

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

*Trabajo de titulación previo a
la obtención del título de
Ingeniera Ambiental*

TRABAJO EXPERIMENTAL:

**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN LA RESERVA MUNICIPAL
DE LA MICROCUENCA ALTA DEL RÍO SANTA ROSA MEDIANTE MÉTODO
DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS”**

AUTORA:

GIOVANNA LILIBETH OLLAGUE FLORES

TUTOR:

ING. PABLO WILSON ARÉVALO MOSCOSO, PhD

CUENCA - ECUADOR

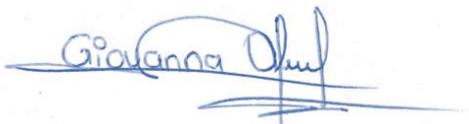
2021

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Giovanna Lilibeth Ollague Flores con documento de identificación N° 0704661339, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN LA RESERVA MUNICIPAL DE LA MICROCUENCA ALTA DEL RÍO SANTA ROSA MEDIANTE MÉTODO DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniera Ambiental*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En la aplicación a lo determinado por la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, septiembre de 2021.



Giovanna Lilibeth Ollague Flores

C.I. 0704661339

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN LA RESERVA MUNICIPAL DE LA MICROCUENCA ALTA DEL RÍO SANTA ROSA MEDIANTE MÉTODO DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS”**, realizado por Giovanna Lilibeth Ollague Flores, obteniendo el *Trabajo Experimental* que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, septiembre de 2021.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Pablo Arévalo Moscoso', with a horizontal line drawn through it.

Ing. Pablo Wilson Arévalo Moscoso, PhD

C.I. 0102156957

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo, Giovanna Lilibeth Ollague Flores con documento de identificación N° 0704661339, autora del trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN LA RESERVA MUNICIPAL DE LA MICROCUENCA ALTA DEL RÍO SANTA ROSA MEDIANTE MÉTODO DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS”**, certifico que el total contenido del *Trabajo Experimental*, es de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, septiembre de 2021.



Giovanna Lilibeth Ollague Flores

C.I. 0704661339

AGRADECIMIENTO

A Dios, por mantenerme viva, por darme la fortaleza, la sabiduría y la guía para actuar de la mejor manera en las diferentes adversidades presentadas, así como en los buenos momentos.

A mis padres Bismark Ítalo Ollague Astudillo y Conny del Rocío Flores Ruíz, por ser quienes me han guiado durante todo el transcurso de mi vida y en mi formación académica, por ser la inspiración para convertirme en una mejor persona, por inculcarme valores, regalarme sus experiencias y brindarme sus sabios consejos.

A mi abuelita Pilar Ruíz García, por ser quien ha sabido brindarme sus conocimientos y valores desde muy pequeña, por la ayuda brindada para culminar mis estudios y por siempre creer en mí.

A mi querido tutor, el Ing. Pablo Arévalo, un pilar fundamental para la elaboración de mi trabajo de titulación, por siempre estar presto a brindar de manera muy profesional sus experiencias y conocimientos para la culminación de este proyecto.

Al Ing. Stalin Tinoco, al Ing. Richard Samaniego, al Lic. Luis Peñaloza y al Lic. Ronald Alvarado, pilar fundamental dentro de la empresa de alcantarillado y agua potable del cantón Santa Rosa EMAPASR-EP, ya que me abrieron las puertas y supieron brindarme su apoyo y conocimiento laboral para la realización exitosa de este proyecto.

A mi mejor amigo y compañero, por todo el apoyo y soporte brindado, a lo largo de las diferentes etapas de mi vida.

A mis demás familiares y amigos, porque siempre supieron motivarme y regalarme esas palabras de aliento cuando las necesitaba.

DEDICATORIA

A *Dios*, por brindarle a mis seres queridos sanidad, por estar presente en mi día a día y especialmente, por dar respuesta a mis plegarias.

A quienes nunca han dejado de confiar en mí, mis padres, *Bismark* y *Conny*, por todo el esfuerzo y apoyo brindado a lo largo de mi vida, especialmente durante mi etapa universitaria.

A mi mami *Pilar*, por siempre apoyarme y por brindarme su confianza en cada acción realizada.

A mis angelitos en el cielo, *Carmen* y *Walter*, por hacerme sentir su presencia cuando más lo necesitaba.

A mi Perlita, por llegar a mi vida y brindarme su amor sincero.

Giovanna Ollague.

RESUMEN

En el presente estudio, se evaluó la calidad de agua en la reserva municipal de la microcuenca alta del río Santa Rosa mediante método de macroinvertebrados bentónicos, en donde se establecieron 8 estaciones de muestreo, a lo largo de toda la microcuenca; la toma de muestras de los macroinvertebrados y la medición del pH, conductividad eléctrica, temperatura del agua y sólidos disueltos totales, se la realizó en época de verano, con una periodicidad de 1 vez por mes, durante 4 meses, noviembre y diciembre del año 2020 y enero y febrero del año 2021. Para el levantamiento de macroinvertebrados acuáticos, se utilizó una red D-net y los parámetros físicos y químicos fueron medidos en el campo con ayuda del equipo Multiparámetro HQ40D HACH.

Se recolectaron en total 4379 macroinvertebrados acuáticos bentónicos, divididos en 30 familias y 10 órdenes y a nivel de períodos, considerando todos los sitios de muestreo, las estaciones que no cumplieron con los límites permisibles de pH, según la normativa correspondiente, fueron las estaciones que corresponde a área minera y área poblacional, Los Gringos (LGE3) y El Panteón (EPE6); además, con la aplicación del índice BMWP/Col, se pudo determinar que, la Microcuenca alta del río Santa Rosa, tiene una calidad de agua Aceptable y con la aplicación del índice EPT, la misma microcuenca, posee calidad de agua Buena.

Se pudo determinar, mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos bentónicos, que la microcuenca alta del río Santa Rosa, posee Aceptable calidad de agua y es apta para consumo humano.

ABSTRACT

In the present study, the water quality in the municipal reserve of the upper micro basin of the Santa Rosa River was evaluated using benthic macroinvertebrates method, where 8 sampling stations were established, along the entire micro-basin; the sampling of macroinvertebrates and the measurement of pH, electrical conductivity, water temperature and total dissolved solids, was carried out in summer station, with a periodicity of 1 time per month, for 4 months, November and December of the year 2020 and January and February of the year 2021. For the survey of aquatic macroinvertebrates, a D-net mesh was used and the physical and chemical parameters were measured in the field with the help of the HQ40D HACH multiparameter equipment.

A total of 4379 benthic aquatic macroinvertebrates were collected, divided into 30 families and 10 orders at the period levels, considering all sampling sites, the stations that did not comply with the permissible pH limits, according to the corresponding regulations, were the stations that correspond to mining and population areas, “Los Gringos (LGE3)” and “El Panteón (EPE6)”; also, with the application of the BMWP/Col index, it was possible to determinate that the upper micro-basin of the Santa Rosa river has an acceptable water quality and with the application of the EPT index, we can conclude that the same micro-basin has good water quality.

It was possible to determinate, through the use of benthic aquatic macroinvertebrates, that the upper micro-basin of the Santa Rosa River, has acceptable water quality and is suitable for human consumption.

CONTENIDO

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	2
CERTIFICACIÓN	3
DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD	4
AGRADECIMIENTO.....	5
DEDICATORIA	6
RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	8
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	14
ÍNDICE DE TABLAS	16
ÍNDICE DE ANEXOS.....	18
CAPÍTULO I.....	19
1.1 Introducción.....	19
1.2 Antecedentes.....	20
1.3 Planteamiento del problema	22
1.4 Justificación	23
1.5 Objetivos.....	24
1.5.1 Objetivo general	24
1.5.2 Objetivos específicos.....	25
CAPÍTULO II	26

2.1	Marco Conceptual.....	26
2.1.1	Agua Cruda	26
2.1.2	Aguas Residuales	26
2.1.3	Bioindicadores.....	26
2.1.4	Ecosistemas acuáticos	26
2.1.5	Índice BMWP/Col.....	27
2.1.6	Índice ETP.....	27
2.1.7	Macroinvertebrados Bentónicos.....	27
2.1.8	Manejo de Cuencas Hidrográficas	27
2.1.9	Monitoreo	28
2.2	Base Teórica	28
2.2.1	Calidad De Agua.....	28
2.2.1.1	Parámetros Físicos, Químicos y Biológicos de la calidad de agua	29
2.2.1.1.1	Parámetros Físicos.....	29
2.2.1.1.2	Parámetros Químicos.....	30
2.2.1.1.3	Parámetros Biológicos.....	32
2.2.2	Cuencas Hidrográficas	33
2.2.2.1	Partes de la Cuenca Hidrográfica	33
2.2.2.2	Clasificación de Cuencas Hidrográficas.....	34
2.2.2.2.1	Por su balance hídrico	34

2.2.2.2.2	Por su Ecosistema.....	35
2.2.2.2.3	Por su sistema de drenaje	35
2.2.2.2.4	División de cuencas hidrográficas.....	36
2.2.2.3	Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas	36
2.2.2.4	Importancia de una Microcuenca	37
2.2.3	Macroinvertebrados Acuáticos.....	37
2.2.3.1	Principales Órdenes de macroinvertebrados acuáticos.....	40
2.2.3.1.1	Coleóptera.....	40
2.2.3.1.2	Díptera	41
2.2.3.1.3	Ephemeroptera.....	42
2.2.3.1.4	Trichóptera	43
2.2.3.1.5	Odonata.....	44
2.2.3.1.6	Megalóptera	44
2.2.3.1.7	Plecóptera	45
2.2.3.1.8	Hemíptera	46
2.2.3.2	Índices Biológicos de macroinvertebrados para determinar la calidad del agua.	46
2.2.3.2.1	Índice ETP (Ephemeroptera, Plecóptera Y Trichóptera)	46
2.2.3.2.2	Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP/Col).....	47
2.3	Marco legal.....	49

2.3.1	Libro VI, Anexo I del Texto Unificado de la Legislación Ecuatoriana del Ministerio del Ambiente (TULSMA).....	50
2.4	Estado del Arte	50
MATERIALES Y MÉTODOS		57
3.1	Nivel de Investigación	57
3.2	Población y Muestra	57
3.3	Muestreo	58
3.4	Variables en estudio.....	59
3.4.1	Variables Dependientes.....	59
3.4.2	Variables Independientes	59
3.4.3	Otras Variables.....	60
3.5	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	60
3.6	Análisis de Datos	61
3.7	Protocolos	62
3.7.1	Estaciones de muestreo	62
3.7.2	Recolección de Macroinvertebrados	64
3.7.3	Identificación de los macroinvertebrados	68
3.7.4	Determinación de índices de macroinvertebrados.	69
3.7.5	Análisis Físicos-Químicos de la fuente.....	69
RESULTADOS Y DISCUSIONES		71

4.1	Descripción de las estaciones en donde se realizaron las mediciones.....	71
4.2	Estructura y distribución de las poblaciones de los macroinvertebrados acuáticos bentónicos, encontrados en las diferentes estaciones.....	81
4.2.1	Análisis de las familias encontradas en las estaciones de muestreo	81
4.2.2	Análisis de las familias encontradas en toda la microcuenca alta Santa Rosa....	96
4.3	Resultados y análisis de los parámetros físicos químico	104
4.4	Análisis y resultados de los índices bióticos EPT y BMWP/Col	112
4.4.1	Índice BMWP/Col.....	113
4.4.2	Ephemeroptera, Plecóptera y Trichóptera (EPT)	118
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	124
5.1	Conclusiones.....	124
5.2	Recomendaciones	125
	BIBLIOGRAFÍA.....	127
	ANEXOS.....	142

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1	Esquema de las partes de la microcuenca.....	34
Ilustración 2	Ejemplar representante del orden Corixidae.....	39
Ilustración 3	Aspectos morfológicos de un coleóptero adulto. Posición dorsal.....	41
Ilustración 4	Larva representante de la familia Tipulidae..	42
Ilustración 5	Ejemplar de larva de Perlidae: Anacroneuria.....	42
Ilustración 6	Hydrobiosidae: Atopsyche. a. Larva, vista lateral; b. Primera pata; c. Potórax, vista ventral; d. patas anales, vistas dorsalmente; e. Uña anal, vista lateral.....	43
Ilustración 7	Ejemplar hembra de una larva de caballito del diablo.....	44
Ilustración 8	Larva predadora de la familia Corydalidae.....	45
Ilustración 9	Ninfa perteneciente a la Familia Perlidae.....	45
Ilustración 10	Ejemplar representante de la familia Naucóride.....	46
Ilustración 11	Mapa de ubicación del área de estudio.....	58
Ilustración 12	Mapa de estaciones de muestreo.....	63
Ilustración 13	Red de mano tipo D, para la recolección de macroinvertebrados.....	64
Ilustración 14	Remoción del lecho del río.....	65
Ilustración 15	Remoción del lecho del río.....	65
Ilustración 16	Red situada para realizar la recolección.....	69
Ilustración 17	Remoción del lecho del río.....	66
Ilustración 18	Red que contiene la muestra recolectada.....	69
Ilustración 19	Colocación del material recolectado en bandeja.....	66
Ilustración 20	Búsqueda de individuos en el material recolectado.....	70
Ilustración 21	Ejemplar de la familia Hydropsychidae.....	67

