacionada con la calidad de agua.

La información que se obtiene del “ICA- NSF”, permite determinar los cambios de la calidad del agua, alteraciones, y contaminación en trayectos específicos de los cuerpos de agua a la fecha de muestreo, comparando y estableciendo diferencias entre la calidad del agua de los distintos trayectos del mismo río u otros que estén en la misma zona.

1.3.1.1. Parámetros de la calidad del agua del modelo “ICA- NSF”

El modelo “ICA- NSF” analiza nueve parámetros para determinar el grado de contaminación del cuerpo de agua e identificar en forma práctica el deterioro o mejora de la calidad de un recurso hídrico.

Tabla 7-1: Parámetros que intervienen en el cálculo del “ICA-NFS”

Parámetro	Unidad	Peso	Importancia
Oxígeno Disuelto	OD en % saturación	0.17	Condiciones críticas para la vida acuática
Coliformes Fecales	NMP/100mL	0.15	Contaminación fecal, limitante para aguas de consumo humano
pH	Unidades de pH	0.12	Condiciones para la vida acuática y agua potable
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO5 en mg/L	0.10	Materia orgánica biodegradable, limitante para aguas de consumo humano
Cambio de Temperatura	°C	0.10	Crítico para la vida acuática y consumo humano
Fosfatos Totales	PO ₄ en mg/L	0.10	Determinar niveles de eutrofización
Nitratos	NO ₃ en mg/L	0.10	Determinar niveles de eutrofización y riesgo de consumo
Turbiedad	En FAU	0.08	Limitante para aguas de consumo humano
Sólidos Totales	Mg/L	0.08	Limitante para aguas de consumo humano

Fuente: (Brown, 1970).

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

1.3.2. Índice Biológico de calidad de agua Biological Monitoring Working Party para Colombia (BMWP/COL)

El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), fue establecido por primera vez en Inglaterra en 1970, como un método sencillo y rápido para evaluar la calidad del agua utilizando los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores, este índice permite determinar la calidad del agua a través de puntuaciones dadas a la familia según su grado tolerancia a la eutrofización.

Los estudios en Colombia dan fruto en los años noventa, donde sobresalen los trabajos de: De Gaviria (1993), Rocha (1994), Zamora y Roesler (1995,1997), Quiñones y Roldan (1998). Gabriel Roldan publica el libro sobre la bioindicación de Colombia, usando los macroinvertebrados como indicadores bióticos de la calidad del agua, proponiendo la metodología del índice Biological Monitoring Working Party Colombia- BMWP-Col (Roldan, 2003; citados en Cadena et al., 2016).

BMWP/Col, consiste en dar un valor de tolerancia o sensibilidad a cada familia de macroinvertebrados bentónicos, los valores tienen una jerarquía de 1 y 10, siendo 1 la puntuación más baja y 10 la más alta (Roldan, 2003; citados en Quiñonez, 2015).

1.3.3. Índice Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera (ETP)

El índice ETP, se fundamenta en la relación de las abundancias de los tres grupos de macroinvertebrados que son indicadores de la calidad del agua. Estos grupos son: Ephemeropteras o moscas de mayo, Plecoptera o moscas de piedra y Trichoptera, estos macroinvertebrados presentan una alta sensibilidad a los contaminantes, debido a que estos macroinvertebrados son los primeros en desaparecer cuando los ríos se contaminan. (Roldan, 2016; citados en Jiménez, 2018, p.16).

1.3.4. Índice de diversidad de Shannon- Wiener

Estudia la diversidad de las especies indicando la riqueza y la equidad de las especies que se encuentran en un sistema y mientras más regular es la distribución de las especies en la comunidad, mayor deberá ser el valor numérico obtenido, su sensibilidad a los cambios en la abundancia de las especies raras es aplicable en los estudios de conservación de la naturaleza. (Moreno, 2001; Roldan, 1999; citado en Quiñónez, 2015).

1.3.5. Método del Déficit de especies de Kothé

El índice de Kothé, usa la densidad de las especies, tomando en cuenta solo el número total de especies más no las especies de las que se trata, se observa si decrece el número luego de la influencia de contaminantes orgánicas y tóxicas, porque todos los organismos funcionan según este criterio (Roldan, 1999; citado en Quiñónez, 2015).

Ecuación 1

$$I = \frac{S_u - S_d}{S_u} * 100$$

Donde:

S_u es el número de especies aguas arriba

S_d es el número de especies aguas debajo de la descarga

1.4. Marco Legal relacionado con el factor agua

1.4.1. Constitución de la república de Ecuador

En el capítulo segundo de la constitución del Ecuador del 2008, en su Art.12: El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico, de uso público, inalienable, imprescriptible, y esencial para la vida.

En el capítulo segundo del Título VII Régimen del Buen Vivir, habla sobre la Biodiversidad y Recursos naturales,

Art.411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hídricas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua.

La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento de agua.

Art.412.- La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico.

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

La Ley Orgánica de Recursos Hídricos, usos y aprovechamiento del agua, publicada en el Registro oficial 305, de 6 de agosto de 2014, en el Capítulo III establece el Derecho de la Naturaleza

Art. 64.- Conservación del agua. La naturaleza o Pacha Mama tiene derecho a la conservación de las aguas con sus propiedades como soporte esencial para todas las formas de vida

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

- a) La protección de sus fuentes, zonas de captación regulación, recarga, afloramiento y cauces naturales de agua, en particular, nevados, glaciares, páramos, humedales y manglares;

- b) El mantenimiento de caudal ecológico como garantía de preservación de los ecosistemas y la biodiversidad;
- c) La preservación de la dinámica natural del ciclo integral del agua o ciclo hidrológico;
- d) La protección de las cuencas hidrográficas y los ecosistemas de toda contaminación; y,
- 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

Art. 79.- Objetivos de prevención y conservación del agua. La Autoridad Única del Agua, la Autoridad Ambiental y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, trabajarán en coordinación para cumplir los siguientes objetivos:

- a) Garantizar el derecho humano al agua para el buen vivir o sumak kawsay, los derechos reconocidos a la naturaleza y la preservación de todas las formas de vida, en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación;
- b) Preservar la cantidad del agua y mejorar su calidad;
- c) Controlar y prevenir la acumulación en suelo y subsuelo de sustancias tóxicas, desechos, vertidos y otros elementos capaces de contaminar las aguas superficiales o subterráneas;
- d) Controlar las actividades que puedan causar la degradación del agua y de los ecosistemas acuáticos y terrestres con ella relacionados y cuando estén degradados disponer su restauración;
- e) Prohibir, prevenir, controlar y sancionar la contaminación de las aguas mediante vertidos o depósito de desechos sólidos, líquidos y gaseosos; compuestos orgánicos, inorgánicos o cualquier otra sustancia tóxica que alteren la calidad del agua o afecten la salud humana, la fauna, flora y el equilibrio de la vida;
- f) Garantizar la conservación integral y cuidado de las fuentes de agua delimitadas y el equilibrio del ciclo hidrológico; y
- g) Evitar la degradación de los ecosistemas relacionados al ciclo hidrológico.

1.4.3. Acuerdo No. 061 Reforma del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria

El Acuerdo No. 061 Reforma del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria, publicada en el Registro oficial 316, de 4 de mayo de 2015.

Capítulo VIII, Sección III establece Calidad de Componentes Abióticos.

Art. 209.- de la Calidad del agua. - Son las características físicas, químicas, y biológicas que establecen la composición del agua y la hacen apta para satisfacer la salud, el bienestar de la

población y el equilibrio ecológico. La evaluación y control de la calidad de agua, se la realizará con procedimientos analíticos, muestreos y monitoreos de descargas, vertidos y cuerpos receptores; dichos lineamientos se encuentran detallados en el Anexo I.

En cualquier caso, la Autoridad Ambiental Competente, podrá disponer al Sujeto de Control responsable de las descargas y vertidos, que realice muestreos de sus descargas, así como del cuerpo de agua receptor.

Toda actividad antrópica deberá realizar las acciones preventivas necesarias para no alterar y asegurar la calidad y cantidad de agua de las cuencas hídricas, la alteración de la composición físico-química y biológica de fuentes de agua por efecto de descargas y vertidos líquidos o disposición de desechos en general u otras acciones negativas sobre sus componentes, conllevará las sanciones que correspondan a cada caso.

1.4.4. Anexo I del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua

La presente norma técnica ambiental revisada y actualizada es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional. La presente norma técnica determina o establece:

- a) Los principios básicos y enfoque general para el control de la contaminación del agua;
- b) Las definiciones de términos importantes y competencias de los diferentes actores establecidas en la ley;
- c) Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos;
- d) Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado;
- e) Permisos de descarga;
- f) Los parámetros de monitoreo de las descargas a cuerpos de agua y sistemas de alcantarillado de actividades industriales o productivas, de servicios públicas o privadas;
- g) Métodos y procedimientos para determinar parámetros físicos, químicos y biológicos con potencial riesgo de contaminación del agua.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Metodología para la selección de los puntos de muestreo

2.1.1. Localización de la zona de estudio

La microcuenca del río Quebrada, se encuentra dentro del sistema fluvial de la cuenca hidrográfica del río Santiago y sub cuenca del río Upano. Está localizada en el centro de la provincia de Morona Santiago, en la parroquia San Isidro, dentro de la competencia del cantón Morona, esta microcuenca cubre una extensión de 8.78 Km², atravesando la cabecera parroquial en sentido Noroeste-Suroeste (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, 2015).

El estudio de la calidad del agua mediante el uso de los macroinvertebrados bentónicos, se realizó en un tramo del río Quebrada, que está alimentado por tres afluentes (Yanayacu, Tigre, Yanayacu chico). El tramo del río Quebrada, en estudio, tiene una longitud aproximada de 2367 m desde la estación inicial o blanco a 1230 [m.s.n.m.] hasta la última estación georreferenciado a 1147 [m.s.n.m.].

Se ejecutó trabajos de campo y laboratorio; En el campo, se realizó un recorrido por todo el tramo que delimita el presente estudio; para el reconocimiento del área, recopilación de información y evaluación de los puntos que tienen mayor aptitud para ser seleccionados como estaciones de muestreo, dicha identificación está en función de la accesibilidad al sitio, sugerencias de los profesionales, asentamientos humanos, profundidad, actividades agrícolas, ganaderas y ubicación de los focos de contaminación.

Se analizaron los parámetros fisicoquímicos en el laboratorio de Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos (SAQMIC), y la identificación de familias de los macroinvertebrados bentónicos, se realizó en el laboratorio del departamento de Desarrollo Productivo del consejo provincial de Morona Santiago, que se encuentra ubicado en la plaza Tiwinza.

2.1.2. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo

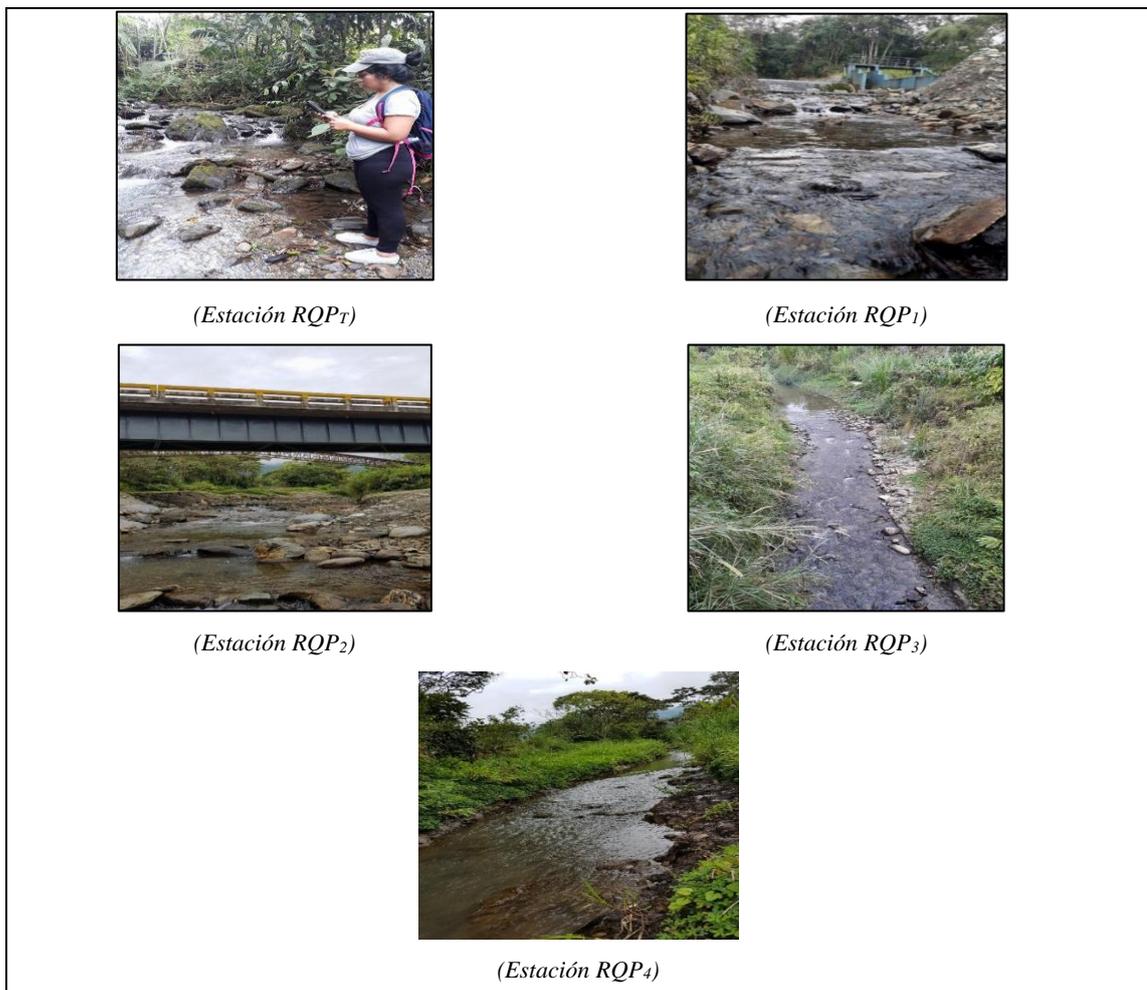
Se estableció cinco estaciones de muestreo, que corresponde a la estación inicial o blanco; la misma que se encuentra ubicada en un tramo de la microcuenca media, en donde la perturbación del medio es escasa, lo cual se evidencia que no se ha visto alterada; las muestras “problema”, corresponden a estaciones en donde se dan descargas de aguas residuales, criaderos de cerdos y recreación acuática de la población de la parroquia de San Isidro, produciendo algún tipo de alteración en cuanto a su calidad

1. El primer punto corresponde a la “estación inicial o blanco”, la misma que se encuentra aproximadamente a 200 m antes del punto de captación de la planta de agua potable de cantón Morona, se seleccionó este lugar ya que no se evidencia cambios en la vegetación y perturbación en el medio.
2. La segunda estación, está ubicada a 2 metros después de la captación de la planta de agua potable, es importante mencionar que este punto la cubierta vegetal natural ha sido sustituida por pastos
3. La tercera estación, está ubicada debajo del puente que se encuentra en las afueras de la parroquia San Isidro, recibiendo todas las descargas que son emitidas por la comunidad ubicada en esta zona.
4. La cuarta estación, está ubicada debajo del puente que se encuentra en la parroquia San Isidro, misma que sirve como punto de recreación de la población, es importante mencionar que esta parroquia no tiene sistema de alcantarillado, por lo que sus aguas residuales domesticas son descargadas directamente a este cuerpo de agua.
5. Finalmente, la quinta estación, se localizó en la zona baja del tramo en estudio, observándose que la vegetación ribereña es escasa, existiendo criaderos de cerdos y asentamiento de ganado. Estos puntos se registraron en coordenadas UTM (WGS84), que se encuentra indicado en la Tabla 1-2.

Tabla 1-2: Ubicación de las estaciones de monitoreo

Cuenca	Subcuenca	Microcuenca	Estaciones de muestreo	Altitudes m.s.n.m	Coordenadas UTM WGS84	
					Latitud	Longitud
Santiago	Upano	río Quebrada	RQPT	1230	9755841 N	814241 E
			RQP1	1210	9755619 N	814256 E
			RQP2	1181	9755030 N	814616 E
			RQP3	1156	9754936N	815396 E
			RQP4	1147	9754558 N	815637 E

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018



Fotografía 1-2: Estaciones de monitoreo

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

2.1.3. Descripción de los factores climáticos de la microcuenca del río Quebrada

Se realizó una descripción del tramo de la microcuenca del río Quebrada; dentro de este contexto se basó en la información documentada y levantada en el campo, con respecto a las condiciones ambientales en las que se encuentran: el clima, temperatura y precipitación.

2.1.4. Geomorfología de la microcuenca

Se pretendió describir la geomorfología de la microcuenca y su delimitación hidrográfica, teniendo en cuenta que la cuenca actúa como un colector que recibe las precipitaciones y las transforma en escurrimientos. Posterior a eso se realizó mapas: sobre la divisoria de aguas de la microcuenca del río Quebrada, Elevación del área de estudio y un mapa donde están los parámetros geomorfológicos: área, perímetro y longitud de la microcuenca del río; mediante el programa de software ArcGis, versión 10.2.

2.1.5. Medición de caudales

El instrumento que se utilizó para la medición del caudal es el molinete marca SEBA – Universal Current Meter F1, y la serie de su hélice 2.1543,125.080. La medición del caudal, fue realizada mediante el método área – velocidad, que consiste en dividir el ancho total del cauce en un número conveniente de verticales, medir la profundidad del lecho del río y la velocidad en cada una de ellas. A continuación, se describe en detalle el procedimiento basado en la Guía de prácticas hidrológicas (Organización Meteorológica Mundial, 1994).

a. Verificación de las condiciones y selección del emplazamiento del río Quebrada

Se verificó que la velocidad y la profundidad de la corriente del río, sea seguro para realizar sin peligro la medición. Para la selección del emplazamiento se siguieron las medidas recomendadas en la Guía Meteorológica de prácticas hidrológicas de la Organización Meteorológica Mundial: el tramo debe ser lo más recto posibles y estar limpio de malezas, piedras grandes con la finalidad de evitar imprecisiones.

b. Medición de la sección transversal del río Quebrada

La sección transversal del río Quebrada, se midió mediante un flexómetro (cuerda graduada) de orilla a orilla de manera perpendicular a la dirección del flujo; la cuerda se sujetó a dos puntos fijos en cada extremo del cauce, asegurando que en todo momento la cuerda tuviera la tensión necesaria, y que estuviera a una altura que facilite las mediciones.

Con la medida del ancho del Río Quebrada se procedió a realizar las subsecciones. La medición del tirante de agua se realizó en cada subsección establecida, mediante la utilización de un tubo

graduado que integra el kit del molinete. El tirante corresponde a la medida de la profundidad entre el lecho del río y el espejo de agua. Se representa con las siglas Al.

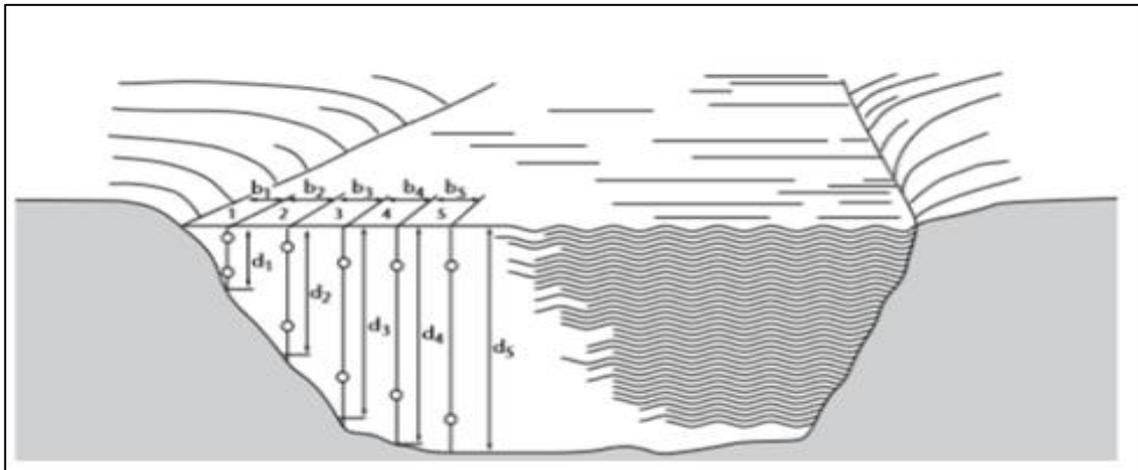


Figura 1-2: Vista de una sección transversal de una corriente

Fuente: Guía de prácticas hidrológicas

c. Cálculo del área del río Quebrada

Para determinar el área transversal del Río Quebrada, se calculará el promedio de las alturas obtenidas en la medición del tirante (Al) en cada subsección por el valor promedio del ancho de cada una de estas subsecciones (An). Este valor está representado con la letra A

Ecuación 2

$$A = \left(\frac{(Al_0 + Al_1 + \dots + Al_{num})}{num} \right) \times \left(\frac{(An_0 + n + \dots + An_{num})}{num} \right) [m^2]$$

Donde:

num: es el número de subsecciones

d. Cálculo de la velocidad del agua

El molinete se ubicó en el mismo punto donde se tomó la información del tirante de agua, al ser un curso de agua poco profunda, la hélice pequeña que está sujeto a una barra de molinete se mantiene en una posición que se alinee a la dirección del flujo, antes de comenzar las lecturas, tomando en cuenta que todas las partes del molinete debe estar sumergidas en el cuerpo de agua, la medición de la velocidad se efectuó mediante un recuento de la revolución del rotor durante un periodo de 30 segundos que es el tiempo que el molinete permaneció sumergido en el agua. Las profundidades en las que se miden las velocidades con el molinete está en función de la altura del tirante de agua (valores estándar, Tabla 2-2). Finalmente se realiza 3 repeticiones de las lecturas en cada uno de las mediciones del molinete.

Tabla 2-2: Profundidades y velocidades con el molinete en función de la altura del tirante de agua

Tirante de Agua (Al) [cm]	Profundidad de la lectura del molinete [cm]
< 15	0,5 Al
15 < Al < 45	0,6 Al
>45	0,2 Al y 0.8 Al

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

Fuente: (Aranda, 1998)

Las medidas de los datos obtenidos de la lectura del molinete están en revoluciones/segundo [rev/s], esta información fue utilizada para obtener la velocidad en [m/s], por lo cual primero fue necesario obtener el valor (n):

Ecuación 3

$$n = \frac{rev}{30[s]}$$

Donde:

n = Valor adimensional

rev = Número de revoluciones registradas en el molinete

30[s] = Tiempo que está sumergido el molinete en el cuerpo de agua

Con las siguientes fórmulas propuestas por la organización internacional de normalización. Se determinó la velocidad en cada subsección (vs), según el valor de n obtenido en la fórmula anterior.

Si	$0.00 < n < 1.34$	Entonces	$vs = 0.0058 + 0.2569 * n$
Si	$1.34 < n < 3.95$	Entonces	$vs = 0.0168 + 0.2487 * n$
Si	$3.95 < n < 10$	Entonces	$vs = -0.0069 + 0.2547 * n$

Si se toma más de una medición se debe sacar un promedio de estas.

La velocidad (v) de la sección se obtiene mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 4

$$v = \frac{vs_0 + vs_1 + \dots + vs_{num}}{num} \left[\frac{m}{s} \right]$$

e. Factor de Corrección

El factor de corrección permite reajustar a los valores aproximados del caudal, a continuación de se indica:

Tabla 3-2: Factor de corrección

Tipos de corriente de agua	Factor de corrección de velocidad (C)	Precisión
Canal rectangular con lados y lechos lisos	0,85	Buena
Río profundo y lento	0,75	Razonable
Arroyo pequeño de lecho parejo y liso	0,65	Mala
Arroyo rápido y turbulento	0,45	Muy mala
Arroyo muy profundo de lecho rocoso	0,25	Muy mala

Fuente: (INRENA, 2005)

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

f. Cálculo del caudal

Se empleará la hoja de campo (Ver, Anexo A), donde se mide el ancho del cauce, para determinar el número de tramos donde se va a medir las velocidades. Anotando el tirante de cada uno y la distancia entre estos tramos. Una vez obtenido los datos necesarios, se procede a calcular el caudal con la siguiente fórmula.

Ecuación 5

$$Q = A * v * C$$

Dónde:

Q = Caudal

A = Área del trayecto transversal del río

C = Factor de corrección o coeficiente de rugosidad

V = Velocidad mediante el molinete

2.2. Metodología para la identificación de macroinvertebrados bentónicos y análisis de los parámetros Físicoquímicos del ICA-NFS

2.2.1. Campañas de muestreo

Se utilizó la técnica de observación directa y la recolección de datos en cada una de las estaciones ya establecidas; se tomó una muestra por cada mes en el periodo de marzo, mayo y junio; para realizar los análisis biológicos (macroinvertebrados), los análisis físico-químicos y microbiológico.

2.2.1.1. Muestreo de macroinvertebrados bentónicos

a. Caracterización de la estación de muestreo e identificación de los tipos de hábitat

Se realizó el recorrido por las orillas de la estación de muestreo que tiene una longitud de 50m, evitando el pisoteo del tramo antes del muestreo y se llenó una hoja de campo (Ver, Anexo B), Una vez finalizado el recorrido del punto de muestreo, se eligió tres microhábitats dentro de este tramo; tomando en cuenta los diferentes hábitats existentes. Estos hábitats están clasificados en base a diferentes combinaciones de profundidad (somero -profundo), velocidad del agua (rápida, mediana, lenta), naturaleza del sustrato (grandes rocas, grava, arena) y presencia de vegetación (hidrófitos).

b. Muestreo

Una vez seleccionados los microhábitats, el muestreo se inicia; aguas abajo del final de cada estación delimitado y se finaliza aguas arriba de la estación; evitando enturbiar el agua que todavía no ha sido muestreada, y sobre todo evitando que los macroinvertebrados se dejen arrastrar por la corriente al detectar vibraciones.

Para el muestreo se utilizó la red surber y la red de mano, debido a que el río Quebrada es poco profundo, con corrientes más o menos torrentosas y fondo de piedras pequeñas; se tomó la muestra en cada microhábitat localizado en la estación de muestreo; el tiempo total de muestreo en toda el área de la estación fue de 30 minutos.

En cada punto de muestreo se removió con la mano el sustrato vegetal, piedras u otros componentes del microhábitats, durante un tiempo de un minutos; colocándose a un lado de la red surber que estuvo ubicada con la boca de la malla frente a la corriente y la base en el fondo

del río; para no bloquear la corriente de agua e impidiendo el ingreso de sustrato a la red; vaciándose periódicamente el sustrato de la red en una tarrina finalmente se vierte el contenido de cada tarrina en una bandeja blanca que está colocada a la orilla del río; evitando que la red se sature, y los macroinvertebrados se escapen o sean arrastrados por la corriente.

Una vez colocado el sustrato de la tarrina en la bandeja blanca, se procedió a separar con la ayuda de las pinzas entomológicas a los macroinvertebrados de los otros animales y materiales de la muestra guardándoles en el frasco de vidrio de boca ancha (Carrera Reyes and Fierro Peralbo, 2001).

c. Conservación, etiquetado y transporte de la muestra de agua

Para la conservación de los especímenes se almacena en un frasco de vidrio de boca ancha, que contiene 50ml de alcohol etílico al 70%. La identificación del recipiente se realizó mediante una etiqueta adhesiva (Ver, Anexo C), colocada en la parte externa del frasco. Las muestras son transportadas en una caja hermética a temperatura ambiente, evitando la exposición prolongada al sol. (Carrera Reyes and Fierro Peralbo, 2001)

2.2.1.2. *Muestreo de agua para parámetros fisicoquímicos y microbiológico*

a. Toma de la muestra

El programa de muestreo de agua del río Quebrada se realizó en base a las recomendaciones y pautas emitidas por la norma NTE INEN 2169:2013: Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y Conservación de la Muestra.

Se ejecutó la toma de muestras simple en todas las cinco estaciones de monitoreo establecido, debido a que las condiciones en los puntos de muestreo son constantes en el espacio y en el tiempo, representando así las condiciones de la corriente en el momento de la toma de muestra.

Se realizó el monitoreo con un total de 15 muestras; la frecuencia de muestreo fue una vez cada mes, (marzo, mayo y junio), una muestra por cada estación. Las muestras fueron tomadas en la mitad del río, a contra corriente y a 5cm de profundidad.

Se utilizaros tres tipos de frasco para la obtención de la muestra. Los recipientes de polietileno se utilizaron para los siguientes parámetros: nitratos, fosfatos, demanda bioquímica de oxígeno, turbidez, potencial de hidrogeno, sólidos disueltos totales; tomando un volumen de 1000ml. Para el caso de oxígeno disuelto se utilizó el frasco de Wheaton; recolectando un volumen de muestra

de 250ml; para evitar la contaminación de este frasco de Wheaton se sumergió en el fondo del río con su tapa y fue abierta una vez introducido en el agua, después se la cerró evitando que queden burbujas de aire; finalmente para los Coliformes fecales se utilizó envases esterilizados de plástico de alta densidad con un volumen de 150ml. (Ver, Anexo D).

Antes de la toma de muestra, todos los envases fueron enjuagados tres veces con el agua del río a monitorear; desechando tales enjuagues y llenado completamente. Estos envases fueron etiquetados (Ver, Anexo C), en la parte externa del frasco. Para los parámetros de temperatura y pH, fueron medidas in situ con el equipo Multiparámetro

b. Conservación y transporte de la muestra

Una vez obtenido la muestra debidamente etiquetada se procedió a preservar adecuadamente en cajas térmica portátil, sin ingreso de luz, y con hielo seco para mantener a altas temperaturas la muestra. Rápidamente se procedió a transportar la muestra hasta la ciudad de Riobamba para sus respectivos análisis.

2.2.2. Metodología para el análisis de laboratorio

a. Descripción del trabajo de laboratorio de macroinvertebrados bentónico

Las muestras fueron colocadas en un espacio determinado y seguro donde no pueden ser derramadas; se procedió a vaciar el contenido de la muestra en una bandeja blanca y examinar minuciosamente para poder repartir la muestra entre diferentes placas de Petri.

Para una mayor visualización de las características importantes de los macroinvertebrados, cada placa de Petri fue llevada al Estereoscopio; y con la ayuda de las claves dicotómicas para determinar los principales grupos de macroinvertebrados; se agrupo los individuos que se parecen entre sí; e identificó a que grupo pertenecen y cuantos individuos tiene cada grupo (Ver, Anexo E) (Roldán-Pérez, 2016).

b. Descripción de los análisis de los parámetros fisicoquímicos

Los análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, se realizaron en el Laboratorio de Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos, que se encuentra ubicado en la ciudad de Riobamba. Estos parámetros son: Coliformes Fecales, potencial de hidrógeno, demanda

bioquímica de oxígeno, nitratos, fosfatos, cambio de temperatura, turbidez, sólidos disueltos totales y oxígeno disuelto (Roldán-Pérez, 2016). (Ver, Anexo F)

2.3. Cálculo para la determinación del índice de la calidad de agua

Para la determinación de los índices de calidad de agua (ICA-NFS, BMWP/Col, ETP), se hizo un análisis de cada una de las estaciones de monitoreo y para cada campaña. Sus valores se presentan gráficamente, para un mayor entendimiento de los datos obtenidos.

2.3.1. Índice de calidad de agua (ICA- NFS)

El índice de calidad de agua desarrollado por la Fundación Nacional de Sanidad de los EEUU. (ICA-NFS), emplea una ponderación 0 a 100 puntos distribuidas a los nueve parámetros (Ver, Tabla 4-2).

Tabla 4-2: Pesos relativos para cada parámetro del “ICA - NFS”

Parámetro	Unidades	Wi
Coliformes fecales	NMP/100ml	0.15
Ph	Unidades de pH	0.12
DBO ₅	mg/l	0.10
Nitratos	mg/l	0.10
Fosfatos	mg/l	0.10
Cambio de temperatura	°C	0.10
Turbidez	FAU	0.08
Sólidos disueltos totales	mg/l	0.08
Oxígeno disuelto	% Saturación	0.17

Fuente: Brown R.M., 1970

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

Para calcular el valor de este índice, es necesario tener los valores de las mediciones de los nueve parámetros implicados en cálculo del índice. Se utilizará el método aditivo que consiste en la suma de los productos resultantes entre los subíndices de cada parámetro de calidad y los pesos o porcentajes asignados a cada parámetro (Brown R. M., 1970).

Ecuación 6

$$ICA_a = \sum_{i=1}^n I_i W_i$$

Donde:

ICA_a: Índice de Calidad aditivo

i: cada uno de los parámetros de calidad elegidos

Ii: subíndice del parámetro i; (se encuentra entre 0 y 100)

Wi: pesos relativos asignados a cada parámetro (Ii), y ponderados entre 0 y 100, de tal forma que la sumatoria de igual a 100.

Cada parámetro posee una curva estandarizada que relaciona la concentración o nivel del mismo. A partir del valor del parámetro (i) se puede obtener el valor del subíndice correspondiente (Ii), obteniendo una curva donde en el eje de las abscisas se ubican varios niveles de la variable en particular y en el eje de las ordenadas los niveles de calidad del agua o valor del subíndice, el cual se encuentra entre 0 y 100. Siendo la calificación de 100 la que proporciona la concentración más favorable para la conservación de flora y fauna (Brown & Barnwell, 1987). Finalmente se tiene el valor del ICA-NFS y se determina la calidad del agua basándose en los valores de la tabla 5-2, (Roldán-Pérez, 2016, p. 58).

Tabla 5-2: Valores ICA-NFS

ICA	Color	Criterio General	Calidad de Agua
91-100	Celeste	Excelente calidad	El agua en este rango está considerada de excelente calidad, teniendo una alta diversidad en la vida acuática. Además, el agua sería segura para todas las formas de contacto directo con ella, se encuentra pura en la naturaleza, sin ningún agente contaminante que altere y no requiere purificación
71-90	Verde	Buena calidad	El agua en este rango, está considerada como buena calidad, pero para su consumo requiere purificación menor ya que puede encontrarse algún agente contaminante.
51-70	Amarillo	Mediana calidad	En este rango el agua es de mediana calidad, generalmente presenta menor diversidad de organismos acuáticos y han aumentado con frecuencia el crecimiento de algas. Se trata de un agua contaminada por diversos agentes, para consumo humano necesita de tratamiento potabilizador.
26-50	Naranja	Mala calidad	En este rango el agua es de mala calidad, es inaceptable para su consumo y requiere tratamiento
0-25	Rojo	Pésima calidad	El agua que se encuentra en este rango, es considerada pésima, es inaceptable para consumo humano y cualquier clase de contacto

Fuente: Brown R.M., 1970

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

2.3.2. Índice BMWP/Col

Mediante el uso de la matriz de identificación (Ver, Anexo G), se clasifica de acuerdo a su familia, cada familia posee un grado de sensibilidad de 1 al 10 (Ver, Tabla 2-6). El diez indica el grupo

más sensible a los contaminantes y el grupo que tiene una sensibilidad de uno, tiene mayor tolerancia a los contaminantes (Roldán, 2012).