Ilustración 22 Preparación de los frascos de muestra	70
Ilustración 23 frasco de muestra con ejemplares recolectados	67
Ilustración 24 Identificación realizada en campo	68
Ilustración 25 Macroinvertebrados preservados	69
Ilustración 26 Recolección de la muestra de agua (EPE5).....	73
Ilustración 27 Toma de muestras de agua (EGE3)	70
Ilustración 28 Toma de parámetros Fisicoquímicos con ayuda del multiparámetro	70
Ilustración 29 Estación 0, “Testigo Blanco”.....	71
Ilustración 30 Estación 0, toma aérea.	71
Ilustración 31 Estación 1 "La Chonta"	72
Ilustración 32 Estación 1 "La Chonta"	73
Ilustración 33 Estación 2 "Los Monos".	73
Ilustración 34 Estación 2 "Los Monos".	74
Ilustración 35 Estación 3, lecho de piedras.....	75
Ilustración 36 Estación 3 "Los Gringos".	75
Ilustración 37 Estación 3 "Los Gringos".	76
Ilustración 38 Estación 4 "Pueblo Sabayán"	76
Ilustración 39 Estación 4, Biodigestor malogrado.....	77
Ilustración 40 Estación 5 "Quebrada Sabayán".	78
Ilustración 42 Estación 6 "El Panteón"	79
Ilustración 42 Asentamientos humanos, Estación 6 ""	79
Ilustración 43 Estación 7, “El Guayabo”.	80
Ilustración 44 Presencia de un pequeño potrero	81

Ilustración 45	Abundancia relativa de macroinvertebrados, estación 0	83
Ilustración 46	Abundancia relativa de macroinvertebrados, estación 1	85
Ilustración 47	Abundancia relativa de macroinvertebrados, estación 2	87
Ilustración 48	Abundancia relativa de macroinvertebrados, estación 3	88
Ilustración 49	Abundancia relativa de macroinvertebrados, estación 4	90
Ilustración 50	Abundancia relativa de macroinvertebrados, estación 5	92
Ilustración 51	Abundancia relativa de macroinvertebrados, estación 6	94
Ilustración 52	Abundancia relativa de macroinvertebrados, estación 7	95
Ilustración 53	Abundancia relativa de macroinvertebrados, microcuenca alta Santa Rosa	98
Ilustración 54	Valores promedios de pH, en cada estación establecida	106
Ilustración 55	Valores promedios de Temperatura, en cada estación establecida.....	107
Ilustración 56	Valores promedios de Conductividad Eléctrica, en cada estación establecida...	109
Ilustración 57	Valores promedios de Sólidos Disueltos Totales, en cada estación establecida	112
Ilustración 58	Grafico de caja, Índice BMWP/Col.....	115
Ilustración 59	Grafico de caja, Índice EPT.....	121

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Clasificación de Cuencas, Subcuencas y Microcuencas Hidrográficas.....	36
Tabla 2.	valores para la calidad de agua utilizando el índice ETP	47
Tabla 3.	Puntajes establecidos para las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos para la obtención del BMWP/Col.....	48
Tabla 4.	Clasificación de la calidad de aguas y su significado, con la aplicación del índice BMWP/Col	49
Tabla 5	Ubicación de las estaciones de muestreo (coordenadas UTM GSM 84).....	63

Tabla 6 Análisis de Varianza (ANOVA), estación 0.....	84
Tabla 7 Análisis de Varianza (ANOVA), estación 1	86
Tabla 8 Análisis de Varianza (ANOVA), estación 2.....	88
Tabla 9 Análisis de Varianza (ANOVA), estación 3.....	89
Tabla 10 Análisis de Varianza (ANOVA), estación 4.....	91
Tabla 11 Análisis de Varianza (ANOVA), estación 5.....	93
Tabla 12 Análisis de Varianza (ANOVA), estación 6.....	94
Tabla 13 Análisis de Varianza (ANOVA), estación 7.....	96
Tabla 14 Resumen del análisis estadístico del parámetro pH.....	105
Tabla 15 Resumen del análisis estadístico del parámetro Temperatura	107
Tabla 16 Resumen del análisis estadístico del parámetro Conductividad Eléctrica	108
Tabla 17 Resumen del análisis estadístico del parámetro Sólidos Disueltos.....	111
Tabla 18 Valores y calidad de agua, obtenidos por períodos, con la aplicación del índice BMWP/Col.	114
Tabla 19 Resultados estadísticos de la prueba Kruskal-Wallis, índice BMWP/Col.....	116
Tabla 20 Resultados estadísticos de la prueba de la mediana, índice BMWP/Col.....	117
Tabla 21 Valores y calidad de agua, obtenidos en la microcuenca alta, con la aplicación del índice BMWP/Col.	118
Tabla 22 Valores y calidad de agua obtenidos, por períodos, con la aplicación del índice EPT.	120
Tabla 23 Resultados estadísticos de la prueba Kruskal-Wallis, índice EPT.....	122
Tabla 24 Resultados estadísticos de la prueba de la mediana, índice EPT.....	122
Tabla 24 Valores y calidad de agua de la microcuenca alta, con la aplicación del índice EPT .	123

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A Criterios de calidad para los diferentes usos de agua, según la Normativa Ambiental Ecuatoriana Vigente.....	142
ANEXO B Hoja de campo utilizada para el registro de macroinvertebrados acuáticos bentónicos identificados.....	144
ANEXO C Base de datos de los macroinvertebrados	145
ANEXO D Hoja de Campo, utilizada para el registro de los parámetros físicos y químicos tomados “in-situ”.	161
ANEXO E Etiqueta	162
ANEXO F Macroinvertebrados presentes en la microcuenca alta del río Santa Rosa	163
ANEXO G Valores promedios, calculados por familia, en todas las estaciones de muestreo..	168
ANEXO H Suma total de los valores promedios ya calculados en el anexo G	169
ANEXO I Resultados de los parámetros fisicoquímicos tomados “in-situ”	170
ANEXO J Resultados de los parámetros fisicoquímicos tomados “in-situ	170
ANEXO K Acta de socialización de trabajo de titulación con la empresa EMAPASR-EP	173

CAPÍTULO I

1.1 Introducción

Para el desarrollo sostenible y la salud de todo el mundo, la buena calidad de agua de los lagos, acuíferos, ríos y aguas subterráneas es fundamental, a causa de, que permite llevar a cabo actividades económicas y ayuda con la prestación de servicios básicos (ONU, 2018).

En Ecuador, la calidad de agua se ve afectada principalmente por las actividades mineras, la agricultura, por el sector hidrocarburífero y por las aguas residuales depositadas en cuerpos de agua superficiales y subterráneas, provenientes de la población (Manosalvas, 2013).

En cuanto a calidad de agua se refiere, en todos los ámbitos, se toman en cuenta ciertos parámetros físicos, químicos y biológicos, los mismos que son relacionados con un marco legal determinado, es por ello, que se realiza el monitoreo de los mismos para garantizar datos confiables, conocer el origen y las causas de la alteración de la calidad de agua y así adoptar medidas y decisiones adecuadas, que permitan salvaguardar el recurso y su uso (UICN, 2018).

Se hace necesario resaltar que, para determinar la calidad de agua, los macroinvertebrados bentónicos, han sido los organismos más usados desde hace varios años como bioindicadores dentro del monitoreo de aguas, gracias a que presentan diversas ventajas (Plafkin , Barbour, Porter, Gross, & Hughes, 1989).

El presente estudio tiene como fin dar a conocer la calidad de agua del área de conservación municipal y uso sustentable de la microcuenca alta del río Santa Rosa, con la implementación de un sistema de bioindicadores conformados por macroinvertebrados bénticos, el proyecto de investigación se lleva a cabo en 8 estaciones de muestreo, dentro del área de estudio.

Además, uno de los objetivos es conocer las distribuciones de las poblaciones de macroinvertebrados, que se encuentran presentes en las distintas estaciones, utilizando los índices biológicos EPT y BMWP en su adaptación para Colombia.

En cuanto las evaluaciones físicas químicas, en este caso, se utilizó un multiparámetro para determinar la calidad de agua del área de conservación y uso sustentable de la microcuenca alta, mediante indicadores tales como temperatura del agua, conductividad eléctrica, pH y sólidos disueltos totales.

Por consiguiente, al realizar el biomonitoreo con macroinvertebrados, para la determinación de calidad de agua y al ser éste un método rápido, económicamente viable, confiable desde un punto de vista científico y prácticamente nuevo en el cantón Santa Rosa, el resultado servirá como soporte técnico para brindar soluciones, permitirá la formulación de estrategias que contribuirán a la toma de mejores decisiones y servirá como apoyo para futuros estudios.

1.2 Antecedentes

Las comunidades biológicas, son utilizadas como indicadores del estado en el que se encuentra el medio ambiente, dentro de la evaluación de calidad de los ecosistemas acuáticos, debido a que reflejan tanto características físicas, químicas, como biológicas e incorporan y acumulan el impacto de las distintas presiones sobre los hábitats naturales (Barbour, Gerritsen, & Stribling, 1999).

Desde principios del siglo XX, los métodos que consideran macroinvertebrados bentónicos, han sido empleados en Europa para determinar la calidad de las aguas. Así pues Kolkwitz y Marsson (1909), fueron los primeros que propusieron el Sistema Saprobiótico Continental y a raíz de esto, se han venido desarrollando y modificando nuevos índices, tales como: Biological Monitoring

Working Party (BMWP), Trent Biotic Index (TBI) y The River Invertebrate Prediction and Clasification System (RIVPACS) (Rosenberg & Resh, 1993).

En Latinoamérica, en países como México, Venezuela, Colombia, Chile, Ecuador, Bolivia y Argentina, son pocos los estudios puntuales realizados (Segnini, 2003). Pero, a pesar de lo anteriormente mencionado, países como en Argentina y Colombia, son algunos de los casos, que cuentan con adecuaciones e índices biológicos propios (Jacobsen et al., 1997; Jacobsen, 1998; Ríos & Prat, 2004).

La información en Ecuador, relacionada a taxonomía, índices biológicos y metodologías adecuadas para la aplicación de fauna bentónica en calidad de agua, es escasa (Arroyo & Encalada, 2009). Además, Dominguez, Goethals y De Paw (2005) manifiestan que, la mayoría de las investigaciones que han sido ejecutadas en el país, han sido realizados en regiones altas (>2000m) y añaden que son muy escasos los estudios para tierras bajas.

Al existir diferentes factores contaminantes, en los cuerpos de agua dentro de la provincia de El Oro, se ha visto la necesidad de llevar a cabo el monitoreo y levantamiento de información con el fin de determinar su calidad, entre ellos tenemos, el estudio realizado por el Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de El Oro GADPEO y el Instituto Nacional de Biodiversidad INABIO “ECOSISTEMAS DULCEACUÍCOLAS DE LA PROVINCIA DE EL ORO: Peces y macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos del Páramo al Manglar”, este estudio se llevó a cabo en diferentes unidades hidrológicas de los distintos cantones de la provincia y fue desarrollado por Valdiviezo, Garzón, Inclán, Mena y González (2018). Además, tenemos el trabajo de Pontón Valarezo (2018), en el que se realiza la evaluación de la calidad del agua de la microcuenca del río Piñas, en donde utiliza los índices BMWP y ICA mediante el uso de macroinvertebrados; de la misma manera, tenemos el estudio de Tinoco (2015), en donde realiza

la evaluación de la calidad de agua de los ríos que forman parte del cantón Portovelo, Amarillo y Calera, de estas investigaciones se obtiene como resultado que la calidad de agua de los dos cantones ya mencionados es mala, debido a que en ambos lugares, la actividad predominante es la minería, tanto industrial como artesanal y a esto se le suma que los residuos líquidos sin previo tratamiento, son depositados en sus ríos.

En la ciudad de Santa Rosa, se han desarrollado muy pocos estudios de Calidad de Agua, entre los cuales aparece el estudio de Tomaselli (2013) “Actividades Antropogénicas Y Su Incidencia En La Calidad Del Agua Del Río Santa Rosa, Sector El Playón- La Avanzada” en el que se muestra el grado de contaminación de la microcuenca baja, como consecuencia de la alta presión turística del sitio y el estudio de Vaca (2014) “Evaluación ambiental de la Calidad del Agua del río Santa Rosa y lineamientos para un Plan Ambiental”, en el cual determina, niveles de concentración de metales pesados, como el plomo y el cadmio y al mismo tiempo, utiliza parámetros microbiológicos para evaluar y definir el nivel de contaminación resultante de las actividades antropogénicas (mineras y ganaderas) del área de estudio.

1.3 Planteamiento del problema

Cuando se trata del mantenimiento de la vida en el planeta, el agua cumple un papel indispensable, pues su funcionalidad biológica la convierte en valiosa para la creación y la supervivencia de los organismos vivos, al mismo tiempo, el agua se convirtió en un pilar de desarrollo para el mundo (Monforte & Cantú, 2009).

Los problemas de calidad de agua, se originan con las prácticas inadecuadas, los recursos hídricos se contaminan con materiales tóxicos y/o sedimentos y su utilización es cada vez más limitada; vinculado al concepto de malas prácticas, en los cuerpos de agua, algunas situaciones son críticas, puesto a que implican la muerte de los seres humanos (Ramakrishna, 1997).

Desafortunadamente, el área de conservación municipal y uso sustentable de la microcuenca alta del río Santa Rosa, ubicada en la provincia de El Oro, ha soportado serios problemas ambientales a lo largo de los años, puesto que está siendo comprometida por parte de las comunidades aledañas, debido a que es la fuente principal de agua en la zona. Pues las actividades que se realizan en la microcuenca como la ganadería, agricultura, deforestación y la minería formal e informal, entre otros, han provocado que la calidad de agua se vea afectada.

Adicionalmente, las aguas residuales procedentes de los asentamientos humanos, son descargadas sin tratamiento previo, directamente en el área de conservación y uso sustentable de la microcuenca, convirtiéndose en otro factor contaminante de la reserva, alterando la diversidad biológica y afectando a las funciones ecológicas.