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 (Ver, Tabla 2-7).

Tabla 6-2: Sensibilidad de los macroinvertebrados bentónicos para el índice BMWP/Col.

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

Fuente: (Roldan, 2012).

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

Tabla 7-2: Valores BMWP/Col

Clase	Calidad	BMWP/Col	Significado	Color
I	Buena	>150101-120	Aguas muy limpias a limpias	Azul
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Critica	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy crítica	<15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: Roldán, 2012

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

2.3.3. Índice ETP

Este índice relaciona la abundancia de grupos indicadores de buena calidad de agua, basándose en tres órdenes de macroinvertebrados (Ephemeroptera, Trichoptera, Plecóptera) que indican la calidad de agua, debido a que estas familias son más sensibles a la contaminación (Carrera & Fierro, 2001).

Para calcular el porcentaje de ETP, se construye una tabla de tres columnas, en la primera se ubica la clasificación de los organismos, en la segunda la abundancia de cada organismo (es decir la cantidad total encontrada) y en la última columna el número de ETP presentes. Luego se divide ETP presentes para la abundancia total, y se multiplica por cien para obtener en porcentaje.

Fórmula

Ecuación 7

$$ETP = \frac{ETP_{Total}}{Abundancia_{Total}} * 100$$

Tabla 8-2: Valores de referencia del índice ETP

Valor	Características	Calidad del agua	Color
75-100%	Sin impacto	Muy buena	Blue
50-74%	Levemente impactado	Buena	Green
25-49%	Moderadamente impactado	Regular	Yellow
0-24%	Severamente impactado	Mala	Red

Fuente: (Moya, et al., 2011)

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

2.4. Propuesta de mitigación

Una vez obtenida la información sobre la calidad del agua de los puntos de muestreo del “Río Quebrada” se identificará los puntos que presenten una menor calidad de agua, y se propondrá una solución.

CAPÍTULO III

3. Marco de Resultados, Discusión y análisis

3.1. Metodología para la selección de los puntos de muestreo

3.1.1. Descripción de los factores climáticos de la microcuenca del Río Quebrada

a. Clima

La parroquia San Isidro, tiene dos tipos de clima según Holdridge y Pourrut. Muy Húmedo Subtropical, debido a que la región se encuentra entre altitudes de 250 a 1800 msnm, recibiendo una precipitación promedio anual entre 2000 y 3000 milímetros. Estableciendo que el número de meses ecológicamente secos varía de 1 a 5 meses, dentro de este período, el número de días fisiológicamente secos oscila entre 10 y 68 días y la región Húmedo Subtropical se encuentra desde los 300 hasta aproximadamente los 1900 msnm, con una temperatura media anual entre 16 y 18 °C, recibiendo precipitaciones promedias anuales entre 1200 y 2000mm.

b. Temperatura

Según el MAGAP-SEMPLADES-SIN, la parroquia en estudio se han identificado 3 rangos que van desde 16°C hasta los 22°C, determinando que el 68,84% del territorio se encuentra en un rango de temperatura de 18-20 °C que corresponde a la parte central de la parroquia abarcando la cabecera parroquial de San Isidro, comunidad el Edén y el valle de la Cordillera Yungallí ; el 26,42% del territorio se encuentra en un rango de temperatura de 16-18 °C ubicando al Oeste del centro parroquial al límite con la parroquia 9 de Octubre y el 4,76% del territorio Corresponde a un rango de temperatura de 20-22 °C área ubicada en la parte este en dirección del Río Upano y límite con la Parroquia Sevilla Don Bosco

c. Precipitación

En esta zona las precipitaciones son elevadas y se producen durante la mayor parte del año, contando con breves períodos de verano repartidos indistintamente durante el año, siendo el área

con mayores precipitaciones el sector de la cordillera Domono Alto, Río Upano y la Comunidad el Edén.

3.1.2. Geomorfología de la microcuenca

a. Descripción geomorfológica de la microcuenca del Río Quebrada

De manera general, se han reconocido dos formas principales de la geomorfología del área de estudio, que corresponden a: valles en forma de “v” y un valle en forma de planicie, (Ver, Figura 1-3), los valles en forma de “v” son valles fluviales que se forman por la erosión de los cauces de los ríos, generando dos pendientes a los lados del cauce principal; El valle en la planicie se forma por la erosión de las montañas que se encuentran a su alrededor, observándose que el valle presenta una reducida pendiente del terreno.



Figura 1-3: Formas de la geomorfología del área de estudio

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

La micro-cuenca del río Quebrada está constituido por terrenos comprendidos entre cotas que van desde los 1120 a los 2100 m.s.n.m. (Ver, Figura 2-3). Caracterizado por un relieve accidentado y montañoso a su alrededor, en su parte baja se forma un valle donde se forma la micro-cuenca del río quebrada y según el ciclo de denudación de Davis se considera como un relieve en una etapa joven.

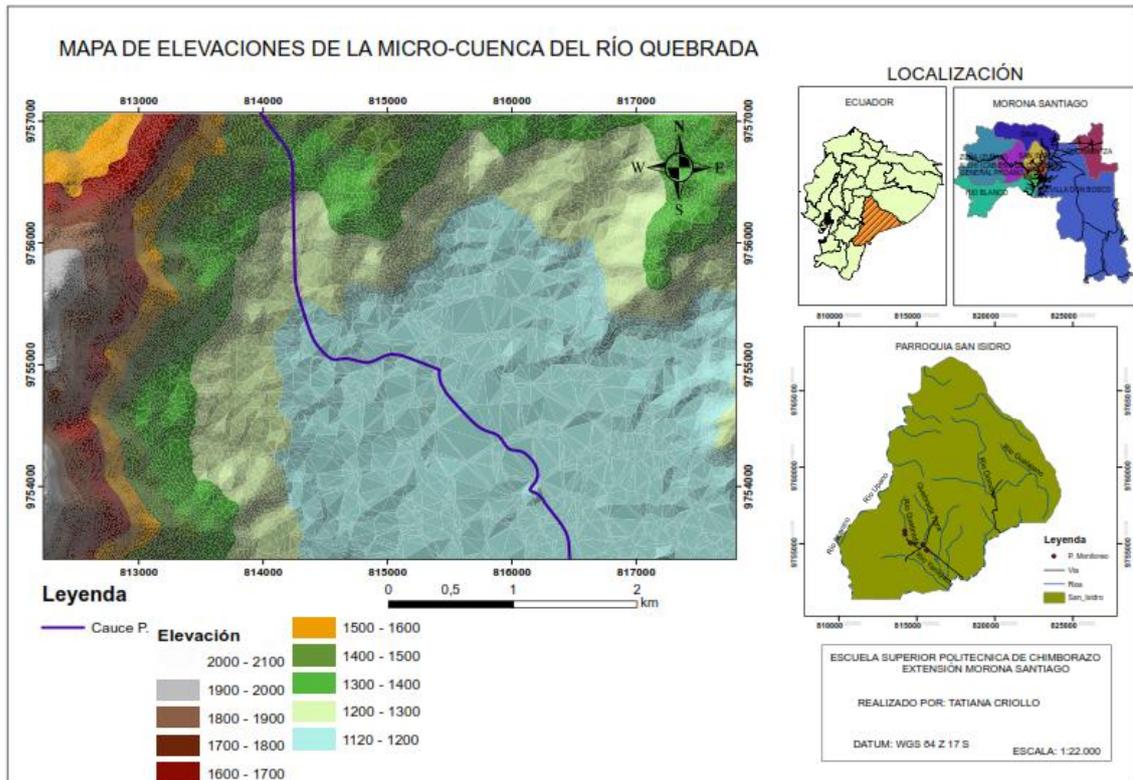


Figura 2-3: Mapa de elevaciones del área de estudio

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

En la siguiente imagen (Ver, Figura 3-3) se puede observar un mapa en 3D de la micro cuenca del río Quebrada donde se puede ver que la cuenca está rodeada por valles fluviales que se han generado por la escorrentía de las aguas de precipitación.

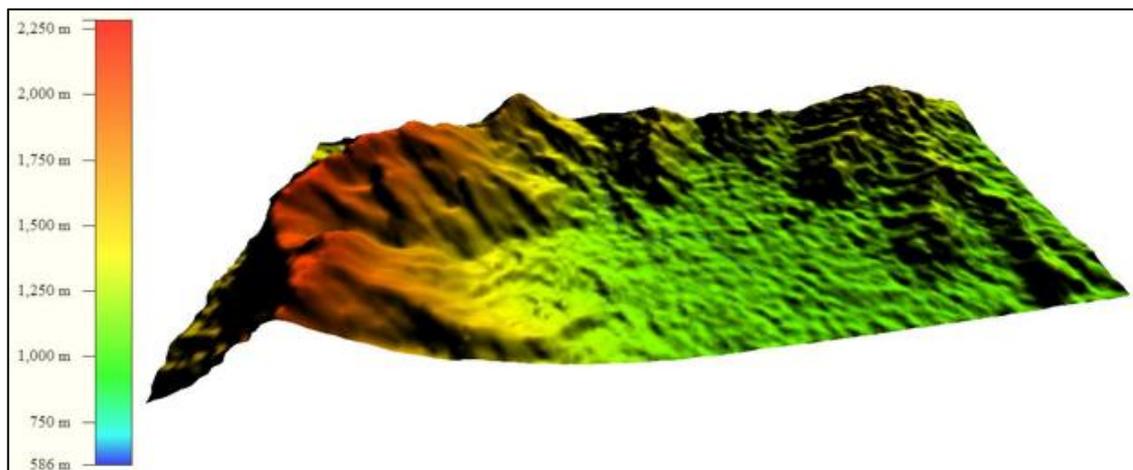


Figura 3-3: Mapa de elevaciones del área de estudio.

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

Las corrientes tributarias que alimentan el cauce principal (río Quebrada) forman un tipo de red de drenaje dendrítico, constituyéndose así la micro-cuenca del río Quebrada (Ver, Figura 4-3).

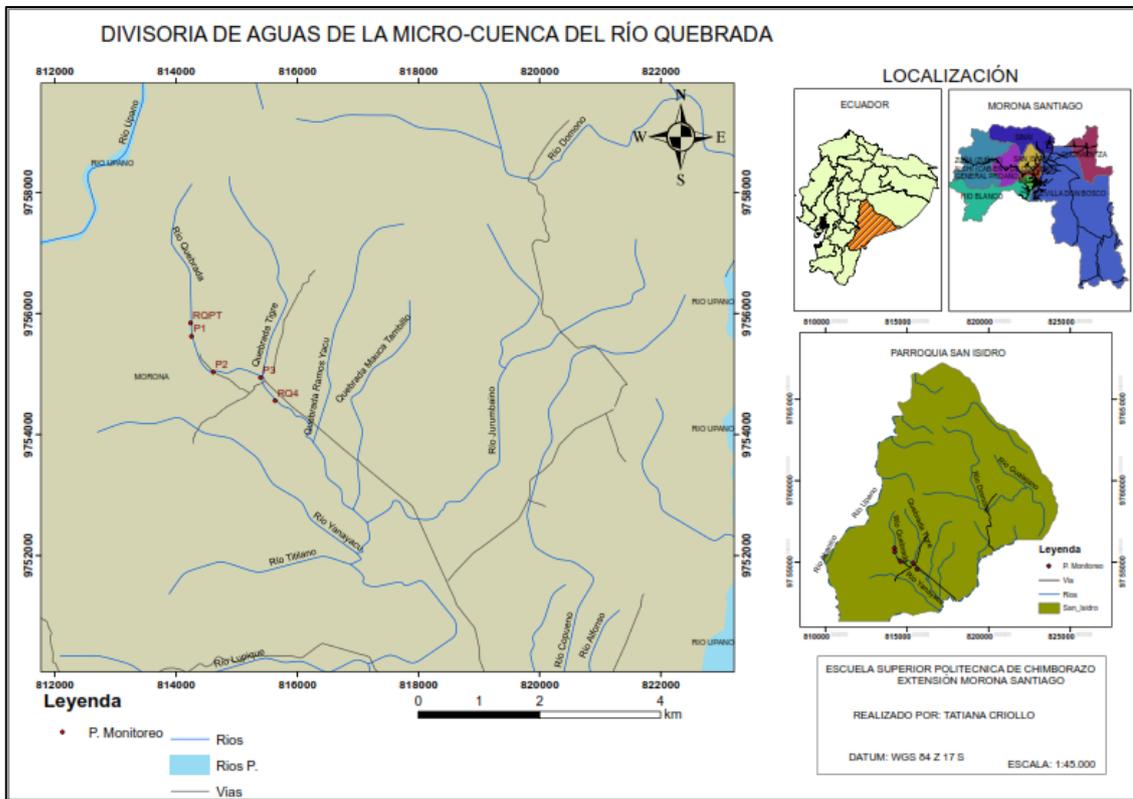


Figura 4-3: Micro-cuenca del río quebrada.

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

b. Delimitación de la cuenca hidrográfica

El área de la cuenca Hidrográfica, es la superficie de terreno en donde concurren las aguas de las precipitaciones a un mismo punto de evacuación, a través de los cauces secundarios o quebradas, tales como: La quebrada Tigre, quebrada Ramos Yacu, quebrada Mauca Tambillo, Río Titilano y Río Yanayacu, mismos que se unen al río principal Quebrada.

Dichas aguas son de escorrentía superficial, que se desplazan de los puntos de mayor elevación hacia los puntos más bajos por efecto de la gravedad. La delimitación de la microcuenca del río Quebrada está limitada por la divisoria de aguas, misma que separa las pendientes opuestas de las montañas que se encuentran alrededor del valle, permitiendo así la fluencia de las aguas de escorrentía (Ver, Figura 5-3).

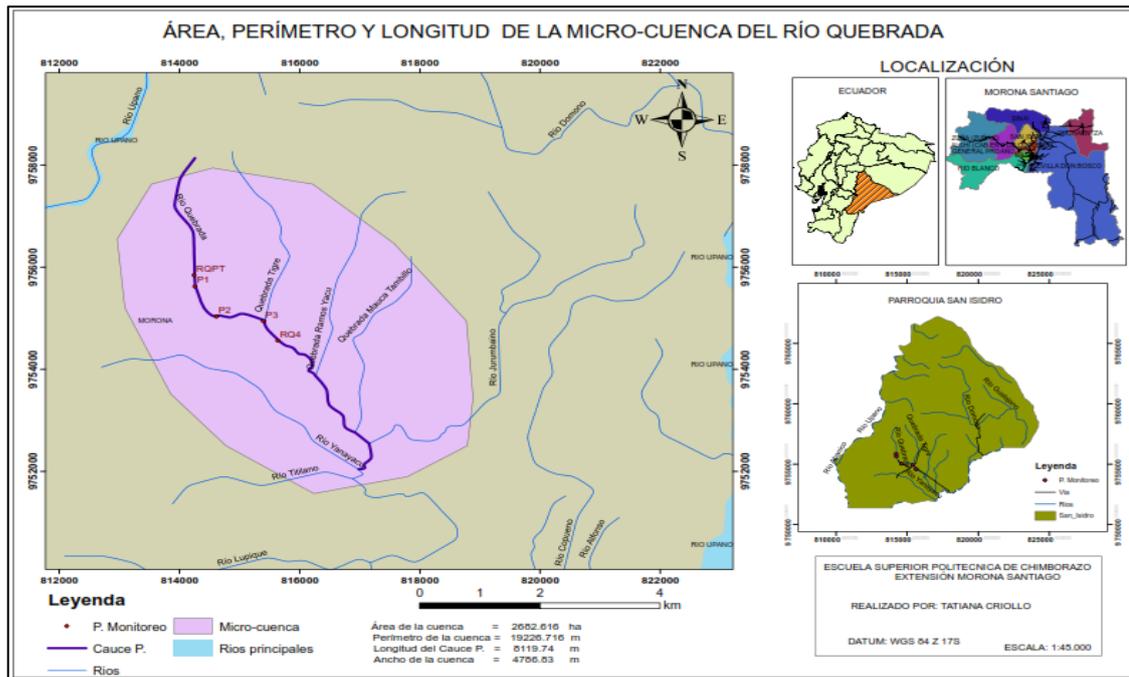


Figura 5-3: Divisoria de aguas de la micro-cuenca del río quebrada.

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

c. Componentes de la microcuenca del río Quebrada

El área de la microcuenca del río Quebrada es 2682.616 ha; teniendo una longitud del cauce principal 8119.74 m; presentando un perímetro de 19226.716 m y un ancho de 4786.83 m; finalmente la microcuenca presenta una forma tipo dendrítico.

3.1.3. Caudal

Para la determinación del caudal, se utilizó el método del molinete, durante los tres meses (marzo, mayo y junio) de monitoreo en el tramo de la microcuenca del río Quebrada; Los cálculos expuestos a continuación servirán como referencia de cómo se obtuvo el caudal en cada estación y campaña de monitoreo; utilizando como ejemplo la "Estación RQP3", correspondiente al mes de marzo del 2018.

- Medición de la sección transversal del río Quebrada

El ancho de la estación RQP3 es de 5.3 [m]; se dividió el ancho del trayecto para el aforo en 3 secciones. La primera subsección (A_{n1}) fue tomada desde el borde de la ribera del río Quebrada a 1.7 [m] en dirección hacia el centro del río, la segunda subsección (A_{n2}) fue a 1.7 [m] más allá de la primera y la tercera subsección (A_{n3}) fue a 1.7 [m] de la segunda.

$$An_1 = 1.7 \text{ [m]}$$

$$An_2 = 1.7 \text{ [m]}$$

$$An_3 = 1.7 \text{ [m]}$$

Se midió la altura desde el lecho del río hasta el espejo de agua por medio de un tubo graduado dando como resultado las siguientes medidas:

$$Al_1 = 0.28 \text{ [cm]}$$

$$Al_2 = 0.37 \text{ [cm]}$$

$$Al_3 = 0.19 \text{ [cm]}$$

- Cálculo del área del río Quebrada

Se calcula, en base a la ecuación E.c. 2, citada en el segundo capítulo.

$$A = \left(\frac{(Al_0 + Al_1 + \dots + Al_{num})}{num} \right) \times \left(\frac{(An_0 + n + \dots + An_{num})}{num} \right) [m^2]$$

$$A = \left(\frac{(0.28 + 0.37 + 0.19)}{3} \right) \times \left(\frac{(1.7 + 1.7 + 1.7)}{3} \right) [m^2]$$

$$A = \left(\frac{0.84}{3} \right) \times \left(\frac{5.1}{3} \right) [m^2]$$

$$A = (0.28) \times (1.7) [m^2]$$

$$A = 0.48 [m^2]$$

- Cálculo de la velocidad del agua

El molinete fue ubicado en el mismo punto donde se tomó la información del tirante, permaneciendo sumergido durante 30 [s], y se procedió a realizar las mediciones de la velocidad del agua, proceso que se lo repitió 3 veces en cada subsección, la profundidad del molinete fue de acuerdo a la Tabla 2-2; obteniendo los siguientes datos:

Tabla 1-3: Estación RQP3 mes de marzo.

Estación RQP3 mes de marzo				
Subsección	Primeros 30 [s]	Segundos 30 [s]	Terceros 30 [s]	Promedio
Subsección 1	77	75	73	75
Subsección 2	158	158	156	157.33
Subsección 3	62	64	66	66

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

El valor de n se obtiene mediante la ecuación Ecuación 3, utilizando el promedio de las revoluciones calculadas en cada subsección $n = \text{rev}/(30[\text{s}])$.

Subsección 1:

$$n = \frac{75}{30[\text{s}]}$$
$$n = 2.50$$

Subsección 2:

$$n = \frac{157.33}{30[\text{s}]}$$
$$n = 5.24$$

Subsección 3:

$$n = \frac{66}{30[\text{s}]}$$
$$n = 2.13$$

Para encontrar el valor de la velocidad en cada subsección, se relaciona el valor de n, con la ecuación que corresponda.

Subsección 1:

$$1.34 < n < 3.95$$
$$1.34 < 2.50 < 3.95$$

Entonces:

$$v_{s1} = 0.0168 + 0.2487 * n_1$$
$$v_{s1} = 0.0168 + 0.2487 * 2.50$$
$$v_{s1} = 0.64$$

Subsección 2:

$$3.95 < n < 10$$
$$3.95 < 5.24 < 10$$

Entonces

$$V_{s2} = -0.0069 + 0.2547 * n$$
$$V_{s2} = -0.0069 + 0.2547 * 5.24$$
$$V_{s2} = 1.33$$

Subsección 3:

$$1.34 < n < 3.95$$
$$1.34 < 2.13 < 3.95$$

Entonces:

$$v_{s3} = 0.0168 + 0.2487 * n_1$$

$$v_{s3} = 0,0168 + 0,2487 * 2.13$$

$$v_{s3} = 0.55$$

Mediante la ecuación E.c. 4, se obtendrá la velocidad (v)

$$v = \frac{v_{s0} + v_{s1} + \dots + v_{s_{num}}}{num} \quad v = \frac{0.64 + 1.33 + 0.55}{3} \quad v = 0.84[m/s]$$

- Determinación del factor de corrección

Según la Tabla 2-3, la estación RQP3 del tramo del río Quebrada, pertenece a la clasificación de Arroyo rápido y turbulento, correspondiendo a un factor de corrección 0.45.

$$C = 0.45$$

- Cálculo de caudal

Con la ecuación E.c. 5, se calcula el caudal de la estación RQP3 en el mes de marzo del 2018, obteniendo como el siguiente resultado:

$$Q = A * v * C$$

$$Q = 0.48 * 0.84 * 0.45$$

$$Q = 0.180$$

Los resultados obtenidos se presentan mediante el uso de tablas y figuras, que permiten visualizar de mejor manera la variabilidad del caudal del Río Quebrada. Se obtuvieron los valores promedios del caudal en cada estación del tramo del río en estudio, durante todas las campañas de monitoreo. (Ver en la Tabla 1-3)

Tabla 2-3: Caudales medidos en el tramo del río Quebradas por estaciones y campañas de muestreo

CAUDAL (m ³ /s)					
Mes de Monitoreo	RQPT	RQP1	RQP2	RQP3	RQP4
Marzo	0,044	0,017	0,055	0,180	0,095
Mayo	0,075	0,028	0,091	0,196	0,101
Junio	0,115	0,043	0,198	0,286	0,129
Promedio	0,08	0,03	0,11	0,22	0,11
TOTAL	0.11 m ³ /s				

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

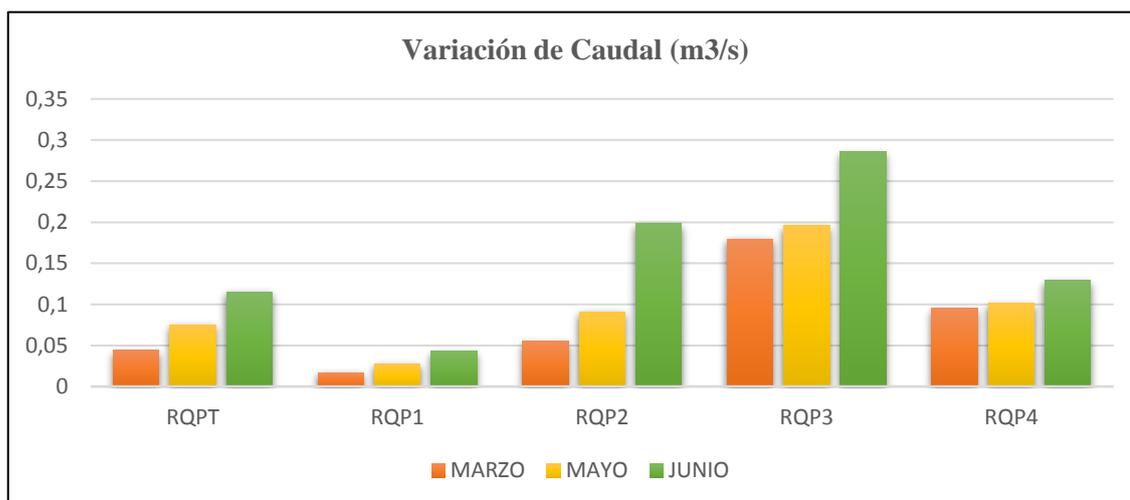


Gráfico 1-3: Variación de los caudales durante las campañas de monitoreo

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

En el gráfico 1-3, se presenta el nivel del caudal en cada estación con relación a las campañas de muestreo. En el mes de junio se evidencia los valores más altos de caudales con referencia a los meses de marzo y mayo, es importante mencionar que en la estación cuatro (RQP3) presenta un mayor nivel de caudal con un promedio es de 0.286 [m³/s].

3.2. Resultados de la identificación de macroinvertebrados bentónicos y Análisis de los parámetros Físicoquímicos

3.2.1. Abundancia de macroinvertebrados bentónicos encontrados en el tramo del río Quebrado (Sector captación de agua – la unión)

En el presente estudio, se ejecutaron 3 muestreos, en cada una de las estaciones de monitoreo (RQPT, RQP₁, RQP₂, RQP₃, RQP₄), dispuestos a lo largo del tramo en estudio, se recolectaron un total de 3821 especímenes, distribuidos en 12 órdenes y 39 familias. De las familias encontradas las especies más abundante dentro de todo el estudio fueron: Leptophlebiidae con 1309 especímenes, que equivale al 33.53% de la abundancia total, seguido de la familia de Baetidae, Leptohyphidae, Chironomidae, Elmidae, cuyos porcentajes oscilan entre el 15.55%, 7.62%, 3.48% y 2.38% respectivamente, tal como se detalla en la Tabla 3-3. (Ver, Anexo H). A nivel de abundancia, no existe mucha diferencia entre las estaciones.

La familia Leptophlebiidae, se caracteriza por vivir encima o debajo de rocas y piedras de ríos con aguas muy oxigenadas; pueden desplazarse a lo largo de la columna de agua, por tener la capacidad de ser buenos nadadores.

Tabla 3-3: Abundancia total de las diferentes familias de macroinvertebrados

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LOS MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS		Cantidad de especímenes en marzo	Cantidad de especímenes en mayo	Cantidad de especímenes en junio	Cantidad total de especímenes	Porcentaje de la Abundancia
ORDEN	Familia					
Annelida	Hirudinea	7	27	42	76	1,99
	Oligochaeta	5	17	22	44	1,15
Coleoptera	Scirtidae	0	57	40	97	2,54
	Dryopidae	0	27	18	45	1,18
	Elmidae	16	42	33	91	2,38
	Hidrophilidae	0	14	26	40	1,05
	Lampyridae	10	1	0	11	0,29
	Psephenidae	6	2	5	13	0,34
	Ptilodactylidae	5	5	2	12	0,31
Decapoda	Palaemonidae	0	1	0	1	0,03
Diptera	Lymnessiidae	1	1	1	3	0,08
	Chironomidae	32	75	26	133	3,48
	Psychodidae	3	6	0	9	0,24
	Ceratopogonidae	10	16	39	65	1,70
	Tipulidae	9	18	54	81	2,12
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	262	476	543	1281	33,53
	Baetidae	150	210	234	594	15,55
	Leptohyphidae	66	111	114	291	7,62
	Caenida	21	24	32	77	2,02
	Oligoneuriidae	4	11	24	39	1,02
Gastropoda	Ampullaridae	0	2	0	2	0,05
Hemiptera	Corixidae	0	2	0	2	0,05
	Belostomatidae	0	0	3	3	0,08
Megalóptera	Corydalidae	1	3	5	9	0,24
	Sialidae	6	10	0	16	0,42
Odonata	Aeshnidae	5	12	10	27	0,71
	Ptilodactylidae	10	5	1	16	0,42
	Gomphidae	9	7	3	19	0,50
	Libellulidae	25	24	28	77	2,02
	Megapodagrionidae	0	2	5	7	0,18
	Polythoridae	1	4	3	8	0,21
Plecoptera	Perlidae	4	3	18	25	0,65
Platyhelminthes	Planariidae	2	3	17	22	0,58
Trichoptera	Calamoceratidae	25	44	43	112	2,93
	Hydropsychidae	28	29	43	100	2,62
	Hydrobiosidae	23	36	61	120	3,14
	Philopotamidae	26	17	45	88	2,30
	Leptoceridae	34	18	74	126	3,30
	Polycentropodidae	0	23	16	39	1,02
Total		806	1385	1630	3821	100

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

La Baetidae y Leptohyphidae, viven en diferentes tipos de hábitats como: fondos arenosos y pedregosos del río, acumulación de vegetales tanto en la superficie como sumergidos en el agua y algunos individuos pueden tolerar ciertos grados de contaminación de agua. La familia Elmidae, viven en aguas torrentosas, específicamente bajo las rocas, dentro o fuera de las raíces, se localizan en aguas poco profundas y presenta una sensibilidad a condiciones de turbidez. Los Chironomidae tiende a localizarse en casi todo el sistema acuático e incluso en aguas contaminadas, con relativa abundancia, debido a su capacidad de aprovechar el recurso alimenticio (Piaz and Reyes, 2017, pp. 86–126).

Los valores de abundancia del Gráfico 2-3, indica que en el mes de junio se recolectó la mayor cantidad de especímenes con un total de 1630 macroinvertebrados; la estación RQP₂ registró la mayor abundancia, con 402 especímenes. En contraste, la abundancia más baja fue de 69 especímenes en la estación RQPT₄ correspondiente al mes de marzo.

A nivel de abundancia, no existe mucha diferencia entre las estaciones. Esto posiblemente se deba a que, este tramo en estudio, presenta factores climáticos similares, vegetación ribereña, a excepción de la estación RQP₄, que presentó un valor de abundancia total de 484 especímenes, debido a que en este punto se evidenció una reducción de la vegetación ribereña y aumento de actividades ganaderas como de la agricultura.

La vegetación ribereña, realiza un papel importante en la reproducción y supervivencia de los macroinvertebrados; al retardar y reducir la escorrentía superficial, utilizar el exceso de nutrientes, absorber los contaminantes que se desprende del suelo por deforestación o cambio del uso del suelo (Gonzales G. et al., 2012, p. 6).

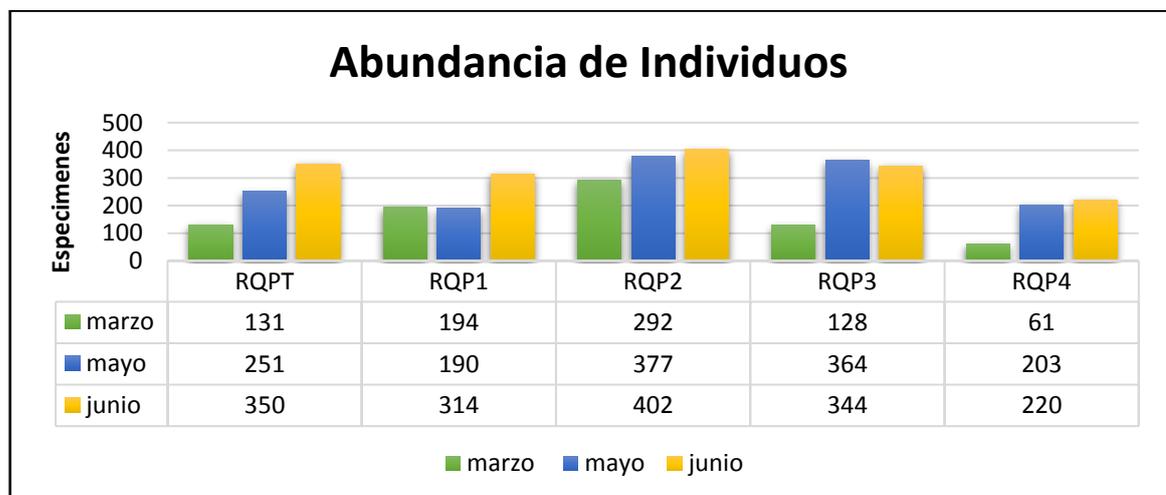


Gráfico 2-3: Abundancia de individuos en las campañas de monitoreo

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

3.2.2. Análisis de los parámetros fisicoquímicos en el tramo del río Quebrado (Sector captación de agua – la unión)

- Oxígeno Disuelto

El oxígeno disuelto es un parámetro importante en el medio acuático, ya que da las condiciones adecuadas para que exista el crecimiento y reproducción normal de los organismos acuáticos; los malos olores del recurso hídrico está relacionado con bajas concentraciones de OD y su ausencia indica que el sistema se encuentra en condiciones anaeróbicas (Sierra Ramírez, 2011, p. 119).

El Gráfico 3-3, se indica los niveles de concentración de oxígeno disuelto, en las cinco estaciones de muestreo; durante el periodo de monitoreo específicamente en el mes de marzo los valores están entre 7.23 y 7.97 mg/l mientras que en el mes de mayo los valores están entre 7.64 y 8.30 mg/l. finalmente, en el mes de junio los valores están entre 7.97 y 8.25 mg/l. se observa que en los meses de mayo y junio las estaciones de muestreo presentan valores mayores de oxígeno disuelto en relación con el mes de marzo, esto se debe al aumento del caudal, produciendo movimientos rápidos del agua y por ende un mayor oxigenamiento del agua.