La implementación de los programas de monitoreo y los sistemas de medición, son un aspecto muy importante para la determinación de calidad de los cuerpos de agua (Encalada & Arroyo, 2009). La gran cantidad de información, que proporciona el monitoreo de calidad de aguas, es referente a variables fisicoquímicas y biológicas en un sistema acuático definido, asimismo, colectan datos, que pueden ser comparados en el tiempo y espacio, los cuales son de gran ayuda para evaluar y deducir si la buena calidad de agua está siendo comprometida por el manejo y uso que se está efectuando en la microcuenca (Udelar, 2018).

1.4 Justificación

Los cuerpos de agua de todo el planeta, que cooperan al desenvolvimiento de las actividades económicas, industriales y agrícolas, son un recurso de interés crítico que contribuyen al crecimiento, desarrollo y sostenimiento de las sociedades modernas (UNESCO-WWAP, 2003).

Los ríos, aguas subterráneas y humedales, han sido usados por la humanidad, para actividades como desarrollo urbano, agricultura, industria, entre otros (Baron, *et al.*, 2002), ignorando por

completo, las amenazas y los efectos negativos al ambiente y ecosistemas, la variedad biológica, así como al funcionamiento de los cuerpos de agua corriente (Allan & Flecker, 1993).

Alrededor de todo el planeta, anualmente, se vierten miles de toneladas de disolventes, metales pesados y otros diversos residuos, resultantes de las industrias, en los cuerpos hídricos y se estima que el 80% de las aguas residuales, son vertidas en los ecosistemas acuáticos sin ningún tipo de tratamiento previo (WWAP, Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. Aguas residuales: El recurso desaprovechado., 2017).

En ese mismo contexto, representando el 69% del uso anual de agua, la actividad que mayormente consume los cuerpos de agua dulce a nivel mundial, es la agrícola (incluida la ganadería, la acuicultura y el riego), el segundo lugar, lo ocupan las actividades industriales (incluidas las hidroeléctricas, minerías, etc.) y por último, aparecen las actividades municipales (incluida el agua potable) (FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018).

Dado a lo anterior, organizaciones como la ONU, menciona que una red de monitoreo de calidad de aguas, puede brindarnos datos de las posibles presiones en la calidad de misma y que además de proporcionarnos información sobre la fuente y cada uno de sus impactos, también nos permite obtener detalles sobre la efectividad de las soluciones aplicadas para reducirlos (ONU, 2018).

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Evaluar la calidad del agua en la reserva municipal de la microcuenca alta del río santa Rosa ubicado en la provincia de El Oro a través del uso de macroinvertebrados bénticos estableciendo la calidad de la fuente.

1.5.2 Objetivos específicos

- Conocer la distribución de las poblaciones de macroinvertebrados aplicando protocolos de valoración biológica rápida estableciendo la variedad de macroinvertebrados presentes.
- Determinar la calidad del agua de la reserva a través de indicadores físicos químicos estableciendo la calidad de la fuente desde un punto de vista químico.
- Evaluar la calidad del agua en la reserva municipal del río Santa Rosa utilizando los índices de sensibilidad ETP y BMWP estableciendo la calidad de la fuente.

CAPÍTULO II

2.1 2.1 Marco Conceptual

2.1.1 Agua Cruda

Reconocemos como agua cruda a las aguas superficiales como los ríos, lagos, quebradas, embalses; el agua subterránea y a los océanos, etc., que no han pasado o sufrido ningún tipo de procedimiento, ni mucho menos, modificación en su estado natural (Sierra, 2011).

2.1.2 Aguas Residuales

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO) define a las aguas residuales como:

“Agua que no tiene valor inmediato para el fin para el que se utilizó ni para el propósito para el que se produjo debido a su calidad, cantidad o al momento en que se dispone de ella. No obstante, las aguas residuales de un usuario pueden servir de suministro para otro usuario en otro lugar. Las aguas de refrigeración no se consideran aguas residuales” (FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, s.f.)

2.1.3 Bioindicadores

Los bioindicadores son organismos o comunidades que indican que tan favorable y que tan conservado es el estado de un hábitat, a través de su presencia (Morais Pimenta, Palau Peña, & Silva Gómez, 2009). Además, los bioindicadores nos brindan datos referentes a posibles riesgos a los que se exponen el ecosistema, el ser humano y otros microorganismos, gracias a que evalúan los efectos y consecuencias de la contaminación en un lugar determinado (Anze, et al., 2007).

2.1.4 Ecosistemas acuáticos

Los ecosistemas acuáticos nos ofrecen servicios ambientales, gracias a que nos brindan desde agua dulce, recursos para construcción, alimentación, hasta el control de sus componentes y la

mitigación al cambio climático, no obstante, debido a que son uno de los medios que posee gran variedad biológica, son considerados los ambientes más importantes ecológicamente y más productivos del mundo (Fernández, 2016).

2.1.5 Índice BMWP/Col

En este estudio, se utilizará el índice de monitoreo de calidad de agua BMWP en su adaptación para Colombia, el cual utiliza macroinvertebrados como bioindicador; pues esta metodología, llega a nivel de familias y la información obtenida serán datos cualitativos que se basarán en la presencia o ausencia de los mismos, en cuanto a la puntuación, será del 1 al 10 dependiendo del nivel de tolerancia de los diferentes grupos de macroinvertebrados a la contaminación de la fuente (Roldán, 2003).

2.1.6 Índice ETP

Este índice utiliza 3 órdenes de macroinvertebrados, los cuales son los más sensible a la contaminación de recursos hídricos, los tres grupos son: Ephemeroptera, Plecóptera y Trichóptera y una vez identificados y de acuerdo al número de macroinvertebrados presentes de cada grupo, se le asigna un valor y se determina la calidad de agua (Carrera & Fierro, 2001).

2.1.7 Macroinvertebrados Bentónicos

Macroinvertebrados bentónicos se les conoce a aquellos invertebrados que viven asociados a las variedades de sustratos que se encuentran en ecosistema acuático (bentos) y que gracias a su tamaño pueden ser retenidos con redes con luz de malla (250-500 um) y observados a simple vista (Martínez, 2012).

2.1.8 Manejo de Cuencas Hidrográficas

Se define al manejo de cuencas hidrográficas, como esfuerzos que tienden a realizar la identificación y aplicación de soluciones a los problemas interrelacionados causados por el daño

y el uso incorrecto de los recursos naturales renovables, así como de las cuencas hidrográficas y con la aplicación de estas soluciones, que pueden ser técnicas, socioeconómicas y legales se logra un óptimo progreso de la sociedad y se mejora la calidad de vida de la población inserta en ellas (Perez & Shinomi, 2004).

2.1.9 Monitoreo

“El monitoreo es un proceso continuo y sistemático para obtener y analizar información sobre el avance hacia la consecución de las metas y objetivos de un proyecto” (Berumen Milburn, 2010, p. 22).

Así mismo, el monitoreo mejora de manera considerable, la aplicación, uso de índices y parámetros biológicos, para determinar la calidad de agua en un lugar determinado, gracias a las capacidades desarrolladas de análisis y teledetección, lo que permite la seguridad y preservación de la misma (WWAP, Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2016: Agua y Empleo, 2016).

2.2 Base Teórica

2.2.1 Calidad De Agua

La Secretaría de Estado de Aguas y Costas del Ministerio de Medio Ambiente de España (2000) señala que:

“La calidad de las aguas es una variable descriptora fundamental del medio hídrico, tanto desde el punto de vista de su caracterización ambiental, como desde la perspectiva de la planificación y gestión hidrológica, ya que delimita la aptitud del agua para mantener los ecosistemas y atender las diferentes demandas. La calidad de las aguas puede verse modificada tanto por causas naturales como por factores externos. Cuando los factores externos que degradan la calidad natural del agua son ajenos al ciclo hidrológico, se habla de contaminación”. (p. 196).

Por otro lado, De La Cruz (2015) nos indica, que la calidad de agua, depende de la alteracion que sufren las fuentes hidricas por el vertido de líquidos residuales sin tratamiento previo, desarrollo industrial, expansion de fuentes agrícolas, entre otros.

Se puede definir, la calidad de un medio hídrico, como el estado y estructura de la biota acuática que se encuentran en los cuerpos de agua; así mismo, se define como una nómina de aspectos físicos, especificaciones y concentraciones de sustancias inorgánicas y orgánicas (Cobos, 2019).

2.2.1.1 Parámetros Físicos, Químicos y Biológicos de la calidad de agua

2.2.1.1.1 Parámetros Físicos

Según Severiche, Castillo y Acevedo (2013) los parámetros físicos de los ríos son:

- a) **Turbidez:** En las aguas se presenta la turbidez cuando existe la presencia de materia orgánica e inorgánica dividida finamente, plancton, organismos microscópicos y material suspendido y coloidal como limo y arcilla.
- b) **Olor:** El agua adopta olores gracias a las diferentes sustancias que están presentes, generalmente, se debe a tanto la existencia de sustancias orgánicas e inorgánicas (sulfuro de hidrógeno).
- c) **Color:** En general, resulta gracias a la presencia de diferentes sustancias como humus, materia orgánica disuelta e iones metálicos naturales y se puede determinar por espectrofotometría o comparación visual.
- d) **Conductividad eléctrica:** Esta medida nos facilita saber el contenido de iones disueltos o constituyentes iónicos presente en una solución acuosa, eso quiere decir que nos indica la capacidad que posee el agua para trasladar corriente eléctrica.
- e) **Temperatura:** Para determinar este parámetro físico se puede realizar la medición directamente en el recurso hídrico; posee gran importancia ya que al influye en los

resultados de las mediciones de parámetros como pH, conductividad y alcalinidad, por lo tanto, la evaluación de la temperatura de un cuerpo de agua, es de gran ayuda en la evaluación de los efectos del mismo.

- f) **Sólidos totales:** Al realizar su determinación mediante análisis de laboratorio, nos permite estimar el contenido de materias suspendidas y disueltas que están presentes en el agua y su resultado depende de la temperatura y la duración del proceso de desecación.

2.2.1.1.2 Parámetros Químicos

Según Sierra (2011), los parámetros químicos son:

- a) **pH:** Este parámetro físico, también conocido como potencial de hidrógeno, indica la magnitud en la que se encuentran las condiciones básicas o ácidas de un cuerpo de agua. Es una medida de la cantidad de iones de hidrógeno.
- b) **Alcalinidad:** En el agua, la alcalinidad ayuda a contrarrestar las condiciones ácidas y en los cuerpos de agua cruda, se debe a la existencia de iones como el CO_3^{2-} y HCO_3^- , los mismos que penetran al agua gracias a la intervención del CO_2 .
- c) **Dureza:** Los cationes bivalentes, que se encuentran en el agua, como Ca^{2+} y Mg^{2+} provocan la dureza y la misma ingresa al agua gracias al proceso natural de disipación de las formaciones rocosas, que están localizadas en el suelo; también se la define como la propiedad que poseen ciertas aguas para romper el detergente.
- d) **Nitrógeno total:** Está compuesto de nitrógeno orgánico, nitrito, nitrato y amoníaco. Al ser el N básico, en la síntesis de proteínas, será importante y necesario conocer sus datos al estar presente en el agua.
- e) **Fósforo:** En las soluciones acuosas, los fosfatos orgánicos, los ortofosfatos y polifosfatos son las formas más comunes en la que el fósforo se hace presente, sin embargo,

extrañamente aparece en concentraciones elevadas gracias a que la vegetación lo consume de manera rápida.

- f) **Grasas y aceites:** Se denomina grasas y aceites a la variedad de sustancias orgánicas que se obtienen como producto de la extracción de soluciones acuosas o en suspensión, llegan al agua gracias a las diversas actividades antrópicas y su existencia en las aguas naturales prohíben el paso de luz y oxígeno disuelto.

Según CEPIS (2004)

- g) **Materia orgánica:** La materia orgánica, que se encuentra presente en el agua, por lo general es la que provoca color, sabor y olor. Por otro lado, en el agua cruda no contaminada, a excepción de las aguas estancadas o las provenientes de la selva, la materia orgánica se encuentra en cantidades mínimas, las mismas que generan los siguientes parámetros:

- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** Se hace referencia como DQO al oxígeno que consumen los agentes reductores que se encuentran en un cuerpo hídrico para descomponer la materia orgánica sin ningún tipo de participación de organismos vivos.
- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5):** Hace referencia a la dosis de oxígeno que se necesita para la descomposición, por acción bioquímica aerobia, de la materia orgánica presente en el agua.

- h) **Oxígeno Disuelto:** En el agua natural, su presencia depende de la presión, temperatura, mineralización, etc., se lo considera como indicador de contaminación ya que la ausencia o niveles bajos del mismo puede indicar actividades bacterianas intensas y condiciones sépticas de materia orgánica.

2.2.1.1.3 Parámetros Biológicos

Según Rojas y Heydrich (2013)

- a) **Coliformes totales:** Se define a todas las bacterias gram-negativas que generan, en 24 horas, gases y ácidos como producto de la fermentación de la lactosa (35 a 37°C); estas presentan actividad enzimática B-D-galactosidasa, además, poseen forma bacilar y carecen de esporas. Pueden ser aerobias o anaerobias facultativas.

Según Rivera y Rock (2014)

- b) **Coliformes Fecales (*Escherichia coli*):** Estas bacterias son gram-negativo y de tipo coliformes fecales y gracias a que se localizan en el sistema digestivo de animales y humanos, cuando se encuentra presente en los cuerpos de agua natural, nos indica que se han vertido aguas residuales o existe contaminación por desechos animales.