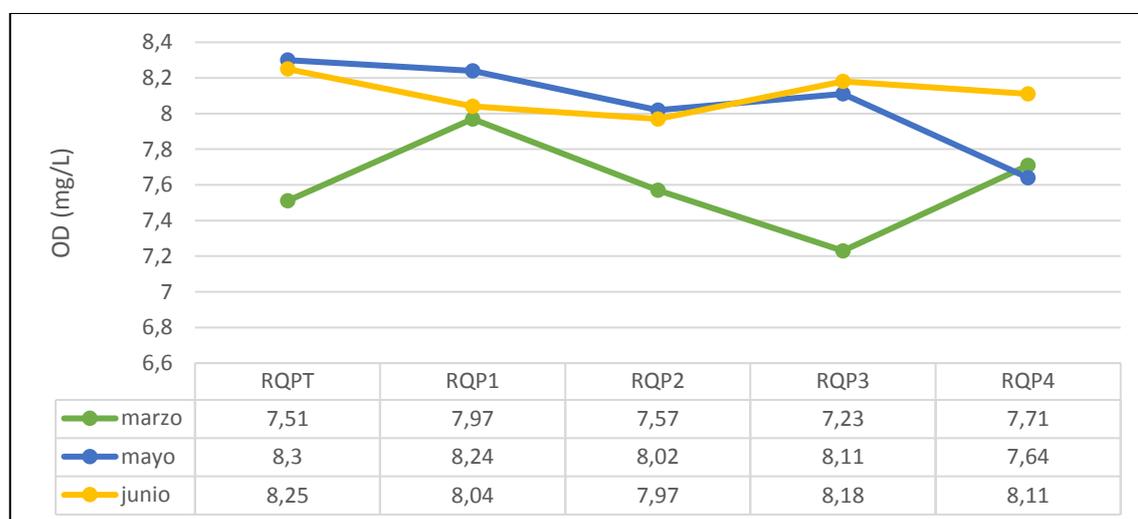


Gráfico 3-3: Variación espacial y temporal del oxígeno disuelto del Río Quebrada

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

- Coliformes Fecales

Los coliformes fecales es un indicador indirecto de contaminación por bacterias o virus, tiene la capacidad de reproducirse a temperaturas elevadas y permite determinar la existencia de bacterias fecales de origen humano o animal. Estos microorganismos tienen la capacidad de producir

enfermedades como la fiebre tifoidea, la gastroenteritis viral o bacteriana y la hepatitis A; además es un indicador de que existe descargas de aguas negras (Álvarez Carrión and Pérez Rivera, 2007, p. 50).

En el Gráfico 4-3, se indica los niveles de concentración de Coliformes fecales (*E. Coli*) presentes en el agua del tramo en estudio, Se evidencia que en la estación RQP₂ presenta los valores más altos con 4000 UFC/100 ml, esto se debe a que en esta zona existen personas que residen en el lugar y existe actividades ganaderas cerca del río. En la primera estación RQPT se observa que, durante todos los meses, la concentración de Coliformes Fecales es menor en relación a las otras estaciones. Los niveles de coliformes fecales demuestran la problemática que presenta el río a partir de la segunda estación, superando los niveles de la normativa INEN 1108 para aguas destinadas a consumo humano; comprobando que la calidad del agua disminuye según se acerca a la población o a las fincas ganaderas que se encuentran a su alrededor.

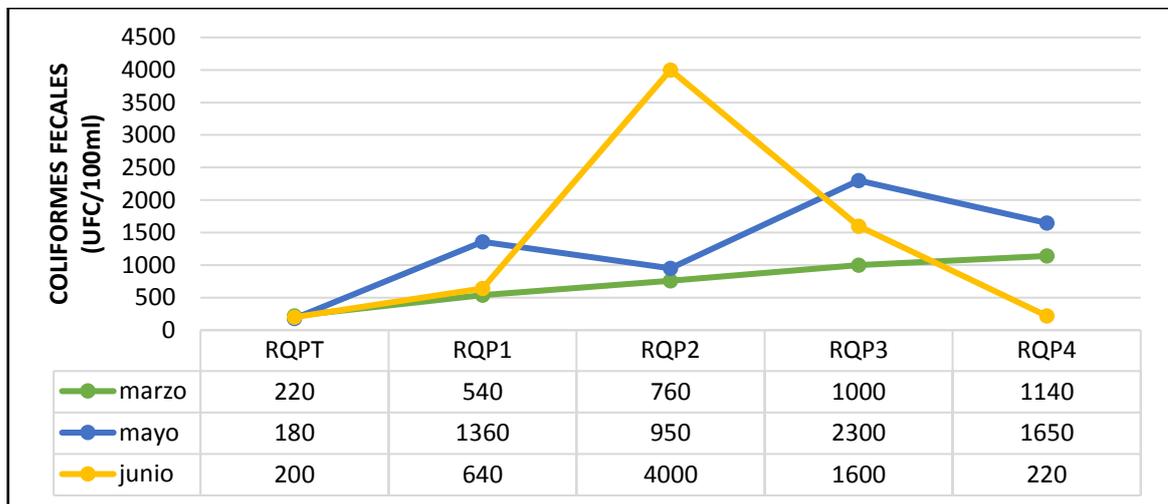


Gráfico 4-3: Variación espacial y temporal de Coliformes fecales del Río Quebrada

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

- pH

El pH, depende del balance entre el dióxido de carbono, carbonato y bicarbonato, iones que siempre están presentes en las aguas naturales; gran parte de los procesos que se dan en las aguas naturales dependen de este parámetro; los peces de agua dulce o los invertebrados viven en aguas que tiene un rango de pH de 6 a 9. La problemática se basa en los valores altos o bajos de pH que originan cambios en la fauna y en la flora del medio acuático y pueden romper el balance de los compuestos químicos del agua e incrementando la toxicidad del agua (Álvarez Carrión and Pérez Rivera, 2007, p. 46).

En la gráfica 5-3 se muestra los niveles determinados de pH en el río Quebrada, en el mes de marzo los valores están entre 7.09 y 7.18; en el mes de mayo los valores se encuentran en un rango de 7.03 y 7.20 y en el mes junio los valores están entre 7.05 y 7.28. De manera general se puede describir que dichos rangos se encuentran en condiciones normales para la conservación de la biota acuática, en todo el periodo de muestreo no presentan grandes variaciones entre sí, esto puede deberse a las altas precipitaciones, lo que permite la dilución de los compuestos provenientes de las descargas de aguas residuales y otras actividades antropogénicas como la agricultura.

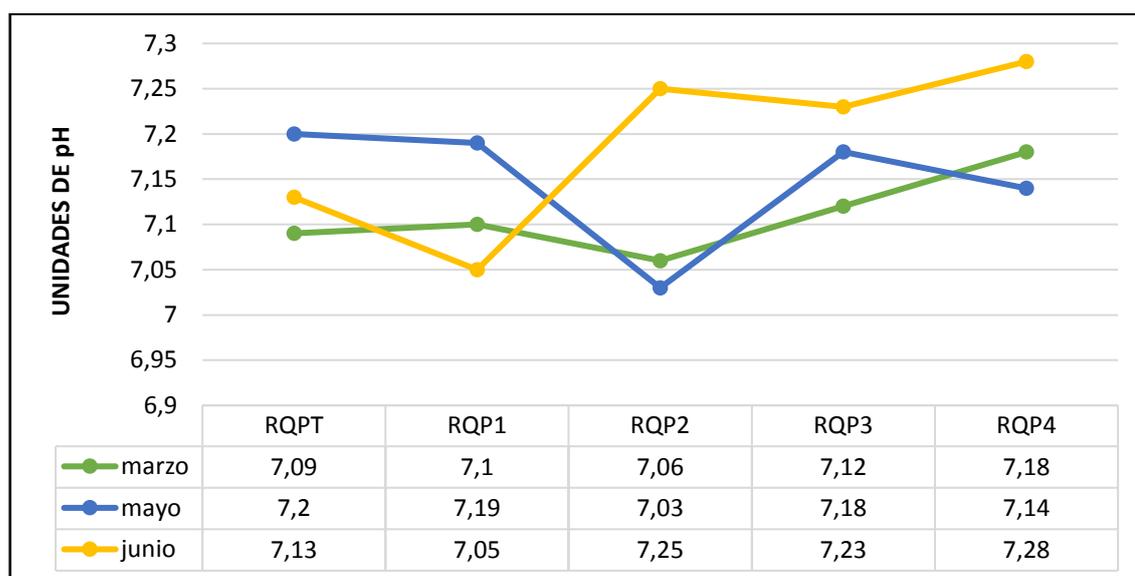


Gráfico 5-3: Variación espacial y temporal del pH del Río Quebrada

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

- Demanda Bioquímica de Oxígeno

Parámetro de mayor importancia por la estrecha relación que tiene la cantidad de oxígeno disuelto en el agua; está compuesto por proteínas, carbohidratos y grasas. Esta materia orgánica sirve como alimento para los microorganismos; si los niveles de DBO_5 son altos, existe agotamiento del O_2 y por ende se desarrollan condiciones sépticas y mortalidad para los peces (Sierra Ramírez, 2011, p. 119).

En el Gráfico 6-3, se indica los valores de concentración de la DBO_5 , de las distintas estaciones de muestreo del tramo del río Quebrada, en el punto Uno se tiene los valores más bajos, lo que indica el agua es pura, mientras que en los otros puntos se tiene valores más altos debido a los aportes de aguas residuales domésticas en las riberas del tramo del río en estudio, teniendo un valor máximo de 7.09 en la estación RQP_2 . En el mes de junio se presentan los valores más altos en relación al mes de marzo y mayo, esto se relaciona al efecto de arrastre de materia orgánica, dado que en este mes de registro el pico más alto de precipitaciones, afectando negativamente a

los procesos de desinfección especialmente para fines de potabilización; recalando que este en recurso se encuentra el punto de captación de agua para el proceso de potabilización, mismo que es distribuido a la parroquia de San Isidro, Proaño y Macas

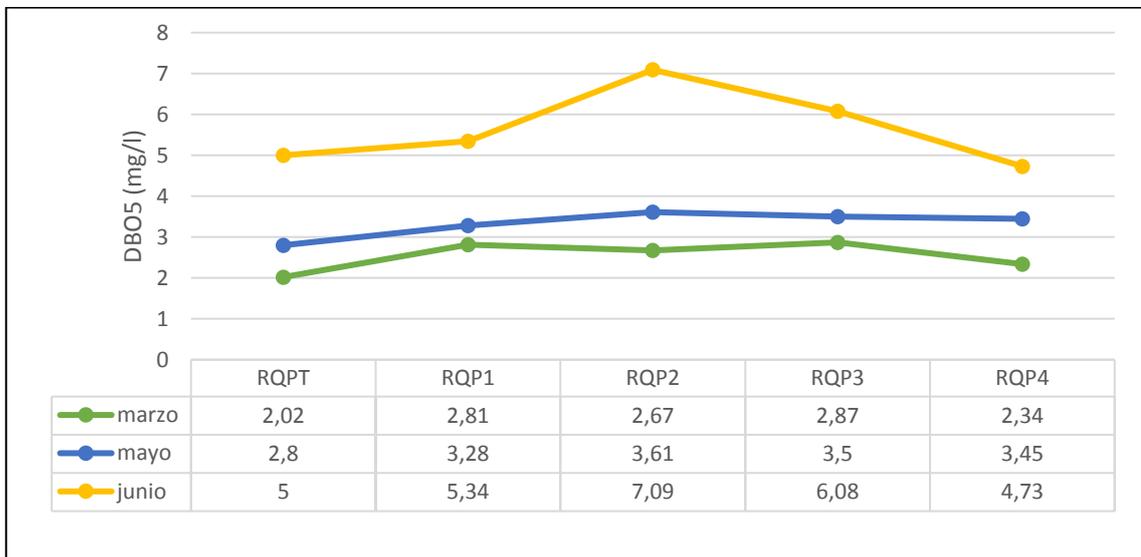


Gráfico 6-3: Variación espacial y temporal de la DBO5 del Río Quebrada

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

- Cambio de Temperatura

Las variaciones de este parámetro en un cuerpo de agua, generan cambios a los ecosistemas acuáticos, disminuyendo el O₂ por el incremento de concentraciones de sustancias disueltas en el agua, además de ello producen la aceleración de las reacciones químicas, incrementando la solubilidad de las sustancias e incrementando la actividad biológica lo que con lleva a la proliferación de organismos patógenos (Álvarez Carrión and Pérez Rivera, 2007, p. 49).

La Gráfica 7-3, indica los valores de temperatura de las estaciones de muestreo del tramo del río Quebrada durante todo el periodo de monitoreo, el cambio más alto de temperatura se presenta en la estación RQPT con 2.2 °C y el valor con menor cambio se da en el punto RQP₃ con 0.1°C en el mes de junio. Estas variaciones no son muy altas debido a que los ríos pueden presentar variaciones de temperatura por diferentes factores como: profundidad del cauce y temperatura del ambiente, la misma que influye mucho para determinar la variación de temperatura del río; además de ello no existe descargas de aguas por procesos industriales con elevadas temperaturas,



Gráfico 7-3: Variación espacial y temporal de la temperatura del Río Quebrada

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

- Fosfatos

Los fosfatos son arrastrados al cuerpo de agua por la lluvia y por descargas de aguas residuales; los compuestos que forma este nutriente son esenciales para el crecimiento de las plantas y de los animales. Una alta concentración de fosfato produce el crecimiento descontrolado de plantas y algas, por ende, la disminución de O_2 ocasionando la eutrofización y la toxicidad en los peces (Sierra Ramírez, 2011, p. 119).

En la Gráfica 8-3, se muestra los niveles de concentración de fosfatos, de las cinco estaciones establecidas, en el mes marzo los valores fluctúan entre 0.15 a 0.61mg/l, mientras que en el mes de mayo los valores oscilan entre 0.21 y 0.67 mg/l y en el mes de junio los valores están entre 0.14 y 1.97 mg/l. En la estación RQP₄, se determinó la mayor concentración de fosfato, esto se atribuye a que en esta estación la población da diferentes usos como el lavado de la ropa y por ende el vertido de detergente a la corriente; y estos detergentes están compuestos entre el 12 al 13% de fósforo en sus formulaciones; además de ello la descomposición de la materia orgánica y las actividades agrícolas y ganaderas que se dan en las riberas del río Quebrada.



Gráfico 8-3: Variación espacial y temporal de fosfatos del Río Quebrada

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

- Nitratos

El nitrógeno se encuentra en el agua en forma de nitrato, y son arrastrados al ecosistema acuático por escorrentía de tierras agrícolas, pastos, desechos de animales y descargas de aguas residuales; este compuesto actúa como nutriente a la biota acuática, pero en elevadas concentraciones produce fenómenos como la eutrofización y agotamiento de oxígeno dando como consecuencia la muerte de los organismos acuáticos; este parámetro puede causar metahemoglobinemia (color azul de la piel) en los infantes alimentados con leche preparada (Álvarez Carrión and Pérez Rivera, 2007, p. 47).

En el Gráfico 9-3, se muestra la concentración del nitrato a lo largo del tramo del río Quebrada, en las estaciones RQPT y RQP₁ se presenta la mínima concentración de nitrato con un valor de 0,4 mg/l y en las estaciones RQP₂ y RQP₄ se presentan los valores máximos de concentración de nitrato con un valor que varía entre 0,8 a 0,9 mg/l, cuyo valor se relaciona con el aumento de las concentraciones de los fosfatos explicados en el gráfico 8-3, esto puede deberse a las actividades antropogénicas que se dan en la riberas del tramo del río en estudio como: uso de detergentes, desechos de animales, escurrimiento de fertilizantes, descarga de aguas residuales.

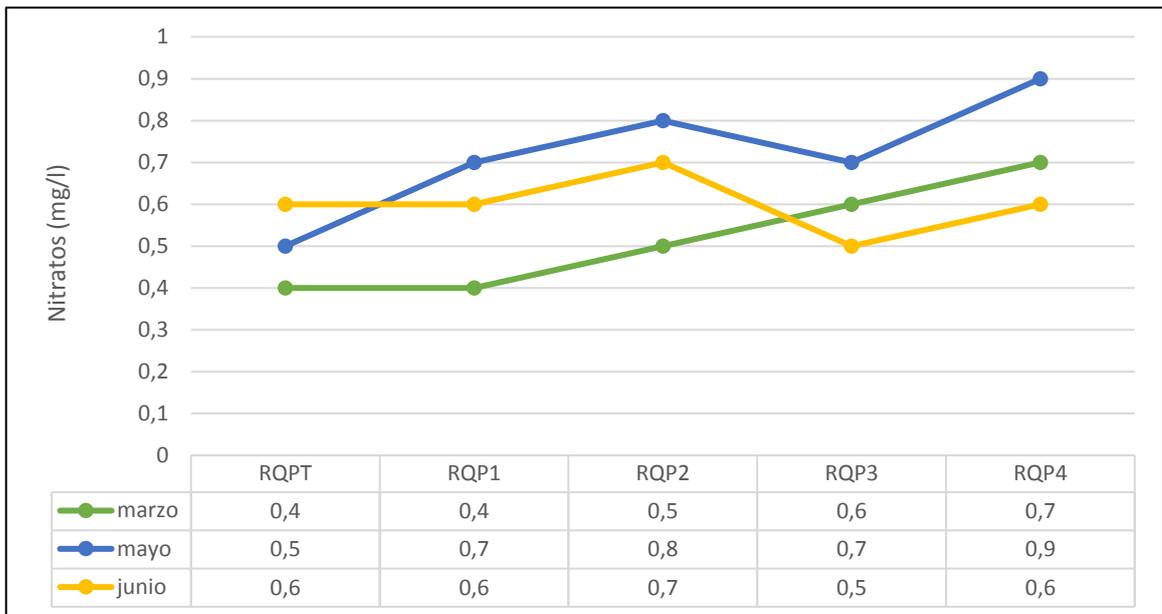


Gráfico 9-3: Variación espacial y temporal de nitratos del Río Quebrada

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

- Turbidez

La turbiedad tiene origen inorgánico (arcilla, arenas, etc.), y de origen orgánico (microorganismos, limus, etc.). En niveles altos, ocasionan aumento de temperatura del agua, debido a que las partículas suspendidas absorben el calor de la luz del sol; por lo que se reduce la producción de oxígeno por fotosíntesis, restringiendo el uso del agua en procesos de desinfección, deterioro estético del cuerpo de agua (Sierra Ramírez, 2011, p. 82).

En el Gráfico 10-3 se indica los valores de concentración de la turbidez del tramo del río Quebrada, se observa que los datos presentan pequeños rangos de variación debido a que los afluentes tienen las mismas características del río Quebrada. También se observa que el valor más alto de turbiedad se presenta en la estación RQP₃ con 2.4 NTU y en el mes de junio se presentó los valores más altos en comparación con los meses marzo y mayo esto se debe a que hubo mayor cantidad de precipitaciones, ocasionando arrastres de material suspendido y sólido; esto produjo problemas estéticos, adsorción de contaminantes y protección a bacterias patógenas.

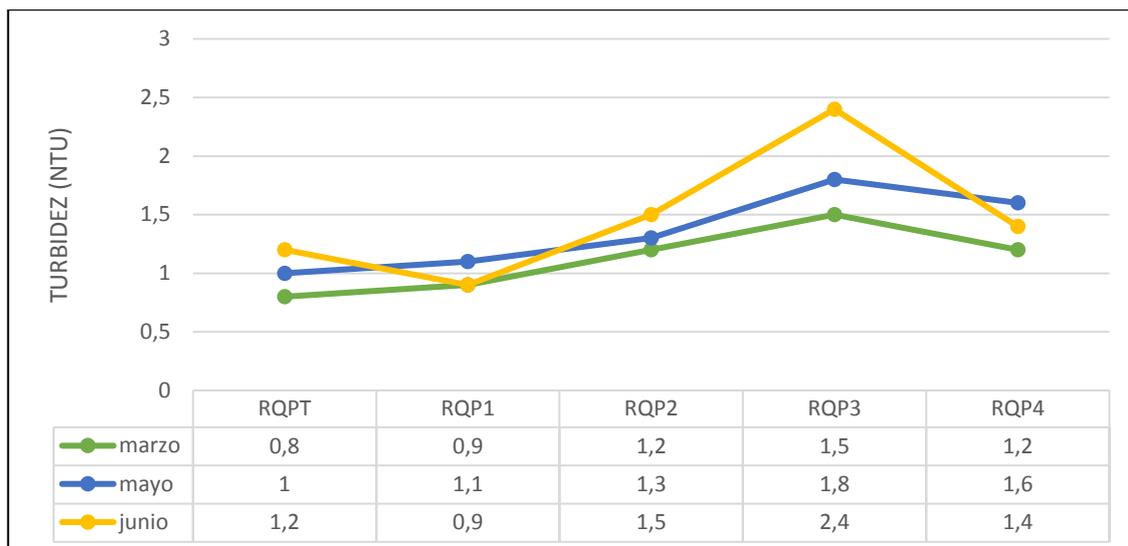


Gráfico 10-3: Variación espacial y temporal de la turbidez del Río Quebradas

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

- Sólidos disueltos Totales

Este parámetro se relaciona con otros parámetros como: DBO₅, turbiedad, y el color. En el Gráfico 11-3 se muestran los valores determinados de sólidos totales en el tramo del río Quebrada, en el mes de marzo los valores tienen un rango de 70 a 100 mg/l, en el mes mayo presenta un rango de 80 a 110, y en el mes de junio los valores están entre 85 a 126. Durante el mes de junio se registró los valores más altos de sólidos totales esto debido a las altas precipitaciones registradas en ese mes, ocasionando erosión natural del suelo, por ende, produjo problemas estéticos y un sabor amargo a metal o salado, además de ello afecta a la penetración de la luz en la columna de agua

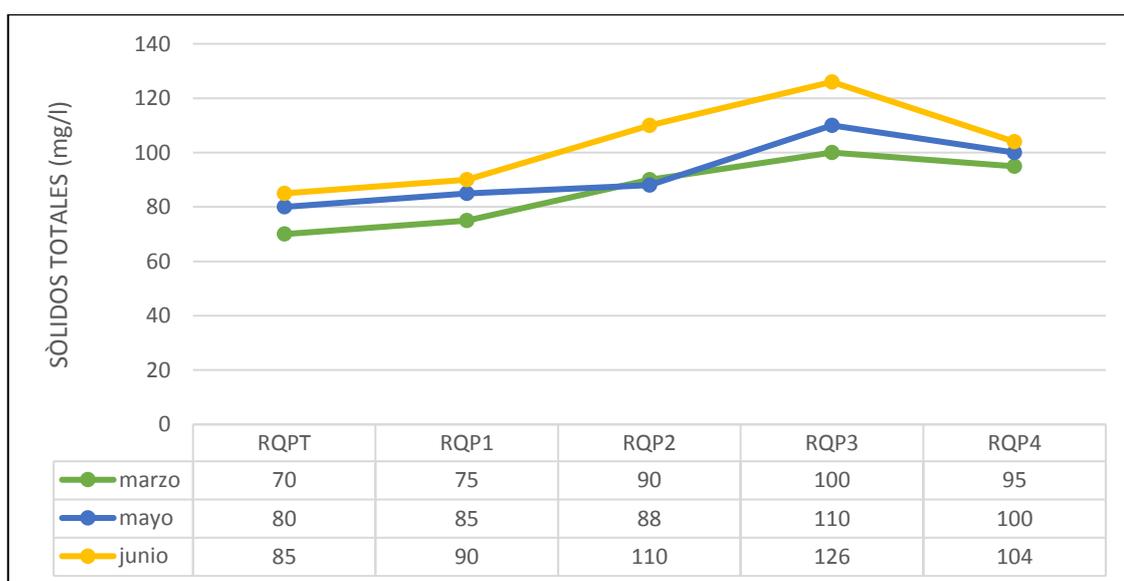


Gráfico 11-3: Variación espacial y temporal de los sólidos totales del Río Quebradas

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

3.3. Cálculo para la determinación de los índices de calidad de agua BMWP/Col, ETP y ICA-NSF

3.3.1. Variabilidad del ICA-NFS del tramo del río Quebrada

Los resultados obtenidos, se presentan mediante el uso de tablas y gráficas que permiten visualizar de mejor manera la variabilidad del índice (ICA- NSF), para el tramo en estudio del río Quebrada (Ver Tabla 4-3), el cual fue calculado a partir de los ocho parámetros físico-químicos y un parámetro microbiológico; analizados por el Laboratorio de Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos (Ver, Anexo I), los cuales indican los valores de las cinco estaciones de muestreo durante los tres meses de monitoreo; para posteriormente obtener sus respectivos (W y I), así calcular el índice de calidad de agua ICA-NSF.

Tabla 4-3: Resultados ICA-NFS en el Río Quebrada

ICA- NSF					
EM	Código	Marzo	Mayo	Junio	Promedio
EM- 1	RQPT	79,54	80,83	75,67	78,68
EM-2	RQP1	76,56	78,29	76,95	77,27
EM-3	RQP2	76,92	78,19	72,56	75,89
EM-4	RQP3	75,20	76,83	71,92	74,65
EM-5	RQP4	73,23	75,2	73,04	73,82
Promedio Final del ICA- NFS					76,06

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

En el Gráfico 12-3, se indica los valores del índice de calidad de agua ICA-NSF, para las tres campañas de monitoreo en las cinco estaciones establecidas, se puede observar que todas las estaciones, presentan valores entre 73.83 y 78.68, lo que indica que el agua es de BUENA CALIDAD. El agua en este rango, requiere purificación menor para su consumo, ya que puede encontrarse agentes contaminantes que no cumplan con la Norma de Calidad Ambiental y descargas de efluentes: Recurso Agua. El comportamiento del tramo en estudio, no presenta altas variaciones entre los parámetros analizados, a excepción de los coliformes fecales y DBO₅ que no cumplen con los límites máximos permisibles para aguas de consumo y uso doméstico que únicamente requieren tratamiento convencional, mismas que se encuentran establecidas en el libro VI Anexo 1.

La estación RQPT es la que presenta el mayor valor con 78.68 a comparación con las otras estaciones, indicando que en este punto existe poca intervención por el hombre ya que en sus alrededores no se observa actividades ganaderas ni comunidades cercanas; sin embargo, a medida que el río va siendo impactado por los diversos vertimientos que recibe como: descargas de contaminantes de origen doméstico, ganadero y agrícola, el índice va disminuyendo, en cuanto a su calidad, siendo las variables de mayor incidencia los microorganismos patógenos y las asociadas a presencia del material particulada

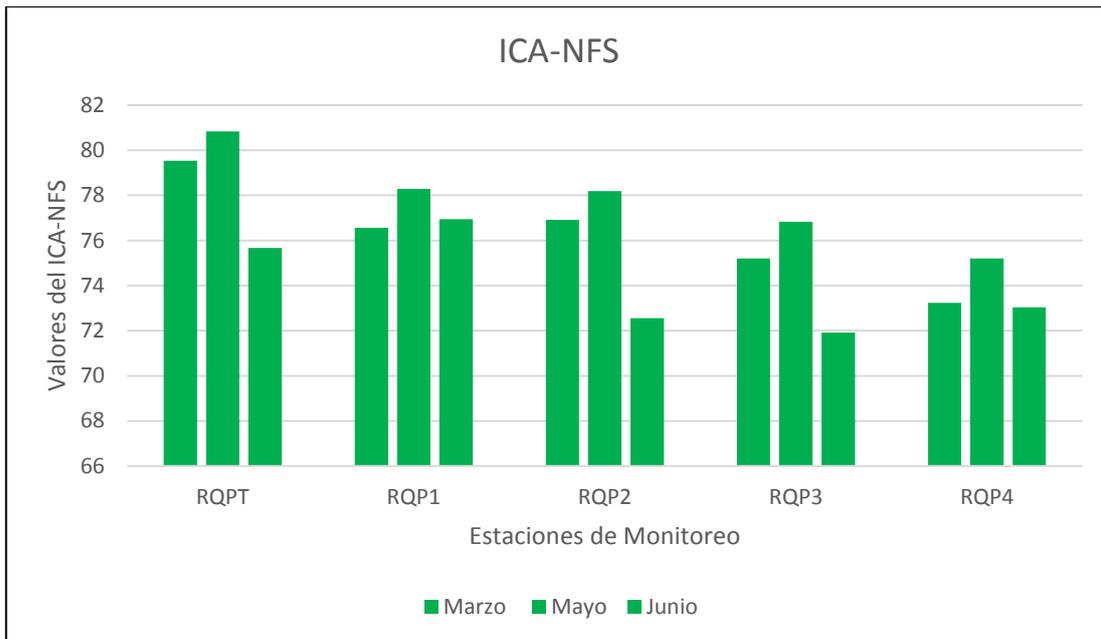


Gráfico 12-3: Variación temporal del ICA-NFS en el Río Quebrada

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

3.3.2. Variabilidad del BMWP/Col y EPT del tramo del río Quebrada

Para la evaluación de la calidad del agua del tramo del río Quebrada, se identificó y clasificó los macroinvertebrados bentónicos recolectados en las cinco estaciones de monitoreo, durante los tres meses (marzo, mayo y junio), posterior a eso se procedió al cálculo de los índices de acuerdo a su metodología; el índice BMWP/Col se basa en la presencia y ausencia de familias y el índice ETP mide la riqueza de Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera.

- **BMWP/Col**

En el gráfico 13-3, se presenta los resultados del índice de calidad de agua BMWP/Col, en las cinco estaciones establecidas del tramo en estudio, durante un periodo de tres meses (marzo, mayo y junio). Las estaciones (RQPT, RPQ₁, RQP₂ y RQP₃) presentan un puntaje que varía entre (116

y 172), indicado que la calidad de agua es BUENA, debido a que estas estaciones están rodeadas por diferentes tipos de bosque primarios y secundarios, los mismos que juegan un papel importante como una barrera de amortiguamiento, tras los impactos que puede ocasionar la agricultura y la ganadería sobre la calidad de agua en la microcuenca y también previniendo la erosión por medio de la estabilización del suelo (Álvarez Carrión and Pérez Rivera, 2007).

El tramo en estudio presenta diferentes tipos de microhábitats donde albergan gran cantidad de especies. Un ecosistema natural, se caracteriza por presentar una gran diversidad de especies y muchos individuos de estas; pero en una comunidad bajo la presión de la contaminación se caracteriza por poseer un bajo número de especies con una gran número de individuos por especie (Álvarez Carrión and Pérez Rivera, 2007, p. 49), y las actividades que se realizan en las cercanías del río no influyen directamente en su calidad.

Finalmente, la estación RQP₄ presenta una calidad de agua ACEPTABLE, es decir que es un agua ligeramente contaminada debido a que este punto tiene una mayor interacción con las actividades de la población de San Isidro como: lavado de la ropa, en las riberas del río están criaderos de cerdos y la presencia de ganado; además de ello esta estación tiene fondos arenosos lo que les permite albergar pocas especies.

Estos resultados, se respaldan con los valores de los parámetros físico-químicos, ya que el índice de calidad de agua anterior, demuestra que el agua es de BUENA CALIDAD.

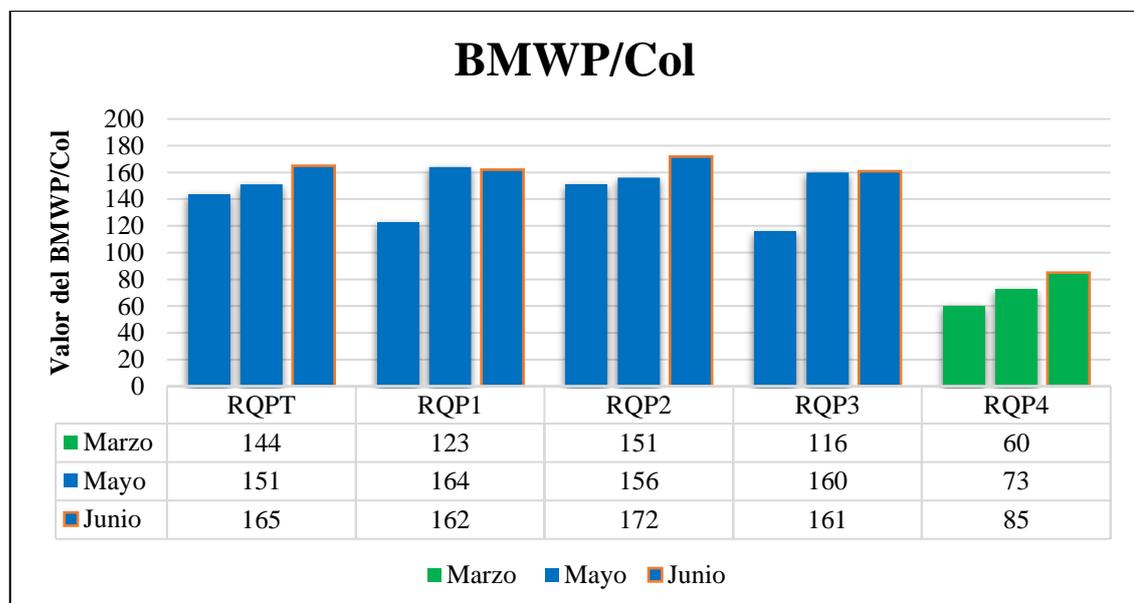


Gráfico 13-3: Resultados del BMWP/Col en el Río Quebrada por estación y campaña de muestreo

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

- EPT

Se calculó el índice EPT en cada una de las estaciones establecidas, durante los tres meses de monitoreo, se determinó que en la estación RQPT, RQP₁ y RQP₂ la calidad de agua es MUY BUENA con puntajes que varían entre (71.58% y 93.84%), debido a que estos puntos tienen fondos pedregosos y contiene gran diversidad de vegetación y de fauna (Meza S. et al., 2012, p. 9). Los macroinvertebrados se albergan en fondos pedregosos, sobre todo cuando las rocas son grandes y pocos individuos se albergan en fondos arenosos. (Morelli and Verdi, 2014) argumenta que el material vegetal brinda una mayor disponibilidad de recursos, ocasionando una alta riqueza de especies permitiendo una gran densidad de organismos. La temperatura del agua y la disponibilidad de oxígeno, tienen una influencia directa sobre la distribución de los macroinvertebrados bentónicos (Meza S. et al., 2012, p. 11); por ende, los resultados de esta investigación coinciden con lo expuesto anteriormente ya que los valores más altos de oxígeno disuelto se determinaron en estas estaciones y la mayor riqueza y abundancia de individuos se recolectaron en las mismas.

En la estación RQP₃ la calidad de agua es BUENA, es decir que está levemente intervenida por las actividades antropogénicas, cabe mencionar que este punto se encuentra en el centro de la parroquia San Isidro, siendo sus aguas utilizadas para uso recreativo, lavado de ropa y descargas de residuos sólidos, ocasionando una alteración al hábitat de estas especies (Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera), ya que estas especies son muy sensibles a los contaminantes y tienden a disminuir conforme aumenta el grado de contaminación.