Según OMS (2006)

- c) **Salmonella:** Bacilos gramnegativos móviles que no permiten que la lactosa se fermente, al estar presentes en el agua y al ser ingerido por los humanos, puede causar gastroenteritis, fiebre tifoidea, y bacteriemia y su infección se da por el consumo de alimentos o agua contaminada.
- d) **Virus patógenos:** En el agua cruda, tratada y residual se ha comprobado la existencia de ciertos virus como el astrovirus, calicivirus y enterovirus, los cuales poseen diferentes modos de acción sobre la salud humana. De la misma manera, el agua, puede ser contaminada, por las heces excretadas de personas infectadas por virus entéricos, y la gran parte de estos virus, infectan al tracto gastrointestinal.

2.2.2 Cuencas Hidrográficas

A las cuencas hidrográficas se las considera como un “sistema continuo” de suelos, cobertura vegetal, clima, presencia humana a lo largo de su pendiente, red de drenaje, sistemas de producción y hábitats que tienen relación e interactúan entre sí en el tiempo y espacio (Gaspari, Rodríguez, Seniesterra, Delgado, & Besteiro, 2013).

Las cuencas permiten entender de manera espacial el ciclo del agua, de la misma manera, nos permite identificar y cuantificar a lo largo de la red hidrográfica los impactos causados por las actividades humanas o por las diferentes externalidades, como por ejemplo los sedimentos, nutrientes y contaminantes que afectan de manera positiva o negativa, no solo a la cantidad, sino también a la calidad del agua, la capacidad de adaptación de los ecosistemas y por ende a la calidad de vida de los habitantes inmersos en ella (SEMARNAT, 2013).

En la actualidad, en las cuencas o unidades hidrográficas, se proyectan y diseñan políticas encaminadas al progreso rural y al manejo sostenible e integral de los ecosistemas, ya que son consideradas un excelente medio para gestionar los recursos hídricos (Sepúlveda & Rojas, 2002; Rodríguez, 2006).

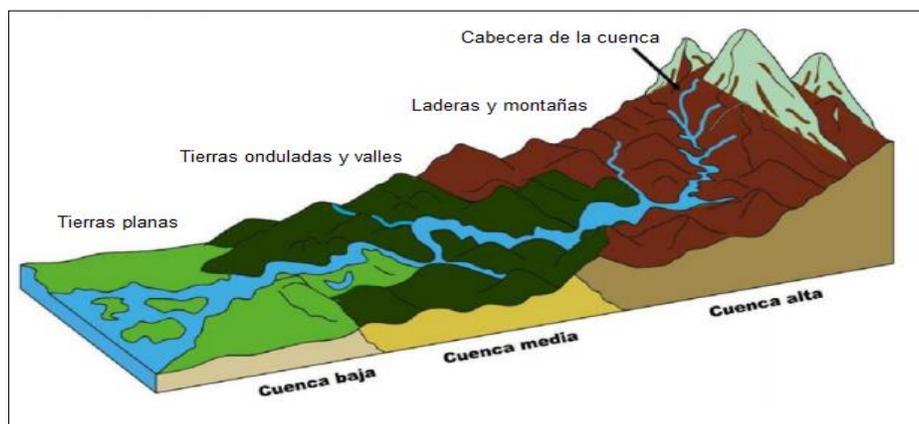
2.2.2.1 Partes de la Cuenca Hidrográfica

Según Vásquez *et al.*, (2016) una cuenca hidrográfica está constituida por tres partes (Ilustración 1), dando lugar a la cuenca alta, media y baja.

- **Parte alta:** Debido a que, en esta parte alta de la cuenca la precipitación pluvial es abundante e intensa, se concentra el mayor volumen de agua ya sea en forma de nevados o lluvias, alcanza altitudes de 3000 a 6500 msnm y la precipitación anual promedio es de 800 hasta 1600 mm por año aproximadamente. La parte alta es clave para la preservación y protección de la cuenca, por ser abastecedora de agua para las partes medias y bajas y

gracias a que es la zona con mayor disponibilidad de agua de buena calidad se le denomina “cabecera de cuenca”.

- **Parte media:** Comprenden los 800 y 3000 msnm aproximadamente, sus precipitaciones varían entre 100 a 800 mm por año y la función de esta parte media está relacionada fundamentalmente con el escurrimiento de las aguas. En esta parte media se ubican los valles interandinos que poseen clima variado y benigno.
- **Parte baja:** Posee una pendiente baja, alcanza hasta los 800 msnm y posee precipitaciones menores a 100 mm al año, en esta zona se encuentran los valles costeros, en donde se desarrollan actividades agropecuarias y también se ubican los grandes proyectos de irrigación con sistema de embalse.



*Ilustración 1 Esquema de las partes de la microcuenca.
Fuente: Aparecido en (Vásquez, et al., 2016)*

2.2.2.2 Clasificación de Cuencas Hidrográficas.

2.2.2.2.1 Por su balance hídrico

Según Villalta y Castaneda (2003), al comparar oferta y demanda, las cuencas hidrográficas se clasifican de la siguiente manera:

- Cuencas balanceadas: Se presenta cuando la oferta y demanda son compatibles.

- Cuencas con Exceso: Se presenta cuando la oferta es superior a la demanda.
- Cuencas deficitarias: Se presenta cuando la demanda es superior a la oferta.

2.2.2.2.2 Por su Ecosistema

Según el ecosistema o medio en la que se encuentran, establecen una condición natural (Ordoñez, 2011):

- Cuencas frías (Cuenca del lago Titicaca).
- Cuencas tropicales (Cuenca del canal de Panamá).
- Cuencas áridas (Cuenca del río Cañete).
- Cuencas húmedas.

2.2.2.2.3 Por su sistema de drenaje

Según Bency, Francis y Cordón (2013) las cuencas hidrográficas se denominan, por su sistema de drenaje, de la siguiente manera:

- **Arréicas:** Se denomina arréicas a las cuencas hidrográficas cuyas aguas no se drenan hacia un lago, río o mar, por el contrario, se eliminan por evaporación o infiltración razón por la cual no se llega a lograr escurrimiento subterráneo.
- **Endorreicas:** Se les denomina endorreicas cuando sus aguas no terminan en el mar, sino que drenan hacia un lago o embalse.
- **Criptorréicas:** Se les denomina criptorréicas a las cuencas hidrográficas, cuyas redes de agua superficial o drenaje, no corren como cuerpos de agua subterráneos y tampoco cuentan con un sistema organizado.
- **Exorréicas:** Las cuencas son exorréicas cuando las pendientes conducen a las aguas hacia un gran río o mar, es decir a un sistema mayor de drenaje.

2.2.2.2.4 División de cuencas hidrográficas

Atendiendo el grado de concentración de drenaje, una cuenca se puede dividir de diversas maneras (Villalta & Castaneda, 2003):

- **Subcuenca:** Una cuenca puede ser constituida por la agrupación de varias subcuencas y se refiere a toda área que, de manera directa, desarrolla su drenaje al flujo principal de la cuenca hidrográfica.
 - **Microcuenca:** Una Subcuenca está constituida por varias microcuencas, a la cual se le define como toda área cuyo drenaje se desenvuelve hacia la corriente principal de una Subcuenca.
- a) **Quebradas:** La Microcuenca está constituida por varias quebradas, las cuales son definidas como toda área cuyo drenaje se va desarrollando de forma directa hacia la corriente principal de la microcuenca y en algunas ocasiones estos cursos de agua se suelen detener en grandes ríos y demás cuerpos de agua.

Tabla 1 Clasificación de Cuencas, Subcuencas y Microcuencas Hidrográficas.

UNIDAD	NUMERO DE ORDEN	ÁREA EN Km ²
Microcuenca	1, 2, 3	10 - 100
Subcuenca	4, 5	100 - 700
Cuenca	6, 7 o más	Mayor a 700

Fuente: (Villalta & Castaneda, 2003)

2.2.2.3 Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas

Se define al manejo integral de cuencas hidrográficas, como administración de un sistema hidrográfico que el hombre realiza en la búsqueda de una gestión sostenida y óptima, a su vez, este manejo le otorga al desarrollo sustentable, un ámbito geográfico de aplicación, que incluye un

proceso antrópico al cual lo conforma la organización, planificación, evaluación y control de la ejecución de las diversas actividades con la finalidad de garantizar el crecimiento económico y, que además de poder preservar los recursos naturales, mantendrá el bienestar social de las presentes y futuras generaciones (Gaspari, *et al.*, 2013).

Son dos las acciones que se involucran en el manejo integral de cuencas hidrográficas, por un lado, están las orientadas a recuperar, proteger y conservar los recursos naturales con el fin de asegurar la sustentabilidad ambiental; por otro lado, están las acciones orientadas a transformar, usar y consumir los recursos naturales que se encuentran presentes en la cuenca y que permiten contribuir de una u otra manera en el crecimiento económico (Dourojeanni, 1994).

2.2.2.4 Importancia de una Microcuenca

A las Microcuencas, se las considera de gran importancia gracias a que, como áreas de planificación, permiten diseñar acciones para poder preservar, recuperar y salvaguardar sus recursos naturales como agua, bosque, biodiversidad y suelo de manera integrada, así como a las comunidades que forman parte de ella (FAO, 2007).

Además, de que la microcuenca, les permite a las comunidades ver desde otra perspectiva las interrelaciones entre la productividad en el uso de los recursos naturales y el comportamiento de los mismos, también, hace más fácil las distintas relaciones e interacciones entre entidades que brindan servicios a la población como agua potable, agricultura, salud, educación y caminos, tanto a nivel local como nacional (Gonzaga & Ochoa , 2019).

2.2.3 Macroinvertebrados Acuáticos

Estos organismos son bichos que se los denomina macro, porque son grandes, se los puede observar o localizar a simple vista y pueden llegar a medir entre dos milímetros y treinta

centímetros; el término de invertebrados se les asigna, ya que no existen huesos en su cuerpo y acuáticos porque los localizamos en lagos, lagunas, ríos, esteros, etc. (Carrera & Fierro, 2001).

Los macroinvertebrados, en los ecosistemas dulceacuícolas, viven en aguas lénticas como por ejemplo lagos, lagunas, ciénagas, embalses y también habitan en aguas lóxicas como ríos, arroyos quebradas, etc. (Álvarez, 2005). Adicional a esto, Carrera y Fierro (2001) mencionan que, así como los macroinvertebrados pueden habitar en leños caídos en estado de descomposición, en hojas que flotan en el cuerpo de agua y sus restos, también pueden habitar en arena o sedimento del fondo del río y hasta debajo de las rocas.

Podemos incluir que, los macroinvertebrados constituyen una pieza clave en las relaciones tróficas que se desarrollan en los diferentes ecosistemas, razón por la cual, se los considera una parte fundamental en el funcionamiento de los medios acuáticos (Diehl & Kornijów, 1998).

Gracias a que los macroinvertebrados bentónicos responden a los diferentes cambios que ocurren en los ecosistemas dulceacuícolas, como consecuencia de actividades humanas, se han convertido en el grupo cada vez más utilizados y más aceptados como un importante instrumento en la evaluación y monitoreo de la calidad de agua (Silveira, Queiroz, & Boeira, 2004).

Al ser estos macroinvertebrados tan diversos, responden de manera favorable al existir cualquier tipo de contaminación y gran parte de ellos, que están localizados en el fondo de ríos, lagos, lagunas, etc., no se desplazan distancias grandes para evitarla (Valdiviezo *et al.*, 2018). Razón por la cual, al monitorear la calidad general del agua, con macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores, obtendremos información con la que no se cuenta al momento de coger la muestra (Rosenberg & Resh, 1993).



*Ilustración 2 Ejemplar representante del orden Corixidae.
Fuente: (Martínez , 2012).*

Al mismo tiempo, Roldán y Ramírez (2008) nos indican que, el uso de los macroinvertebrados bentónicos, como bioindicadores en los estudios de calidad de agua, se fundamenta en que los diferentes cambios que ocurran en el medio ambiente y sus componentes, se verá reflejado en la estructura de las comunidades de macroinvertebrados presentes en el sitio. De tal manera que, se puede conocer en qué estado se encuentra la calidad de agua al usar estas especies en su monitoreo, esto ocurre debido a que ciertos macroinvertebrados, requieren de una óptima calidad de agua para poder sobrevivir, mientras que otros se reproducen, crecen y resisten cuando existe contaminación (Carrera & Fierro, 2001).

A continuación, según Álvarez (2005), se presentan las ventajas que los macroinvertebrados benthicos proporcionan en el biomonitoreo:

- Se los puede encontrar a simple vista.
- Son organismos abundantes y de amplia distribución.
- Las técnicas para su muestreo son simples, están estandarizadas y no requieren equipos costosos.
- Al ser sedentarios, la mayor parte de macroinvertebrados, reflejan condiciones a nivel local.

- Al poseer ciclos de vida relativamente largos, permanecen en los ecosistemas acuáticos el tiempo necesario y suficiente, para detectar cualquier alteración en su abundancia y diversidad.
- Al ser tan diversos, presentan una gran tolerancia a los diversos factores contaminantes.
- En comparación con otros grupos, son relativamente fáciles de identificar.
- Genéticamente varían poco.
- Para la aplicación de índices, no existe la necesidad de identificar a los macroinvertebrados a nivel de especies, ya que es suficiente reconocerlos solo a nivel de familia.

2.2.3.1 Principales Órdenes de macroinvertebrados acuáticos

2.2.3.1.1 Coleóptera

Son el grupo más diverso, la mayoría de las especies son terrestres y aproximadamente 10.000 especies son acuáticas, están asociadas a un amplio gradiente de condiciones ambientales, desde aguas lenticas y de vegetación litoral, hasta ambientes de aguas rápidas y oxigenada (González, Crespo, Acosta, & Hampel, 2018).

El orden coleóptero forma parte de los macroinvertebrados bentónicos, cuando los especímenes se encuentran en estado de larva, y además de que actúan como integradores y modificadores de materia orgánica vegetal como ramas, troncos caídos, hojas y semillas, así mismo participan en las cadenas tróficas actuando como herbívoros, comedores de perifiton y como detritívoros (Araya, 2000).

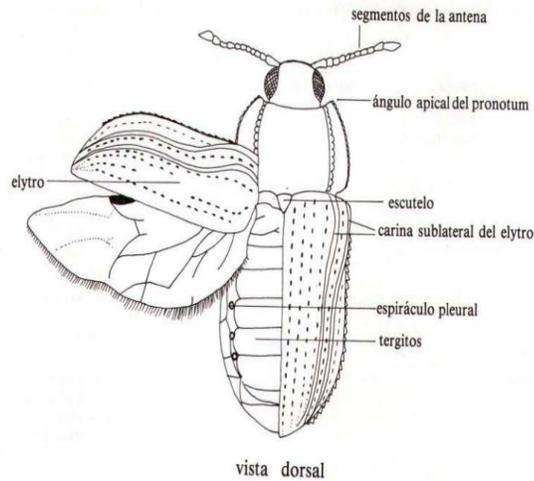


Ilustración 3 Aspectos morfológicos de un coleóptero adulto. Posición dorsal.
 Fuente: (Roldán, 1996)

2.2.3.1.2 Díptera

A nivel mundial, se considera a este orden de holometábolos uno de los más numerosos y diversificados, pues su reproducción y alimentación son muy variadas, al igual que su morfología, además, durante su estadía abarcan diferentes nichos ecológicos acuáticos y terrestres y dentro de la misma familia se puede encontrar ejemplares degradadores, predadores, incluyendo parásitos (Lopretto & Tell, 1995).

En cuanto a la respiración, algunas familias toman el oxígeno del agua a través de branquias y otras lo hacen a través de espiráculos abdominales o en tubos respiratorios de distinto tamaño (González, *et al.*, 2018).

En el orden díptera, existen familias que no pueden sobrevivir en aguas contaminadas como la familia Chironomidae y Tipulidae, así mismo, encontramos ejemplares de aguas muy limpias como por ejemplo los macroinvertebrados de la familia Simuliidae (Dominguez & Fernández, 2009).



*Ilustración 4 Larva representante de la familia Tipulidae.
Fuente: (González, Crespo, Acosta, & Hampel, 2018)*

2.2.3.1.3 Ephemeroptera

Se le da este nombre, gracias al período de vida corto o “efímera” de los adultos, la gran mayoría pueden alcanzar su madurez sexual y realizar su reproducción entre tres o cuatro días, sin embargo, hay ejemplares que solo pueden llegar a vivir 5 minutos (Roldán, 1996).

El hábitat de estos especímenes son las aguas bien oxigenadas, corrientes y limpias, pero a pesar de ello, existen ejemplares que resisten cierto grado de contaminación ambiental, su lugar preferido para su estadía son hojas o vegetación sumergida y sustratos rocosos, además, se puede añadir que las ninfas se alimentan de los tejidos de vegetación acuática y forman parte de la dieta de los peces (Roldán, 1988).



*Ilustración 5 Ejemplar de larva de Perlidae: Anacroneuria.
Fuente: Autora*

2.2.3.1.4 Trichóptera

Los insectos del orden Trichóptera poseen alas que están cubiertas por pelos, principalmente las anteriores, su metamorfosis es completa y se lo considera el orden con más importancia de macroinvertebrados acuáticos gracias a su variedad, distribución biogeográfica y abundancia de sus especies, además, cuando se encuentran es estado inmaduro como larvas, huevos y pupa habitan en riachuelos, ríos, cascadas y lagos (Muñoz, 2000).

Los tamaños y formas, en su estado larvario, son muy variados ya que se identifican por poseer hasta 7 ojos sencillos a cada lado de la cabeza, antenas ausentes o pequeñas y tres pares de patas articuladas, también poseen un abdomen que termina en uñas anales fuertes (González, *et al.*, 2018).

De acuerdo a Rosenberg y Resh (1993), las etapas inmaduras, son usadas como bioindicadores en estudios de calidad de aguas, debido a que son estos ejemplares son sensibles a la contaminación y degradación de hábitat.

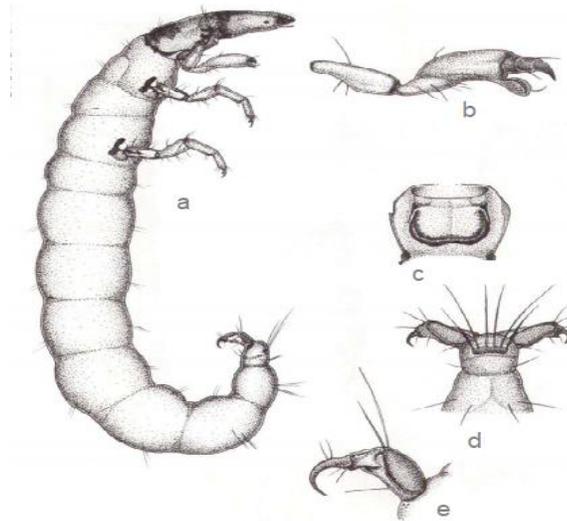


Ilustración 6 Hydrobiosidae: *Atopsyche*. a. Larva, vista lateral; b. Primera pata; c. Potórax, vista ventral; d. patas anales, vistas dorsalmente; e. Uña anal, vista lateral.
Fuente: (Roldán, 1996)

2.2.3.1.5 Odonata

A su estado, adulto se les llama libélulas y caballitos de mar y por el contrario, se conoce a su estado inmaduro, como ninfas o náyades, mismos que habitan en medio totalmente acuático, son muy diversos en la región neo tropical y todas las larvas son consideradas predadoras; posee un par de ojos globosos, en el tórax presentan tres pares de patas articuladas y su respiración la realizan a través de láminas que se encuentran ubicadas en el abdomen, generalmente el orden Odonata se clasifica en dos subórdenes los cuales son Zygoptera y Anisoptera (González, *et al.*, 2018).

Cuando este orden se encuentra presente en un hábitat determinado, puede indicar la calidad del mismo, ya que existen especies que dependen de las características de su hábitat como por ejemplo especies estenotópicas, las cuales son aquellas que presentan gran sensibilidad a los cambios de su medio y las euritópicas que se refiere a especies oportunistas o generalistas (Sánchez, Pérez, Jiménez, & Tovar, 2009).



*Ilustración 7 Ejemplar hembra de una larva de caballito del diablo.
Fuente: (Sánchez, Pérez, Jiménez, & Tovar, 2009).*

2.2.3.1.6 Megalóptera

Son dos las familias más representativas de este orden: Sialidae y Corydalidae, sus ejemplares se caracterizan por ser de color oscuro y poseer un par de fuertes y grandes mandíbulas, un par de

propatas anales, tres pares de patas torácidas y por tener en el abdomen traqueobranquias compuesta o simples; además, habitan en aguas de corrientes rápidas limpias o poco contaminadas, razón por la que se los considera buenos bioindicadores de calidad de agua (González, *et al.*, 2018).



*Ilustración 8 Larva predadora de la familia Corydalidae.
Fuente: (Zumbado & Azofeifa, 2018).*

2.2.3.1.7 Plecóptera

Se consideran importantes, en el cuerpo de agua en donde habitan, ya que no soportan la contaminación, por ende, se utilizan como bioindicadores de calidad de agua; presentan metamorfosis gradual y se caracterizan por poseer dos colas, cuando se encuentran en estado de ninfas presentan una cabeza con piezas bucales totalmente formadas, respiran por branquias traqueales y pueden llegar a medir entre 10 a 30 mm (González, *et al.*, 2018).



*Ilustración 9 Ninfa perteneciente a la Familia Perlidae.
Fuente: (González, *et al.*, 2018)*

2.2.3.1.8 Hemíptera

Son conocidos como chinches de agua, algunas especies son utilizadas en el biomonitoreo para determinar la calidad de agua, ya que ciertos ejemplares habitan en cuerpos de agua que tienen tensión superficial no rebajada, las mismas que son catalogadas como aguas limpias, sustancias tóxicas activas como el petróleo y detergentes, romperían la tensión superficial del agua haciendo que los hemípteros desaparecieran; otros ejemplares son usados para el consumo humano y ciertas especies sobreviven a ambientes con elevadas temperaturas; por otro lado, el orden hemíptera, en las cadenas tróficas acuáticas, juegan un papel importante debido a que son depredadores de otros macroinvertebrados y sirven como alimento para otros organismos (Aristizabal, 2002).



*Ilustración 10 Ejemplar representante de la familia Naucóride.
Fuente: (González, et al., 2018)*

2.2.3.2 Índices Biológicos de macroinvertebrados para determinar la calidad del agua.

2.2.3.2.1 Índice ETP (Ephemeroptera, Plecóptera Y Trichóptera)

Este índice determina el estado de la calidad de agua, por medio de tres órdenes de macroinvertebrados que se caracterizan por presentar sensibilidad ante la contaminación acuática, los tres órdenes son Ephemeroptera o moscas de mayo, Plecóptera o moscas de piedra y Trichóptera (Carrera & Fierro, 2001).

Una vez identificados y clasificados los diferentes ejemplares de cada orden, se procede a registrar una hoja de campo para cada punto muestreado, se calcula la abundancia total y se aplica la siguiente fórmula.

$$EPT\ TOTAL = \frac{\sum EPT\ presentes}{\# de individuos} * 100$$

Ecuación 1. Ecuación para calcular el índice EPT.

La Tabla N° 2 determina la calidad de agua con los valores para el índice EPT.

Tabla 2. valores para la calidad de agua utilizando el índice ETP

%	CALIDAD DE AGUA	COLOR
75-100	Muy buena	Azul
50-74	Buena	Verde
25-49	Regular	Amarillo
0-24	Mala	Rojo

Fuente: Adaptado de (Carrera & Fierro, 2001)

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

El método BMWP es un método rápido y sencillo que fue creado en Inglaterra en 1970, es muy utilizado para el monitoreo y evaluación de calidad de agua, utilizando macroinvertebrados acuáticos bentónicos como indicadores biológicos (Álvarez, 2005).

El índice BMWP/Col se desarrolló gracias a que a inicios de la década de los 70, en Colombia, se aplicó el índice original BMWP creado por investigadores norteamericanos y europeos, pero al revisar los primeros análisis con ayuda de expertos, se pudo observar que la mayor parte del estudio estaba identificado erróneamente ya que la metodología usada era aplicable para zonas templadas, dándose la necesidad de crear una adaptación del mismo índice biológico para tierras colombianas, así de esta manera, estudiantes y especialistas de la Universidad de Antioquía elaboraron claves

de carácter taxonómico para cada grupo de macroinvertebrados acuáticos existentes en Colombia, dando como resultado el estudio creado por Roldán (1988) “Guía para el estudio de Macroinvertebrados Acuáticos del Departamento de Antioquía”, el mismo que sirvió como base para estudios de este índole en las distintas zonas de Colombia y Latinoamérica (Roldán-Perez, 2016).

Este índice, al aplicarlo, solo necesita llegar a nivel de familias y proporciona datos e información de la ausencia o presencia de los organismos, es decir los datos son cualitativos (Álvarez, 2005).

La puntuación de las especies se la asigna según la tolerancia de los diferentes ejemplares a la contaminación orgánica y va de 1 a 10 (Tabla N° 3), de esta manera, la familia Tubificidae, que pertenece al grupo de familias más tolerante a la contaminación, recibe un puntaje de 1 y las familias Perlidae y Oligoneuriidae, pertenecientes al grupo de familias más sensibles, reciben una puntuación de 10 (Pastrán , 2017). El valor de la sumatoria de todos los puntajes de las especies encontradas, en las diferentes estaciones de monitoreo determinadas en el área de estudio, nos arroja el puntaje del índice BMWP/Col.

Tabla 3. Puntajes establecidos para las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos para la obtención del BMWP/Col.

Familias	Puntuación
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hydridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae.	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydraenidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Polymitarcyidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelphusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae , Scirtidae	7

Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolichopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydrometridae, Noteridae	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae	2
Tubificidae	1

Fuente: Adaptado de (Roldán P. G., Biondiciación de la calidad del agua en Colombia: Propuesta para el uso del método BMWP Col. Medellín, 2003)

Las familias reciben su valoración y se clasifican en cinco grupos de acuerdo a su sensibilidad, lo que permite determinar la calidad de agua (Tabla N° 4).

Tabla 4. Clasificación de la calidad de aguas y su significado, con la aplicación del índice BMWP/Col

CLASE	CALIDAD	VALOR DEL BMWP	SIGNIFICADO	COLOR
I	Buena	≥150, 101-150	Aguas muy Limpias a limpias	Azul
II	Aceptable	61-100	Aguas Ligeramente Contaminadas	Verde
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy Critica	<15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: (Roldán P. G., Biondiciación de la calidad del agua en Colombia: Propuesta para el uso del método BMWP Col. Medellín, 2003)

2.3 Marco legal

En Ecuador, la Legislación Ambiental, utilizada para la prevención y control de la contaminación ambiental, referente a los recursos acuáticos, es la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua, la misma que se encuentra especificada en el anexo I, libro VI, del TULSMA.