En la estación RQP₄ la calidad de agua es REGULAR, debido a que esta estación se encuentra en la parte fuera de la parroquia y en el trayecto del río recibe descargas de aguas residuales y existe criaderos de cerdos cerca de la ribera del río, ocasionando alteraciones a los hábitats de estos especímenes, además, este punto tiene espacios arenosos y alteraciones a la vegetación. Por lo expuestos anteriormente no cumple con los factores determinantes para que se reproduzcan estas especies. Estos resultados coinciden con los de Ferrington (2008) (Custodio Villanueva and Chanamé Zapata, 2016, p. 8) que expone que la abundancia de los Chironomidae (Diptera) aumenta, cuando baja los niveles de oxígeno, por ende, la disminución de la densidad de estos especímenes EPT, (Ver, en el Gráfico 14-3)

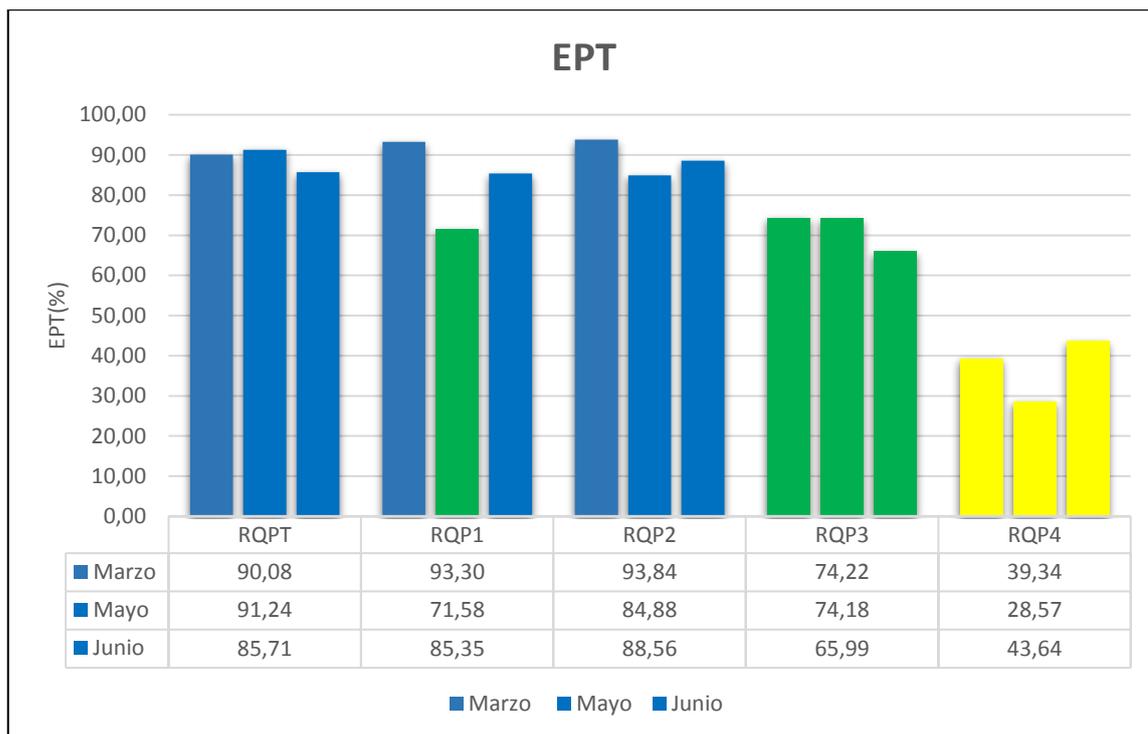


Gráfico14-3: Resultados del EPT en el Río Quebrada por estación y campaña de muestreo

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

3.3.3. *Discusión entre los índices utilizados BMWP/Col, EPT y ICA-NSF*

En esta investigación se utilizó dos índices biológicos y un índice físico-químico; con la finalidad de evaluar el origen de los contaminantes y su influencia en la calidad del agua. Los macroinvertebrados bentónicos son los más recomendados por Alba-Tercedor, debido a que presenta numerosas ventajas; y está basado en la ponderación de sensibilidad a los rangos de tolerancia ambiental (Sánchez Herrera, 2005, p. 66); sin embargo, el método físico-químicos se basa en los análisis de nueve parámetros (OD, DBO₅, CF, N, P, T, ST, Turbidez, pH) que suelen ser más fáciles de analizar y pueden ser monitoreados con más frecuencia (Coello et al., 2013, p. 67).

Con base a los resultados obtenidos por los tres índices aplicados en esta investigación, se determinó que la calidad de agua del tramo (Captación de agua – La Unión) del Río Quebrada, en las estaciones RQPT, RQP₁, RQP₂, RQP₃, RQP₄ es de BUENA CALIDAD según el índice ICA-NSF, debido a que este índice proporciona información puntual y no puede detectar el origen de otras fuentes contaminantes además de ellos estos análisis nos sirve para entender la calidad del agua del río en el tiempo exacto que fue muestreado.

Sin embargo, al utilizar los índices biológicos se determinó que las estaciones RQPT, RQP₁, RQP₂ y RQP₃ es BUENA y en la estación RQP₄ es ACEPTABLE según el índice BMWP/Col;

Finalmente el índice EPT indica que la estaciones RQPT, RQP₁ y RQP₂ es MUY BUENA, en la estación RQP₃ es BUENA y en la estación RQP₄ es REGULAR. Esto se debe a que estos índices evalúan los niveles de varios tipos de contaminantes y pueden hacer una aproximación más real a las condiciones ambientales, debido a que estos organismos soportan concentraciones importantes de elementos traza como Cu, Fe, Mn y Zn, al menos que presenten altas concentraciones y produzcan efectos dañinos y el índice EPT brinda los resultados más precisos, porque mide la presencia y ausencia de las familias más sensibles a la contaminación convirtiéndole en uno de los índices más estricto a la hora evaluar un recurso hídrico (Castillo et al., 2006) y (Rosas Acevedo et al., 2014, p. 81).

3.4. Propuesta de mitigación

La propuesta de mitigación de impactos ambientales, están diseñado en base a los resultados obtenidos de este trabajo de investigación, proponiendo medidas encaminadas a la prevención y reducción de los contaminantes desarrollados por las actividades antropogénicas en el tramo del río Quebrada, con el fin de asegurar la protección la calidad de agua de este río, recalando que en este tramo del río su agua es utilizada para la potabilización, misma que abastece a la ciudad de Macas, la parroquia San Isidro y Proaño. Estas medidas están propuestas a las estaciones RQP₂, RQP₃ y RQP₄.

Tabla 5-3: Mitigación

Impacto	Medida	Tiempo (meses)	Responsables y actores
Disminución de la cobertura vegetal	Cumplimiento de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua de Reforestación en su Artículo 13.- Formas de conservación y de protección de fuentes de agua. Los terrenos que lindan con los cauces públicos están sujetos en toda su extensión longitudinal a la protección de las aguas que circulan por los cauces y del ecosistema asociado, estableciéndose una zona de protección hídrica.	6	Autoridades Competentes
Contaminación del agua por vertidos de residuos sólidos	Implementar contenedores para la recolección de los desechos sólidos y fomentar la participación de la población en la conservación de los ríos y quebradas.	6	Gobierno Autónomo Parroquial de San Isidro
	Realizar capacitaciones a la población de San Isidro abarcando las siguientes temáticas: <ul style="list-style-type: none"> • Manejo adecuado de residuos sólidos • Conservación de la vegetación 	6	
Contaminación del agua por descargas de aguas residuales	Realizar un estudio para implementar un sistema de alcantarillado o pozos sépticos en las viviendas que se encuentran asentadas a lo largo del tramo del Río Quebrada	24	Gobierno Municipal del Cantón Morona
	Establecer un programa de monitoreo de calidad de agua en el Río Quebrada	12	
Ampliación de la frontera ganadera	Elaborar un plan de reforestación para la recuperación de las zonas que presentan un mayor impacto <ul style="list-style-type: none"> • Reforestación con especies nativas y de crecimiento rápido, para generar un corredor biológico • Evitar que el ganado descienda directamente a las orillas del río, colocando bebederos artificiales en las fincas. • Capacitación para evitar la tala de árboles y especies autóctonas 	6	Gobierno Autónomo Parroquial de San Isidro

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

CONCLUSIONES

- La selección de las 5 estaciones de monitoreo se basó en criterios como la accesibilidad al sitio, profundidad y focos de contaminación, una vez que se realizó el recorrido por todo el tramo entre la captación de agua – La Unión.
- Se identificó un total de 3821 especímenes, distribuidas en 12 órdenes y 39 familias, las mismas que fueron recolectadas en un periodo de tres meses (marzo, mayo y junio) dentro de las cinco estaciones de monitoreo. La familia Leptophlebiidae es considerada la más abundante, con 1281 individuos que equivale al 33.53% de la abundancia total. Los meses de marzo y junio fueron los periodos de menor y mayor abundancia de especímenes respectivamente.
- Se realizó el análisis de los 9 parámetros determinados por el ICA- NSF en las cinco estaciones de monitoreo, habiéndose obtenido los siguientes valores como las medias de cada parámetro evaluado: oxígeno disuelto, 7.92 mg/l; temperatura, 0.53°C; coliformes fecales, 1117.33 UFC/100ml; pH, 7.14; DBO₅, 3.84 mg/l; Fosfato total, 0.44 mg/l; nitratos, 0.61 mg/l; turbidez, 1.32 NTU; sólidos totales, 93.86 mg/l.
- Según el índice ICA-NSF, la calidad del agua en cada una de las cinco estaciones monitoreadas (RQPT, RQP₁, RQP₂, RQP₃, RQP₄), es de BUENA CALIDAD, es decir tiene un valor medio total de 76.06 ICA, sin embargo, se requiere de un proceso de purificación para ser apta para el consumo humano, según la NTE INEN 1108 que establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano en los sistemas de abastecimiento público y privado a través de redes de distribución y tanqueros.
- Se determinó mediante el cálculo de la media total de los índices biológicos utilizados en la evaluación de la calidad de agua del tramo en estudio, que las estaciones (RQPT, RQP₁, RQP₂, RQP₃), presentan una calidad de agua BUENA, es decir, que sus aguas son muy limpias y en la estación RQP₄ la calidad del agua es ACEPTABLE, es decir, que en este punto el agua está ligeramente contaminada según el índice BMWP/Col.

- Según el índice de calidad de agua EPT las estaciones (RQPT, RQP₁, RQP₂), la calidad de agua es MUY BUENA, en la estación (RQP₃) la calidad del agua es BUENA y en la estación (RQP₄) la calidad del agua es REGULAR, esto se debe a que este índice mide la presencia o ausencia de este grupo de especímenes en una comunidad biológica; las especies de estos grupos de insectos son sensibles a las perturbaciones humanas
- En base a los resultados de los índices de calidad de agua (BMWP/Col, ICA-NSF, ETP) aplicados en esta investigación, se elaboró una propuesta de mitigación para las estaciones RQP₂, RQP₃ y RQP₄, debido a que en estos puntos se identificaron cierto tipos de contaminación del agua por vertidos de residuos sólidos y descargas de aguas residuales, disminución de la cobertura vegetal y ampliación de la frontera ganadera; por lo que es importante tomar medidas de prevención y reducción de contaminantes, siendo indispensable la implementación de contenedores para desechos sólidos y sistemas de alcantarillado, capacitaciones de educación ambiental a la población de San Isidro, programas de monitoreo de calidad de agua y planes de reforestación; logrando así optimizar la calidad del agua.

RECOMENDACIONES

- Para obtener una información más detallada sobre la contaminación de este cuerpo de agua y su evolución con el tiempo, se recomienda realizar campañas de monitoreo de forma continua, tanto de macroinvertebrados bentónicos como de los parámetros fisicoquímicos y así llevar un control de la calidad de agua para futuros proyectos.
- Capacitar a las comunidades con influencia directa al río Quebrada, con temas enfocados a las buenas prácticas agrícolas, ganaderas, uso del suelo, manejo de pesticidas y herbicidas; y así lograr un mejor cuidado y protección de esta microcuenca.
- Se recomienda a las autoridades competentes realizar un estudio e implementación de un sistema de saneamiento básico para las comunidades aledañas al río Quebrada; logrando así disminuir las descargas de agua residuales al cuerpo de agua en estudio.
- Desarrollar investigaciones sobre los macroinvertebrados bentónicos en los ríos del cantón Morona, para tener una línea base de los especímenes recolectados e identificados y construir un índice adecuado a las condiciones de la amazonia ecuatoriana.

BIBLIOGRAFÍA

ABARCA ALARCÓN, C.F. y SAUCA PUGLLA, A. de los Á. Estrategias de conservación para la zona de recarga de la quebrada el trigal, cantón Loja. (Tesis) [en línea]. Universidad Nacional de Loja-Área agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables-Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente. Loja - Ecuador: 2013. [Consulta: 28 octubre 2018]. 1. Disponible en: <http://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/11637>.

AGUILAR TORRES., et.al. *INFORME 1 PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS* [en línea]. 2013. S.l.: s.n. [Consulta: 23 octubre 2018]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/201479603/INFORME-1-PARAMETROS-GEOMORFOLOGICOS>.

ÁLVAREZ CARRIÓN., et.al. *Evaluación de la calidad de agua mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del Yeguaré, Honduras* [en línea]. Zamorano, Carrera Desarrollo Socioeconómico y Ambiente. Zamorano - Honduras: 2007. [Consulta: 23 octubre 2018]. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/524/1/IAD-2007-T001.pdf>.

CANTERA KINTZ., et.al. *Caudal ambiental* (Tesis) [en línea]. Universidad del Valle. Colombia: 2013. 551.48, cd 21ed. [Consulta: 23 octubre 2018]. ISBN 978-958-765-448-6. Disponible en: <https://es.scribd.com/book/356051976/Caudal-ambiental-Conceptos-experiencias-y-desafios>.

CARBAJAL GALLARDO., et.al. *Parámetros geomorfológicos de la cuenca Utcubamba* [en línea]. 2014. S.l.: La Molina. [Consulta: 23 octubre 2018]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/216477246/Informe-1-Hidrolo-Final-Listo>.

CARRERA REYES, C. y FIERRO PERALBO, K., *Manual Los Macroinvertebrados Acuáticos* [en línea]. Printed in Ecuador Rimana. Quito Ecuador: 2001. 1.[Consulta: 9 noviembre 2018]. 200. ISBN 9978-41-964-0. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/88975705/Manual-Los-Macroinvertebrados-Acuaticos>.

CARRILLO ALVARADO., et.al. *“Determinación del índice de calidad de agua ica-nsf de los ríos mazar y pindilig”*. (Tesis). Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Químicas, Escuela de Ingeniería Ambiental. Cuenca – Ecuador. 2016. pp. 1-142.

COELLO, J.R., et.al. Aplicación del ICA-NSF para determinar la calidad del agua de los ríos Ozogoche, Pichahuiña y Pomacocho-Parque Nacional Sangay-Ecuador. *Rev. del Instituto de investigaciones (RIEGO), FIGMMG-UNMSM*, [en línea]. 2013. vol. 15, no. 30, pp. 66-71. [Consulta: 9 noviembre 2018]. Disponible en: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/11281/10118>

CUSTODIO VILLANUEVA., et.al. Analysis of benthic macroinvertebrates biodiversity of Cunas river by means of environmental indicators, Junin-Peru. *Scientia agropecuaria*, [en línea]. 2016. vol. 7, no. 1, pp. 33-44. [Consulta: 9 noviembre 2018]. ISSN 20779917, 23066741. DOI 10.17268/sci.agropecu.2016.01.04. Disponible en: <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/1097>

CUSTODIO Y CHANAMÉ. *Analysis of benthic macroinvertebrates biodiversit.* [en línea], 2016. S.l.: s.n. [Consulta: 25 noviembre 2018]. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v7n1/a04v7n1.pdf>.

GONZALES G., et.al. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras del municipio de menizales. [en línea]. 2012. vol. 16, no. 2, pp. 135-148. [Consulta: 23 octubre 2018]. ISSN 0123-3068. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v16n2/v16n2a12.pdf>

LAZARO, Y. *Capitulo II Geomorfologia de Cuencas* [en línea]. 2014. S.l.: s.n. [Consulta: 23 octubre 2018]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/248580191/Capitulo-II-Geomorfologia-de-Cuencas>.

LOZANO RIVAS, W.A. *Calidad fisicoquímica del agua.: Métodos simplificados para su muestreo y análisis* [en línea]. Primera Edición. Colombia: s.n. 2013. [Consulta: 23 octubre 2018]. ISBN 978-958-8957-28-9. Disponible en: <https://es.scribd.com/read/313005944/Calidad-fisicoquimica-del-agua-Metodos-simplificados-para-su-muestreo-y-analisis#>.

MEZA S., et.al. Calidad de agua y composición de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta del Río Chinchiná. [en línea]. 2012. vol. 2, no. 34, pp. 443-456. [Consulta: 23 octubre 2018]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/cal/v34n2/v34n2a13.pdf>

MORELLI, E. y VERDI, A. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en cursos de agua dulce con vegetación ribereña nativa de Uruguay. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, [en línea]. 2014. vol. 85, no. 4, pp. 1160-1170. [Consulta: 23 octubre 2018]. ISSN 18703453. DOI 10.7550/rmb.45419. Disponible en: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1870345314729999>

PIAZ, A. y REYES, F. Macroinvertebrados (Insectos acuáticos) de la Cuenca del Lago de Atitlán. *Issuu* [en línea]. 2017. [Consulta: 24 noviembre 2018]. Disponible en: https://issuu.com/asociacionvivamosmejor/docs/gu__a_macros_f__nxpowerlite__nxpow.

PLAN NACIONAL BUEN VIVIR. *Edición aprobada por el Consejo Nacional de Planificación Previa impresión* [en línea]. 2013. S.l.: s.n. [Consulta: 9 noviembre 2018]. Disponible en: https://www.unicef.org/ecuador/Plan_Nacional_Buen_Vivir_2013-2017.pdf.