2.3.1 Libro VI, Anexo I del Texto Unificado de la Legislación Ecuatoriana del Ministerio del Ambiente (TULSMA)

Esta edición especial N° 387 del 4 de noviembre del 2015, tiene como objetivo principal, proteger la calidad del recurso agua con el fin de salvaguardar y preservar los usos asignados, la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general. Por lo tanto, las acciones, que están destinadas a conservar, preservar o recuperar la calidad del agua, deben seguir los términos que se encuentran presentes en la norma (Texto Unificado de la Legislación Ecuatoriana del Ministerio del Ambiente (TULSMA), 2015).

Con respecto a cuerpos de agua dulce, en la presente normativa, se encuentran los criterios de calidad para sus diferentes usos (Anexo A); como por ejemplo la Tabla 1, que indica los niveles máximos permisibles de parámetros físicos, químicos y biológicos, que deberán tener las aguas de consumo humano y uso doméstico la Tabla 3, que contiene los criterios de calidad de aguas para riego agrícola y la Tabla 5, que indica los criterios de calidad de aguas para uso pecuario).

2.4 Estado del Arte

Los estudios realizados con el uso de macroinvertebrados acuáticos bentónicos, para determinar la calidad de agua, han dejado gran variedad de información, mismo material disponible que será expuesto en el presente trabajo como base para futuros estudios.

El estudio “Alcanzando Una Calidad De Agua De Río Sostenible Para Los Habitantes Rurales Al Priorizar La Conservación De La Biodiversidad De Macroinvertebrados En Dos Arroyos Afrotropicales” realizado en el año 2021, en dos ríos de Nigeria que son protegidos por las comunidad rural, el río Baka Jeba y Penyan, en los cuales, con el fin de alcanzar los objetivos de desarrollo sostenibles globales de la ONU, se tomaron cuatro diferentes muestras de macroinvertebrados en cada una de las estaciones establecidas durante un período de 8 meses a lo

largo de la zona de estudio, además, se realizaron pruebas físico químicas, las cuales revelaron que los dos ríos se encontraban en perfectas condiciones, con bajos niveles de nutrientes, baja DBO y alto oxígeno disuelto, tanto en la estación seca como húmeda, por otro lado los autores realizaron análisis de correspondencia canónica (ACC), el cual les permitió evaluar las relaciones entre las comunidades de macroinvertebrados y las variables ambientales, en cuanto al muestreo con macroinvertebrados se aplicaron índices biológico (diversidad de Margalef, diversidad de Shannon y el de uniformidad) los mismos que se analizaron con ayuda de análisis estadísticos, en definitiva, los resultados presagian que la calidad de los cuerpos de agua es buena y los datos de biointegridad indicaron que, para conservar la biodiversidad, los tramos superiores de los dos ríos era el área indicada (Francis, Muhamed, Grace, & Unique, 2021).

En el continente Asiático, se realizó en el año año 2020 “Una Comparación De La Puntuación Métrica Y Los Métodos De Clasificación Del Estado De Salud Para Evaluar El Índice De Rendimiento De Integridad Biótica Basado En Macroinvertebrados Bentónicos En El Humedal Del Lago Poyang”, en el cual el objetivo es diseñar un índice de integridad biótica (IIB) a través del uso de macroinvertebrados, con el fin de evaluar la calidad del lago Poyang en China, para esto los autores recopilaron información de 30 estaciones de muestreo sobre perturbaciones antropogénicas, calidad de agua y por supuesto los conjuntos de macroinvertebrados, además, se eligió al número de taxones, el % de dípteros, el índice ASTP (Average Score Per Taxon), el índice de diversidad de Shannon-Wiener y el número de taxones de depredadores como atributos para el IIB y se estandarizaron los métodos de clasificación y puntuación para así poder realizar la comparación de los resultados de las evaluaciones en las diferentes áreas y períodos de tiempo, logrando así un IIB que logró calificar la calidad de agua del lago como aceptable, concretizando

que el humedal ha experimentado cambios y presión antropogénica (Qinghui, Wenjing, Minfei, & Qiwu, 2020).

En el estudio titulado “Efectos De La Contaminación Antropogénica Y La Variación Hidrológica Sobre Los Macroinvertebrados De Los Ríos Mediterráneos: Un Estudio De Caso En La Cuenca Superior Del Río Tajo (España)” realizado en el año 2020, se monitorearon doce sitios con diferentes fuentes de contaminación química, a lo largo de la cuenca del río Tajo, ubicado en la zona central de España; las muestras fueron recolectadas durante tres períodos estacionales (otoño, verano y primavera) y además de que se midió el nivel de nutrientes y contaminantes en las descargas de agua, también se tomaron muestras de macroinvertebrados, los mismos que presentaron menor diversidad en los sitios agrícolas, por lo que se concluye que las diferentes características funcionales y taxonómicas de las familias de macroinvertebrados, son mucho mayor cuando se presenta bajo flujo; en definitiva, los cambios más notables causados por la contaminación, se dieron cuando el caudal de la cuenca era bajo (Arenas, Arenas, Dolédec, Vighi, & Rico, 2020).

En América del Sur, en el año 2019, se realizó el artículo “Examinando La Influencia De Factores Estresantes Humanos En Algas Bentónicas, Macroinvertebrados Y Ensamblajes De Peces En Arroyos Mediterráneos De Chile” el cual tuvo como fin, evaluar la influencia del uso de tierras (áreas agrícolas, plantaciones de árboles y áreas urbanas), en los parámetros físicos y químicos de calidad de agua, así como en los peces, algas y macroinvertebrados bentónicos; en los estudios realizados en 24 localidades diferentes, se calcularon métricas, variables ambientales y biológicas; en definitiva, como resultado, se evidenciaron importantes cambios de las variables físico-químicas y de la biota; entre los diferentes usos del suelo, los impactos más significativos, se pudieron observar en los arroyos con uso de suelo agrícola y urbano, mientras que la diversidad

y abundancia de peces, no se vieron afectadas por el uso de suelo y por otro lado, los arroyos que presentaron un nivel más elevado de clorofila, fueron los influenciados por plantaciones de árboles, área agrícola y urbana (Fierro, *et al.*, 2019).

En el año 2020, en el artículo “Calidad Del Agua Según Los Macroinvertebrados Bentónicos Y Parámetros Físicosquímicos En La Cuenca Del Río Huacarcanga (La Libertad, Perú)” se realizó la evaluación de calidad de agua con ayuda de macroinvertebrados bentónicos, los mismos que se recolectaron con ayuda de una red D-net triangular de 250 micras y se tomaron muestras de agua para evaluar parámetros físicosquímicos como pH, sulfatos, conductividad eléctrica, fosfatos, oxígeno disuelto y temperatura, durante dos días, tanto en época lluviosa como en estiaje; con respecto al análisis de las muestras recolectadas, el índice BMWP en su adaptación para el norte de Perú, fue el seleccionado en este caso y en cuanto a los parámetros físicos químicos, analizados con el multiparámetro Lamotte Smart 3, fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para agua del mismo país; en síntesis, en época de estiaje la calidad de agua va de crítica a buena y en época lluviosa va de crítica a aceptable y en el DS N°004-2017 MINAM de los estándares de calidad, los resultados físicosquímicos cumplen en su totalidad (Mora, Medina, Polo, & Hora, 2020).

En la provincia de Pichincha, el estudio realizado en el año 2017 “Biodiversidad Y Calidad De Agua Mediante Macroinvertebrados Acuáticos En El Refugio De Vida Silvestre Pasochoa” los autores, determinaron a lo largo de la quebrada Sambache, la biodiversidad y calidad de la misma, realizaron monitoreo en cinco estaciones en donde se tomaron muestras para análisis físicos, químicos y biológicos y para poder realizar el cálculo de la diversidad, utilizaron el índice Shannon, el índice de Jaccard y el Índice Biótico Andino, lo que sirvió para encontrar 11 órdenes y 38 familias de macroinvertebrados; la calidad hidromorfológica, varió de mala a buena y los

valores del ICA obtuvo valores de 67,1 a 71,1 representando calidad de agua moderada a buena y el ABI arrojó valores de 54 a 165, representando la calidad de agua moderada a muy buena (Calderón , 2017).

Existe un trabajo de investigación realizado en el año 2017, titulado “Cuantificación De La Variabilidad Espacial Y Temporal De La Densidad Microbiana En Dos Cuencas Andinas Altas Del Sur Del Ecuador”, en donde se llevaron a cabo monitoreos desde el mes de marzo hasta junio del mismo año, en el cual se realizó la cuantificación de la variabilidad temporal y espacial de la población microbiana de las cuencas Dudas y Mazar ubicadas en la provincia de Cañar, se utilizaron mapas de cobertura vegetal de escala 1:100.00 y con el uso de los mismos se realizó la posible ubicación de los diferentes puntos de muestreo para cada una de las cuencas, además a través de recolección de muestras, basadas en las especificaciones de las Normas Técnicas Ecuatorianas como la NTE INEM 2226:2000 y la NTE INEM 2 169:98, se tomaron parámetros como pH, aerobios, coliformes totales, coliformes fecales y sólidos totales suspendidos, cuyos respectivos análisis en el laboratorio revelaron que los ríos Dudas y Mazar contaban con altos niveles de densidad microbiana, que excedían los límites máximos permisibles de las normativas vigentes del país (Arévalo Lata, 2017).

Dentro de la provincia de El Oro en el año 2015, se realizó el estudio “Análisis Físico Químico De La Calidad Del Agua En El Canal El Macho De La Ciudad De Machala” en el que se realizó la respectiva recolección de muestras, para así poder determinar los diferentes parámetros in situ, a través de un multiparámetro Hq40d como temperatura, sólidos totales disueltos, pH, y conductividad eléctrica. Además, el canal al recibir al inicio, aguas procedentes de bananeras; en el tramo medio, aguas residuales y al mezclarse con el agua de mar, en el tramo final, los autores realizaron análisis en laboratorio de parámetros para descargas a cuerpos marinos de DBO5, DQO,

cloruros, sulfuros, nitrógeno total y orgánico y por ultimo, los autores, analizaron parámetros como dureza, hierro, manganeso, color y oxígeno disuelto; todo el estudio, se realizó en verano e invierno, teniendo como resultado, que cada uno de los parámetros varían, en especial el oxígeno disuelto y esto ocurre gracias a los cambios climatológicos, la DBO y DQO tuvieron incremento en la zona de contacto con el mar y en cuanto a la legislación ambiental vigente en el Ecuador, los resultados obtenidos, sobrepasan los límites máximos permitidos para descargas, convirtiendo al canal en un factor que intoxica al estero (Veintimilla & López, 2014).

De la misma manera, en el cantón el Guabo, realizan el estudio “Valoración De La Calidad Ecológica Del Cauce Principal De La Microcuenca Del Río Pagua, Cantón El Guabo, Provincia De El Oro” el cual se llevó a cabo en el año 2016, en donde identifican las características hidromorfológicas de su microcuenca, generando en la parte alta, media y baja, índices bióticos acuáticos a través del uso de macroinvertebrados; los autores calcularon el índice BMWP y el índice de diversidad biológica Shannon, teniendo como resultado que en la parte alta de la microcuenta existe alta oxigenación y buena calidad hidromorfológica; en la parte media, existe la presencia de macroinvertebrados que habitan en aguas con baja o nula contaminación y en la parte baja, gracias a los puntos monitoreados, resultó que la contaminación fue leve (Ugarte Apolo, 2016).

Dentro de la ciudad de Santa Rosa, en el año 2014, se realizó una investigación sobre “Evaluación Ambiental De La Calidad Del Agua Del Rio Santa Rosa Y Lineamientos Para Un Plan Ambiental” en el cual, tres estaciones fueron las establecidas, en las que se aplicó el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater y las normas que se consideraron, para determinar las concentraciones y valores de parámetros establecidos, fueron normas técnicas ecuatorianas como la NTE INEM 2169:98 y la NTE INEM 2176:98; en dos de los puntos de

muestreo, se hizo el uso de encuestas y en los tres se realizó el análisis de agua y sedimentos, además, se analizaron parámetros como metales pesados (cadmio y plomo), coliformes fecales y bacterias totales y como resultado de los metales pesados estudiados, se presenta que el plomo se encuentra en mayor cantidad, cuyos valores estuvieron por encima de los límites máximos permisibles; en los tres puntos muestreados se presenta gran cantidad de bacterias totales y coliformes fecales y por último, como resultado de las encuestas, se evidenció la escasa responsabilidad por parte de la población y organismos de control y se confirmó que la principal causa de contaminación de las aguas de Santa Rosa son la minería, los desechos sólidos y aguas residuales, razón por la que, como resultado del estudio, se evidencia un plan de manejo ambiental (Vaca Morán, 2014).

Otro estudio, llevado a cabo en la misma ciudad, en el año 2019, “Relación Entre La Calidad Del Agua De Los Ríos Y El Uso Del Suelo En El Cantón Santa Rosa - Provincia De El Oro”, utilizaron herramientas de información geográfica, puntos de muestreo de calidad de los ríos de la base de datos geo-servicios de SENAGUA y obtuvieron polígonos de uso de tierras de los mapas interactivos del MAE, además, para establecer la relación de calidad de agua, con los diferentes usos que se le da al suelo como ganadería y agricultura, que practican en las zonas rurales y urbanas del cantón, se realizó el cálculo en 11 diferentes puntos de muestreo, 7 parámetros de los 9 del ICA, que según lo propuesto por NSF son: pH, temperatura, oxígeno disuelto, turbidez, sólidos disueltos, nitratos y Coliformes fecales; como resultado se logró determinar que, cinco de los puntos muestreados, con ubicación cercana al bosque, tiene agua con calidad regular, los otros cinco puntos cercanos a la zona urbana, posee agua con calidad mala y el último punto ubicado en la zona agrícola, posee agua regular (Parra, Quijije, & Sanguña, 2019).

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Nivel de Investigación

De acuerdo al nivel de investigación a desarrollar, mi trabajo se encuentra en la investigación descriptiva, ya que se caracterizó un fenómeno, hecho o grupo con el fin de establecer la calidad de la fuente. Además, según el diseño de investigación, se utilizó una investigación documental, la cual se basó en indagación, análisis e interpretación de datos que aparecen en otras investigaciones. Adicionalmente, dentro del diseño, se involucró la investigación de campo, porque se recolectaron datos directamente de la fuente o de donde sucedieron los hechos, sin alterar las condiciones existentes.

3.2 Población y Muestra

La población que se tomó para el presente proyecto de investigación, corresponde a una población accesible, conformada por los macroinvertebrados que se encuentran en la reserva municipal de la microcuenca del río Santa Rosa, misma que está localizada al sur occidente del Ecuador en la provincia de El Oro; cuenta con 7779,10 hectáreas (90,9%) dentro del cantón Santa Rosa, formando parte de las parroquias La Avanzada y Torata y ubicado en las coordenadas geográficas latitud: -3.3208916° y longitud: -79.572238° ; con 752,6 hectáreas (8,5%) atravesando el Cantón Atahualpa, formando parte de la parroquia Ayapamba y ubicada en las coordenadas geográficas latitud: -3.365918° y longitud: -79.402279° ; y con 42 hectáreas (0,5%) dentro del cantón Piñas, en la parroquia Moro Moro, ubicada en las coordenadas geográficas latitud: -3.405541° y longitud: -79.443498° .



*Ilustración 11 Mapa de ubicación del área de estudio.
Fuente: Autora.*

3.3 Muestreo

En el presente estudio, primero se utilizó, la técnica de un muestreo estratificado para la determinación de las estaciones de muestreo, las cuales se manejaron de manera homogénea y en cada uno de estos puntos, se estableció un muestreo aleatorio simple, para tomar una cantidad adecuada de muestras, cuyo tamaño estuvo relacionado a las condiciones que prestó el entorno.

Se tuvieron en cuenta los requerimientos de la autoridad competente, por lo tanto, la toma de muestras se la realizó en época de verano, con una periodicidad de 1 vez por mes, durante 4 meses,

noviembre y diciembre del año 2020 y enero y febrero del año 2021. Las muestras fueron recogidas durante dos días, dentro de la tercera semana de cada mes, entre las 8:30 am y 16:30 pm aproximadamente.

Para la toma de muestras, en el caso de la microcuenca, se evitaron las zonas con turbulencia excesiva, se consideró la distancia de separación entre ambas orillas, la velocidad del caudal y la profundidad; la toma de muestras se realizó en dirección opuesta al flujo del agua y se aplicó el procedimiento adecuado para la recolección de las mismas.

Para poder realizar el muestreo del agua, para el análisis fisicoquímico, en las diferentes estaciones de muestreo, se hizo un muestreo simple de 5 puntos, para luego integrarlas y realizar la respectiva medición; la periodicidad fue la misma que se aplicó para el muestreo de macroinvertebrados.

3.4 Variables en estudio

3.4.1 Variables Dependientes

En el presente estudio, se trabajó con la variable dependiente, calidad de agua, distinguida por ser una variable policotómica compleja, debido a que se descompone en 5 dimensiones que estarán integradas por sus respectivos indicadores. Posee características cualitativas y cuantitativas, debido a que la variable adopta valores que van desde 0 a valores mayores o igual que 150, las cuales ayudaron a definir si la calidad de la fuente fué crítica o muy crítica, dudosa, buena o aceptable.

3.4.2 Variables Independientes

Lo anterior mencionado, estuvo en función a las variables independientes dicotómicas simples que se presentaron en el estudio, las cuales son los diferentes grupos, conformados por las diferentes familias de macroinvertebrados que estuvieron presentes en la zona de estudio y como

sus indicadores, se consideró la valoración que a las mismas se les asignó al estar presentes o ausentes.

3.4.3 Otras Variables

De la misma manera, en el trabajo se presentan variables intervinientes cualitativa policotómica, que puede influir en los resultados del estudio como estación del año, la misma que se va a proceder a bloquear ya que el estudio se lo va a realizar en verano. Por otro lado, se presentan variables cualitativas dicotómicas extrañas al estudio, como Derrumbe, caída de un árbol, muerte de un animal, etc., las cuales igual van a interferir con los resultados, pero con la diferencia de que las mismas estuvieron fuera de mi control.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para el caso del diseño de investigación documental, se emplearon métodos de análisis documental, mediante la utilización de instrumentos como fichas, computadoras y sus unidades de almacenado, también análisis de contenido.

Para el registro de macroinvertebrados, en campo, se elaboró una tabla en el software Microsoft Excel (Anexo B) y de la misma manera, con el fin de contar con una buena base de datos, que facilite el análisis de los resultados, se elaboró un formato de tabla, en donde se realizó el registro definitivo de los insectos identificados (Anexo C), la misma que contiene el nombre de la estación, el mes en el que se realizó el muestreo, el número de ejemplares recolectados en cada estación, número de familias, órdenes encontrados y abundancia relativa, para cada uno de los índices bióticos empleados.

Para realizar la toma de datos “in situ”, de los parámetros físicos y químicos, se usó el equipo Multiparámetro HACH HQ40D y para registrar los valores de los mismos, se creó una tabla en Microsoft Word (Anexo D), la cual contiene el número y nombre de la estación, la fecha y la hora

en la que se realizó el monitoreo y los distintos parámetros considerados en el estudio (pH, Conductividad eléctrica, Temperatura del agua y sólidos disueltos totales), su unidad de medida, valor obtenido y sus respectivas observaciones.

Dentro del diseño de investigación de campo, se empleó la técnica de observación estructurada, razón por lo cual, utilizamos como instrumentos cámaras fotográficas, cámaras de video y teléfono celular. Así mismo, se utilizaron datos provenientes de fuentes bibliográficas, como las guías de identificación, las cuales nos ayudó al momento de reconocer los diferentes macroinvertebrados recolectados.

Adicionalmente se utilizó Sistema de Posicionamiento Global (GPS); imágenes satelitales; el software Arc Gis 10.4, para la elaboración de mapas temáticos y el software Microsoft Excel, para el análisis estadístico de datos.

3.6 Análisis de Datos

En el actual proyecto de investigación, se aplicó la estadística descriptiva, en donde se utilizó valores promedios, desviación estándar y varianza, para realizar el análisis estadístico, de las distribuciones de las diferentes familias de macroinvertebrados, encontradas en la Microcuenca alta del río Santa Rosa. Además, con ayuda del software SPSS, se realizó el cálculo de pruebas no paramétricas, como las de Kruskal-Wallis y de las Medianas, permitiéndonos conocer el comportamiento que tienen las estaciones establecidas, al aplicar los índices biológicos y, por último, se utilizaron gráficos de pastel, histogramas y mapas temáticos, que se elaboraron con ayuda de los softwares Microsoft Excel y Arc Map; todo esto nos ayudó a comprender de mejor manera de los resultados obtenidos.

3.7 Protocolos

3.7.1 Estaciones de muestreo

La metodología empleada para establecer las estaciones que fueron monitoreadas, en el actual estudio, se basó en las siguientes fases: recorrido de campo y definición de los puntos a muestrear, levantamiento de puntos con la ayuda del GPS y digitalización, generación y estructuración de la base de datos de las estaciones.

En todo el trayecto, de la microcuenca alta del río Santa Rosa, se tomaron en cuenta criterios primarios como: accesibilidad, puntos de confluencia de descarga, cercanía de puntos temporales de contaminación, representatividad del punto con respecto al área de muestreo, así mismo, se analizaron criterios secundarios como: disponibilidad económica, disponibilidad de tiempo y costos de movilización. Al principio, 10 fueron las estaciones planeadas, pero debido a que no todos los lugares, donde se iban a localizar las estaciones, prestaban las condiciones y características técnicas para realizar el muestreo de macroinvertebrados, se implementaron solamente 8 estaciones para ser monitoreadas, a lo largo de la microcuenca alta. Las estaciones se georreferenciaron con ayuda del GPS, en coordenadas WGS UTM 84 (Tabla N° 5) y el mapa de ubicación (Ilustración 12), de las diferentes estaciones de muestreo, fue elaborado gracias a la información facilitada por la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Santa Rosa (EMAPASR-EP).

Tabla 5 Ubicación de las estaciones de muestreo (coordenadas UTM GSM 84)

CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO				
CÓDIGO	NOMBRE	LONGITUD (X)	LATITUD (Y)	ALTITUD (m.s.n.m)
TBE0	Testigo blanco	632821	9603648	638
LCE1	La Chonta	630939	9603603	534
LME2	Los Monos	630041	9603404	474
LGE3	Los Gringos	628581	9603207	375
PSE4	Pueblo Sabayán	628214	9602787	355
QSE5	Quebrada Sabayán	628102	9602471	357
EPE6	El Panteón	626514	9602960	296
EGUE7	El Guayabo	626369	9602976	293

Fuente: Autora.



Ilustración 12 Mapa de estaciones de muestreo

Fuente: Autora.

Las diferentes estaciones de muestreo, fueron ubicadas, en los diferentes puntos de aportación de la microcuenca y dentro del cauce del río y su superficie abarcó 100 metros, entre aguas arriba y aguas abajo.

3.7.2 Recolección de Macroinvertebrados

Después de ser establecidas las 8 estaciones de muestreo y antes de realizar la recolección, se tuvieron listos los materiales que se utilizaron en campo. En la superficie de cada estación establecida, se tomaron 10 muestras simples, con el fin de formar una sola muestra compuesta. Se justifica la toma de las 10 muestras (que se lo hace en este caso en particular), ya que la mayoría trabaja con 3 muestras simples, pero en zonas donde ya es conocida la diversidad y la sensibilidad de las especies indicadoras.

El número total de muestras compuestas recolectadas, fueron 32, en las 8 estaciones seleccionadas, 1 mensualmente, durante 4 meses. Para el levantamiento de macroinvertebrados acuáticos, se utilizó una red D-net y esta red de mano, tuvo un área de muestreo determinada y un ojo de red adecuado de 400 micras (Ilustración 13). Con esta red se capturaron los individuos, mediante la técnica de barrido, que se encuentran en el lecho del río siguiendo los protocolos de Roldán (1996), Carrera & Fierro (2001) y Álvarez (2005).



*Ilustración 13 Red de mano tipo D, para la recolección de macroinvertebrados
Fuente: Autora.*

Para la recolección de la muestra, se colocó la red en contra la corriente y su cuadro sobre el lecho del río, luego se removió la superficie que se encuentra dentro del cuadro, en donde todo el material removido, se depositó en la red, por efecto de la corriente (Ilustración 14, 15, 16 y 17); realizada esta operación, se retiró la red y se recolectó el contenido el cual incluía, entre otros, macroinvertebrados acuáticos bentónicos.



*Ilustración 14 Remoción del lecho del río
Fuente: Autora.*



*Ilustración 15 Remoción del lecho del río
Fuente: Autora.*



Ilustración 16 Red situada para realizar la recolección
Fuente: Autora.



Ilustración 17 Remoción del lecho del río
Fuente: Autora.

El contenido de esta red se depositó junto con un poco de agua del mismo río, en una bandeja de color claro (Ilustración 18 y 19), para facilitar la extracción de los macroinvertebrados.



Ilustración 18 Red que contiene la muestra recolectada
Fuente: Autora.



Ilustración 19 Colocación del material recolectado en bandeja
Fuente: Autora.

La recolección se la realizó en campo y los ejemplares, fueron sustraídos con una pinza de punta fina de acero quirúrgico, para luego ser depositados en un respectivo frasco de muestra que contenían alcohol al 96%, los mismos que fueron etiquetados con los datos principales de cada estación (Anexo E), para luego ser transportados hasta su identificación.



Ilustración 20 Búsqueda de individuos en el material recolectado
Fuente: Autora.



Ilustración 21 Ejemplar de la familia Hydropsychidae
Fuente: Autora.



Ilustración 22 Preparación de los frascos de muestra
Fuente: Autora.



Ilustración 23 frasco de muestra con ejemplares recolectados
Fuente: Autora.

3.7.3 Identificación de los macroinvertebrados

La respectiva identificación, de individuos de macroinvertebrados recolectados, se llevó a cabo en el campo (Ilustración 24). Para esto, se realizó una comparación de los individuos recolectados y las distintas especies de macroinvertebrados, que se encuentran identificadas en las diversas guías, como la de los autores Dominguez & Fernández (2009), Gonzáles *et al.* (2018), Villamarín, *et al.* (2018) y Roldán (1996).

Debido al tamaño de los macroinvertebrados recolectados, no fue necesario el uso de un estéreo microscopio, por tal motivo, una lupa y registros fotográficos, fueron los utilizados en la identificación de los mismos. Después de identificarlos correctamente, los individuos fueron colocados en tubos de 2 mm que contenían alcohol al 96%, para su respectiva preservación (Ilustración 25).



Ilustración 24 Identificación realizada en campo
Fuente: Autora.



Ilustración 25 Macroinvertebrados preservados
Fuente: Autora.

En el Anexo F, se pueden encontrar los macroinvertebrados acuáticos bentónicos, que están presentes en las diferentes estaciones de muestreo, ubicadas en la microcuenca alta de río Santa Rosa.