POZO BARREZUELA, H. et.al. *Ley de recursos hídricos II suplemento RO-305-6-08-204* [en línea]. 2014. S.l.: s.n. [Consulta: 9 noviembre 2018]. Segundo Suplemento-Registro Oficial N° 305. Disponible en: <https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/LEYD-E-RECURSOS-HIDRICOS-II-SUPLEMENTO-RO-305-6-08-204.pdf>.

QUIÑONEZ VERA, P.C., et.al. Evaluación del estado de salud ecológica de la microcuenca del río Pita (sector Molinuco, canteras y antiguo botadero Cashapamba) utilizando macroinvertebrados como bioindicadores de calidad de agua. [en línea]. Escuela de Biología Aplicada-Universidad Internacional del Ecuador. Quito - Ecuador: 2015. 1. [Consulta: 9 noviembre 2018]. Disponible en: <http://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/631/1/T-UIDE-0581.pdf>.

RESTREPO, I., et.al. *Lineamientos para la planificación y el diseño de sistemas de uso múltiple del agua: En zonas rurales de Colombia* [en línea]. 1. Colombia: s.n. 2011. [Consulta: 23 octubre 2018]. 333-912 cd 22 ed. ISBN 978-958-765-462-2. Disponible en: <https://es.scribd.com/read/356051894/Lineamientos-para-la-planificacion-y-el-diseno-de-sistemas-de-uso-multiple-del-agua-En-zonas-rurales-de-Colombia#>.

REYES TRUJILLO, et.al. *Guía básica para la caracterización morfológica de cuencas hidrográficas* [en línea]. Cali, Colombia: s.n. 2014. [Consulta: 23 octubre 2018]. III, IV. ISBN 978-958-765-401-1. Disponible en: <https://es.scribd.com/book/356053068/Guia-basica-para-la-caracterizacion-morfologica-de-cuencas-hidrograficas>.

RIVADENEIRA, D., et.al. *Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial*. 2015. S.l.: s.n. 1 [Consulta: 23 octubre 2018].

ROLDÁN-PÉREZ, G. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, [en línea]. 2016. vol. 40, no. 155, pp. 254. [Consulta: 23 octubre 2018]. ISSN 2382-4980, 0370-3908. DOI 10.18257/raccefyn.335. Disponible en:

ROSAS ACEVEDO., et.al. Índice BMWP, FBI y EPT para determinar la calidad del agua en la

laguna de Coyuca de Benítez, Guerrero, México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, [en línea]. 2014. vol. 1, no. 2, pp. 8. [Consulta: 23 octubre 2018]. ISSN 2334-2501. Disponible en: <http://reibci.org/publicados/2014/julio/2200103.pdf>

SÁNCHEZ HERRERA, M.J. MODIFICADO Y ADAPTADO AL CAUCE PRINCIPAL DEL RÍO PAMPLONITA NORTE DE SANTANDER. [en línea]. 2005. vol. 3, no. 2, pp. 54-67. [Consulta: 23 octubre 2018]. ISSN 0120-4211. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/903/90330207.pdf>

SIERRA RAMÍREZ, C.A. *Calidad del agua: evaluación y diagnóstico* [en línea]. 2011. Vol. 1a ed. Medellín s.l: Ediciones de la U. [Consulta: 23 octubre 2018]. ISBN 978-958-8692-06-7. Disponible en: <https://es.slideshare.net/vladyvostok/calidad-del-agua-evaluacin-y-diagnostico>.

ANEXOS

ANEXO A. Ficha de campo para el cálculo de caudal

Equipo Utilizado.....			
Nombre del Río		Punto de Monitoreo.....	
Fecha.....		Hora.....	
Persona a cargo.....		Caudal total.....	
Ancho del cauce(m)	Distancia entre pts. (cm)	Tirante (cm)	Velocidad (m/s)

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

ANEXO B. Matriz de campo para la caracterización de la estación de muestreo

Matriz de campo					
Cuenca:		Microcuenca:		Cantón:	
Responsable:		Longitud:		Altitud:	
Fecha:		Hora:		Latitud:	
Características de las Riberas de los Ríos					
Uso predominante del suelo		Topografía			Tipo Textura
Bosque <input type="checkbox"/>	Urbano <input type="checkbox"/>	Plana <input type="checkbox"/>	Ondulada <input type="checkbox"/>	Quebrada <input type="checkbox"/>	
Rastrojo <input type="checkbox"/>	Potrero <input type="checkbox"/>	Presencia de animales			
Agricultura <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>	Vacuno <input type="checkbox"/>	Ovino- Bovino <input type="checkbox"/>	Equino <input type="checkbox"/>	Porcino <input type="checkbox"/>
Especificar cultivo(s):	Identifique la especie predominante		Arboles <input type="checkbox"/>	Arbusto <input type="checkbox"/>	
Condiciones climáticas		Parámetros físicos-químicos de la calidad de agua			
Lluvia (24 horas)		pH		Oxígeno disuelto	
No <input type="checkbox"/>	Poca <input type="checkbox"/>	Mucha <input type="checkbox"/>	Temperatura		Turbiedad
Observaciones generales					

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

ANEXO C. Etiqueta de la muestra

Nombre del río	Río Quebrada				
Código del punto de muestreo	RQPT	RQP1	RQP2	RQP3	RQP4
Tipo de Análisis					
Fecha de muestreo			Conservante		
Responsable de la toma de muestra	Tatiana Criollo		Temperatura		
Georreferenciación					

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

ANEXO D. Envases para la obtención de la muestra y Análisis de los parámetros in-situ



ANEXO E. Identificación de Macroinvertebrados Bentónicos en el laboratorio



ANEXO F. Resultado de los Análisis de los parámetros Físicoquímicos



Contáctanos: 0998580374 - 032924322
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Fecha: 12 junio del 2018

Análisis solicitado por: Srta. Mercy Tatiana Criollo

Tipo de muestras: Agua superficial Río Quebrada

Localidad: Parroquia San Isidro Cantón Morona

Análisis Químico

Muestras	Fecha	Oxígeno Disuelto mg/L	Demanda Bioquímica de Oxígeno mg/L
RQPT	21-03-18	7.51	2.02
RQP1	21-03-18	7.97	2.81
RQP2	21-03-18	7.57	2.67
RQP3	21-03-18	7.23	2.87
RQP4	21-03-18	7.71	2.34
RQPT	16-05-18	8.30	2.80
RQP1	16-05-18	8.24	3.28
RQP2	16-05-18	8.02	3.61
RQP3	16-05-18	8.11	3.50
RQP4	16-05-18	7.64	3.45
RQPT	06-06-18	8.25	5.0
RQP1	06-06-18	8.04	5.34
RQP2	06-06-18	7.97	7.09
RQP3	06-06-18	8.18	6.08
RQP4	06-06-18	8.11	4.73

**Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.*

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

ANEXO G. Matriz de laboratorio para la identificación de macroinvertebrados bentónicos

MATRIZ DE LABORATORIO			
FECHA:		Lugar: laboratorio del consejo provincial	
OBSERVADORA: Tatiana Criollo			
ORDEN	FAMILIA	BMWP/COL	Cantidad
Anhipoda	Hyaellidae	7	
Annelida	Glossiphoniidae	3	
	Hirudinea oligochaeta	2	
Basommatophora	Ancylidae (Cl: Gastrópoda)	6	
	Mycetopodidae (Cl: Bivalvia)		
	Thiraridae (Cl: Gastrópoda)	5	
Basommatophora	Physidae (Cl: Gastrópoda)	3	
	Atriplectididae	10	
	Ptilodactylidae		
Coleoptera	Dytiscidae	9	
	Hebridae	8	
	Naucoridae		
	Saldidae		
	Scirtidae	7	
	Dryopidae		
	Limnichidae, Lutrochidae, Staphylinidae	6	
	Elmidae		
	Gyrinidae	5	
Curculionidae	4		
Noteridae			
Hydraenidae			
Hidrophilidae	3		

	Elmidae			
Crustacea	Pseudothelphusidae Hypolobocera	8		
Decápoda	Atyidae (Cl: Crustácea) Palaemonidae Pseudothelphusidae	8		
Diptera	Lymnessiidae	10		
	Ancylidae Dixidae Hydrobiidae Simuliidae Psychodidae	7		
	Tabanidae	5		
	Chrysomelidae, Haliplidae	4		
	Chaoboridae Tipulidae, Stratiomyidae, Ceratopogonidae	3		
	Culícidae Chironomidae Syrohidae Sepedon	2		
	Ephemeroptera	Blephariceridae	10	
		Euthyplociidae Ephemeridae Oligoneuridae Leptophlebiidae	9	
Baetidae Leptohiphidae,		7		
Caenida		6		
Gasteropoda	Hydraenidae	8		
	Pyralidae	7		
Glossiphoniphormes	Glossiphoniidae	5		

	Cyclobdellidae	3	
Gordioidae	Chordodidae (Cl: Nematomorpha)	10	
	Polymitarciidae		
Haplotaxida	Tubificidae	1	
Hemiptera	Hydrobiidae	8	
	Dicteriadidae, corixidae Lestidae Naucoridae	7	
	Dryopidae Elmidae,	6	
	Belostomatidae Corixidae Gelastocoridae, Nepidae Notonectidae Mesolveiida	5	
	Muscidae, Sciomyzidae	4	
Hydroida	Belostomatidae Hydridae Hydrometridae,	4	
Lepidoptera	Naucoridae, Veliidae	7	
Megalóptera	Sialidae Corydalidae	6	
Mesogastropoda	Limnephilidae	8	
	Pleidae	6	
Odonata	Lampyridae, Psephenidae, Ptilodactylidae Gomphidae	10	
	Gomphidae Polycentropodidae Platystictidae Xiphocentronidae	9	

	Gerridae	8	
	Calopterygidae, Coenagrionidae	7	
	Ampullariidae Libellulidae	6	
	Libellulidae	5	
Plecoptera	Gripopterygidae Perlidae,	10	
Planorbiidae	Thiaridae	5	
Platyhelminthes	Planariidae	7	
Sphaeriidae	Lymnaeidae,	8	
Trichoptera	Anomalopsychidae Odontoceridae,	10	
	Coryphoridae Philotamidae Polycentropodidae	9	
	Calamoceratidae, Helicopsychidae, , Hydroptilidae Leptoceridae	8	
	Hidropsychidae Glossosomatidae,	7	
Tricladida	Aeshnidae, Megapodagrionidae	6	
Unionidae	Corydalidae	6	

Realizado por: Tatiana Criollo, 2018

ANEXO H. Principales Macroinvertebrados Bentónicos identificados en el tramo (Captación de agua – La unión) de la microcuenca del “Río Quebrada”



ANEXO H. Principales Macroinvertebrados Bentónicos identificados en el tramo (Captación de agua – La unión) de la microcuenca del “Río Quebrada”



ANEXO I. Resultados del cálculo del ICA- NFS

Avenida 11 de noviembre y Milton Reyes Riobamba Ecuador
Telefonos: 0998580374 03-2924322

INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

Solicitado por: Srta. Mercy Criollo
Fecha de análisis: 16 de mayo del 2018
Fecha de entrega de resultados: 12 de junio del 2018
Tipo de muestra: Agua superficial Rio Quebrada
Localidad: Parroquia San Isidro Cantón Morona

Código: 040-18

PUNTO: RQPT

DETERMINACION DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA

Parámetros	Unidades	W	V. Análisis	I	W*I
Oxígeno Disuelto	% Saturación	0,17	83	89	15,13
Coliformes Fecales	UFC/100ml	0,16	200	37	5,92
pH	pH	0,11	7,13	91	10,01
DBO ₅	mg/l	0,11	3,25	66	7,26
Cambio Temperatura	°C	0,1	2,2	83	8,3
Fosfato Total	mg/l	0,1	0,42	69	6,9
Nitratos	mg/l	0,1	0,6	96	9,6
Turbidez	NTU	0,08	1,2	95	7,6
Solidos Totales	mg/l	0,07	85	85	5,95

76,67

Observaciones: BUENA CALIDAD

Atentamente,



Dra. Gina Álvarez R.
RESP. TECNICO DEL LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

ANEXO I. Resultados del cálculo del ICA- NFS



Avenida 11 de noviembre y Milton Reyes Riobamba Ecuador
Telefonos: 0998580374 03-2924322

INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

Solicitado por: Srta. Mercy Criollo
Fecha de análisis: 16 de mayo del 2018
Fecha de entrega de resultados: 12 de junio del 2018
Tipo de muestra: Agua superficial Rio Quebrada
Localidad: Parroquia San Isidro Cantón Morona

Código: 041-18

PUNTO: RQPI

DETERMINACION DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA

Parámetros	Unidades	W	V. Análisis	I	W*I
Oxígeno Disuelto	% Saturación	0,17	84	90	15,3
Coliformes Fecales	UFC/100ml	0,16	640	26	4,16
pH	pH	0,11	7,05	89	9,79
DBO ₅	mg/l	0,11	2,7	69	7,59
Cambio Temperatura	°C	0,1	0,3	92	9,2
Fosfato Total	mg/l	0,1	0,14	94	9,4
Nitratos	mg/l	0,1	0,6	96	9,6
Turbidez	NTU	0,08	0,9	96	7,68
Sólidos Totales	mg/l	0,07	90	84	5,88

78,60

Observaciones: BUENA CALIDAD

Atentamente,

Dra. Gina Álvarez R.
RESP. TECNICO DEL LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

ANEXO I. Resultados del cálculo del ICA- NFS



Avenida 11 de noviembre y Milton Reyes Riobamba Ecuador
Telefonos: 0998580374 03-2924322

INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

Solicitado por: Srta. Mercy Criollo
Fecha de análisis: 16 de mayo del 2018
Fecha de entrega de resultados: 12 de junio del 2018
Tipo de muestra: Agua superficial Rio Quebrada
Localidad: Parroquia San Isidro Cantón Morona

Código: 042-18

PUNTO: RQP2

DETERMINACION DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA

<i>Parámetros</i>	<i>Unidades</i>	<i>W</i>	<i>V. Análisis</i>	<i>I</i>	<i>W*I</i>
<i>Oxígeno Disuelto</i>	% Saturación	0,17	85	91	15,47
<i>Coliformes Fecales</i>	UFC/100ml	0,16	4000	15	2,4
<i>pH</i>	pH	0,11	7,25	92	10,12
<i>DBO₅</i>	mg/l	0,11	1,4	96	10,56
<i>Cambio Temperatura</i>	°C	0,1	0,3	92	9,2
<i>Fosfato Total</i>	mg/l	0,1	0,38	73	7,3
<i>Nitratos</i>	mg/l	0,1	0,7	96	9,6
<i>Turbidez</i>	NTU	0,08	1,5	95	7,6
<i>Solidos Totales</i>	mg/l	0,07	110	83	5,81

78,06

Observaciones: BUENA CALIDAD

Atentamente,

Dra. Gina Álvarez R.
RESP. TECNICO DEL LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

ANEXO I. Resultados del cálculo del ICA- NFS



Avenida 11 de noviembre y Milton Reyes Riobamba Ecuador
Telefonos: 0998580374 03-2924322

Fecha de entrega de resultados: 12 de junio del 2018
Tipo de muestra: Agua superficial Río Quebrada
Localidad: Parroquia San Isidro Cantón Morona

Código: 043-18

PUNTO: RQP3

DETERMINACION DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA

<i>Parámetros</i>	<i>Unidades</i>	<i>W</i>	<i>V. Análisis</i>	<i>I</i>
<i>Oxígeno Disuelto</i>	% Saturación	0,17	85	91
<i>Coliformes Fecales</i>	UFC/100ml	0,16	1600	20
<i>pH</i>	pH	0,11	7,23	92
<i>DBO₅</i>	mg/l	0,11	2,1	78
<i>Cambio Temperatura</i>	°C	0,1	0,1	93
<i>Fosfato Total</i>	mg/l	0,1	0,58	56
<i>Nitratos</i>	mg/l	0,1	0,5	97
<i>Turbidez</i>	NTU	0,08	2,4	92
<i>Sólidos Totales</i>	mg/l	0,07	126	81

Observaciones: BUENA CALIDAD

Atentamente,

Dra. Gina Álvarez R.
RESP. TECNICO DEL LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

ANEXO I. Resultados del cálculo del ICA- NFS



Avenida 11 de noviembre y Milton Reyes Riobamba Ecuador
Telefonos: 0998580374 03-2924322

Fecha de entrega de resultados: 12 de junio del 2018
Tipo de muestra: Agua superficial Rio Quebrada
Localidad: Parroquia San Isidro Cantón Morona

Código: 044-18

PUNTO: RQP4

DETERMINACION DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA

Parámetros	Unidades	W	V. Análisis	I	W*I
Oxígeno Disuelto	% Saturación	0,17	89	94	15,98
Coliformes Fecales	UFC/100ml	0,16	220	36	5,76
pH	pH	0,11	7,28	92	10,12
DBO ₅	mg/l	0,11	3,38	65	7,15
Cambio Temperatura	°C	0,1	0,2	92	9,2
Fosfato Total	mg/l	0,1	1,97	27	2,7
Nitratos	mg/l	0,1	0,6	96	9,6
Turbidez	NTU	0,08	1,4	95	7,6
Sólidos Totales	mg/l	0,07	104	83	5,81
					73,92

Observaciones: BUENA CALIDAD

Atentamente,

Dra. Gina Alvarez R.

RESP. TECNICO DEL LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.