3.7.4 Determinación de índices de macroinvertebrados.

En el presente estudio, se consideró utilizar los índices EPT el índice de biomonitorio BMWP en su adaptación para Colombia, con el fin de determinar la calidad del ecosistema acuático de la microcuenca alta del río Santa Rosa.

3.7.5 Análisis Físicos-Químicos de la fuente.

Se utilizaron las características fisicoquímicas en los sectores seleccionados mediante la toma de muestras representativas de agua y su respectivo análisis.

Los parámetros que se analizaron en el presente estudio, por requerimiento de la autoridad competente, fueron pH, temperatura del agua, conductividad eléctrica y sólidos totales. Estos parámetros, fueron medidos en el campo con ayuda del equipo Multiparámetro HQ40D HACH, el mismo que fue facilitado por parte de la empresa de alcantarillado y agua potable del cantón Santa Rosa EMAPASR-EP y para esto, el equipo a utilizar, estuvo correctamente calibrado antes de

empezar las mediciones, con sus respectivos estándares y de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

Para poder llevar a cabo el muestreo del agua, y realizar el análisis fisicoquímico, se hizo un muestreo simple de 5 puntos, cada 20 metros, a lo largo de cada una de las estaciones, esto se efectuó con la ayuda de una jarra de 1 litro de capacidad; luego se integraron todas las 5 muestras simples en un recipiente adecuado, con el fin de formar una muestra compuesta y finalmente se procedió a realizar la medición. La periodicidad de este muestreo, fue la misma que se aplicó para el muestreo de macroinvertebrados (1 vez al mes, por cuatro meses).



*Ilustración 26 Recolección de la muestra de agua (EPE5)
Fuente: Autora.*



*Ilustración 27 Toma de muestras de agua (EGE3)
Fuente: Autora.*



*Ilustración 28 Toma de parámetros Fisicoquímicos con ayuda del multiparámetro
Fuente: Autora*

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Descripción de las estaciones en donde se realizaron las mediciones

- **Estación 0 o testigo blanco (TBE0)**

Esta estación es la que se tomó como referencia o testigo blanco ya que es el punto más alto de la microcuenca, no existe contaminación alguna y tampoco se ve comprometida por actividades de carácter antropogénico, se caracteriza por contar con abundante vegetación en las orillas del río, tiene un caudal que se considera lento o moderado y su lecho está conformado principalmente por piedras y grava.



Ilustración 29 Estación 0, “Testigo Blanco”.
Fuente: Autora.

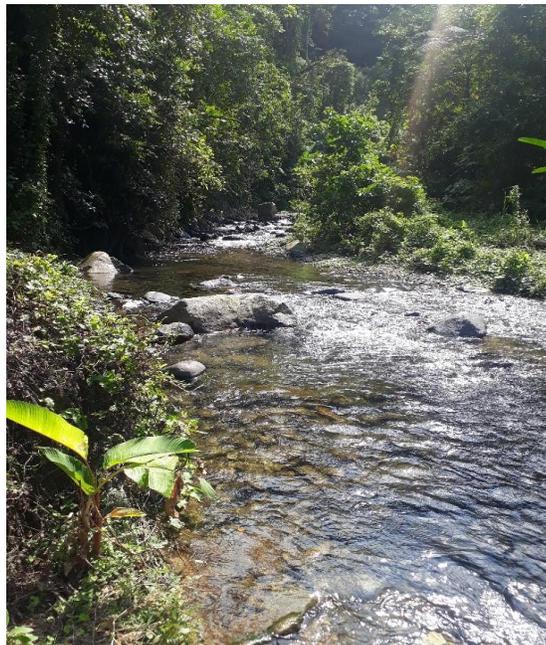


Ilustración 30 Estación 0, toma aérea.
Fuente: Autora.

Durante los 4 meses, en los cuales se realizó el monitoreo, no se pudo evidenciar cambio alguno ni alteraciones en el entorno, razón por la cual, las muestras recolectadas, fueron consideradas para su respectivo análisis

- **Estación La Chonta (LCE1)**

Esta estación fue establecida, debido a que es uno de los puntos en donde periódicamente se realizan los monitoreos fisicoquímicos por parte de la empresa EMAPASR-EP, se caracteriza por la inexistencia de actividades antropogénicas, por lo que a simple vista se puede observar agua transparente y sin turbiedad, el sitio es de fácil acceso y en sus orillas encontramos arbustos y árboles; su lecho está conformado por piedras, grava y arena y cuenta con un caudal moderado.



*Ilustración 31 Estación 1 "La Chonta"
Fuente: Autora.*

Se encuentra localizada a 543 msnm y durante el tiempo que duró el muestreo, el único cambio que se pudo observar fue el crecimiento de la vegetación en las orillas del río, razón por la cual, se

continuó con normalidad la toma de muestras, ya que esto, no iba a influir en los resultados del análisis con macroinvertebrados.



*Ilustración 32 Estación 1 "La Chonta"
Fuente: Autora.*

- **Estación Los Monos (LME2)**

Los monos, es una quebrada de aportación con mucha importancia para el río Santa Rosa, razón por la cual, se la consideró como tercera estación de muestreo. Se caracteriza por ser una quebrada de agua transparente, con un caudal muy bajo y gracias a que en sus alrededores abunda la vegetación, su lecho está conformado por ramas, troncos caídos y hojarasca, además de arena y grava.



*Ilustración 33 Estación 2 "Los Monos".
Fuente: Autora.*



*Ilustración 34 Estación 2 "Los Monos".
Fuente: Autora.*

El crecimiento de la vegetación, fue el único cambio en la presente estación de muestreo, durante los 4 meses en los que se realizó el estudio y la recolección de macroinvertebrados no presentó problemas durante el monitoreo.

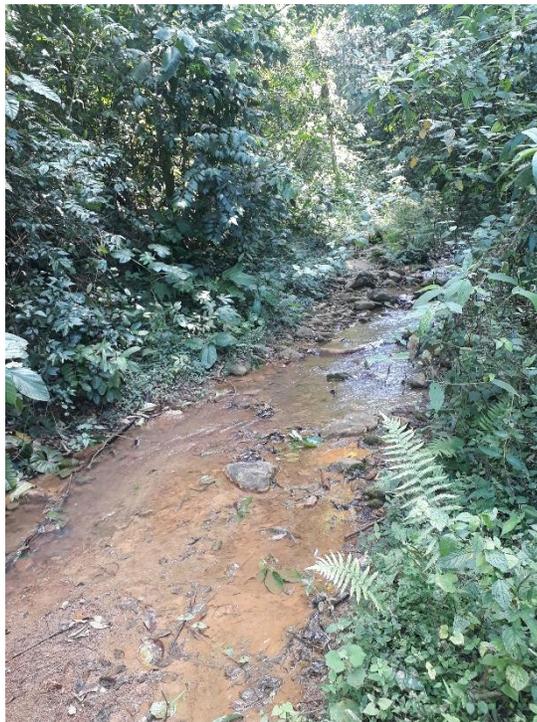
- **Estación Los Gringos (LGE3)**

La quebrada Los Gringos, al ser otro punto de aportación importante, fue considerada para el monitoreo, ya que a simple vista se puede notar, que el sedimento y sus piedras tienen una coloración amarillo anaranjado; por otro lado, en este sitio, son vertidas aguas residuales provenientes de las mineras que se encuentran ubicadas en la parte alta de la quebrada, sumado a esto, se evidencia el arrastre de minerales como hierro y arsenopirita.



*Ilustración 35 Estación 3, lecho de piedras.
Fuente: Autora.*

La estación Los Gringos, se encuentra ubicada a 375 msnm, su lecho es conformado por arcilla, hojarasca, ramas caídas y piedras; la recolección de macroinvertebrados se tornó un poco complicada, ya que se encontraron pocos ejemplares, en comparación con las otras estaciones de muestreo.



*Ilustración 36 Estación 3 "Los Gringos".
Fuente: Autora.*



*Ilustración 37 Estación 3 "Los Gringos".
Fuente: Autora.*

- **Estación Pueblo Sabayán (PSE4)**

Esta estación, que se encuentra ubicada dentro del río Santa Rosa a 355 msnm, fue seleccionada gracias a que esta zona se encuentra bajo la influencia de un pequeño poblado nombrado Sabayán; su agua cuenta con color transparente y su lecho está conformado por piedras, hojarasca y arena; además, su caudal es bajo y su profundidad es de 30 cm aproximadamente.



*Ilustración 38 Estación 4 "Pueblo Sabayán".
Fuente: Autora.*

A los alrededores de esta estación y a pocos metros del río, se pudo evidenciar durante el muestreo, que, en el río se estaban vertiendo aguas residuales, provenientes de uno de los biodigestores que cuenta con una de las tuberías estropeadas y por lo tanto no cumple adecuadamente con su función (Ilustración 39), a pesar de ello, no se tuvo inconveniente en la recolección de macroinvertebrados, ya que se encontraron diversos ejemplares de los mismos. No hubo cambios en esta estación durante los cuatro meses de monitoreo.



*Ilustración 39 Estación 4, Biodigestor malogrado.
Fuente: Autora.*

- **Estación Quebrada Sabayán (QSE5)**

Esta estación es otro punto de aportación muy importante para la microcuenca alta Santa rosa, está ubicada a 357 msnm, cuenta con un caudal poco corrientoso, su profundidad alcanza los 35 centímetros aproximadamente, su lecho está conformado por piedras, grava y arena; y como en todas las estaciones, en sus orillas encontramos arbustos y árboles nativos del lugar.



*Ilustración 40 Estación 5 "Quebrada Sabayán".
Fuente: Autora.*

La empresa EMAPASR-EP, durante sus labores de evaluación, monitorea los parámetros físicos químicos de este punto, razón por la cual se estableció aquí la quinta estación de muestreo, por otro lado, los pobladores del sitio, movilizan a su ganado a esta quebrada para que puedan beber agua; sin embargo, la cantidad de macroinvertebrados fue bastante variada y no se presentaron problemas ni cambios durante la duración del monitoreo.

- **Estación El Panteón (EPE6)**

La Quebrada El Panteón, como importante punto de aportación para la microcuenca, fue escogida para determinar otra estación de muestreo, ya que se localiza a pocos metros de un asentamiento humano conocido como El Guayabo (Ilustración 42) y al igual que en la estación 3 y en la estación 4, se vierten aguas residuales provenientes de mineras que se encuentran ubicadas en la parte alta de la quebrada y de la misma manera son vertidas aguas residuales provenientes de las pocas viviendas que están ubicadas cerca de la misma.



*Ilustración 41 Estación 6 "El Panteón"
Fuente: Autora.*



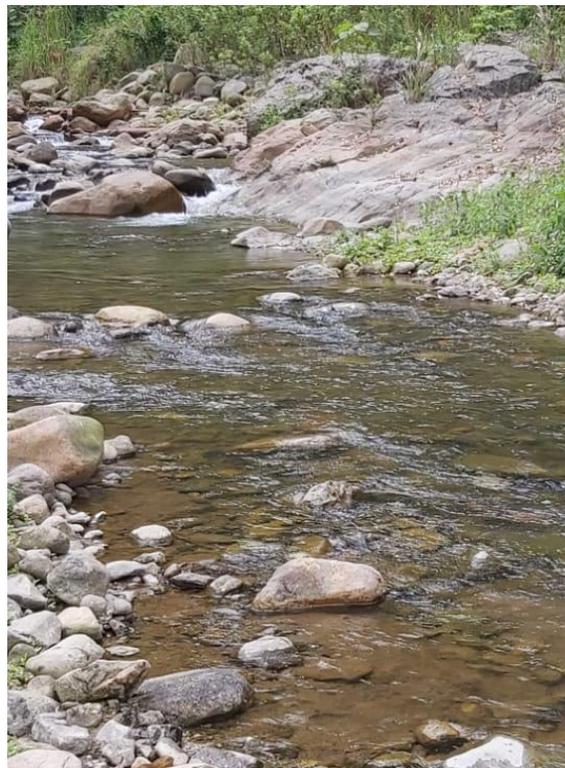
*Ilustración 42 Asentamientos humanos, Estación 6 ""
Fuente: Autora.*

A simple vista, esta estación no posee agua transparente como en todas las estaciones mencionadas anteriormente, su lecho es conformado por piedras de tamaños variados y arena, su

caudal es medianamente fuerte y su profundidad en ciertos lugares llega a los 50 cm aproximadamente y en otros a 10 cm a lo largo de la estación. Las condiciones del lugar no cambiaron durante la duración del muestreo y en cuanto a la recolección de macroinvertebrados, no fueron muchos los ejemplares encontrados.

- **Estación El Guayabo (EGUE7)**

Esta última estación establecida, se encuentra ubicada en el poblado “El Guayabo”, cerca del límite de donde culmina la microcuenca alta del río Santa Rosa, a pesar de estar influenciada por humanos y de recibir el aporte de las anteriores quebradas, el agua es transparente; sus aguas lóxicas poseen caudal bajo y poca profundidad y en su lecho encontramos piedras, arena y hojarasca.



*Ilustración 43 Estación 7, “El Guayabo”.
Fuente: Autora.*

Durante las visitas de campo, a unos cuantos metros de esta estación, se pudo observar un pequeño potrero en donde los moradores, mantienen a su ganado (Ilustración 44). Y de la misma

manera, se apreció durante el estudio, que los arbustos que se encuentran en las orillas, aumentaron de tamaño; sin embargo, esto no dificultó el acceso a la estación ni a la recolección de los macroinvertebrados, finalizando con éxito todo el muestreo.



*Ilustración 44 Presencia de un pequeño potrero
Fuente: Autora.*

4.2 Estructura y distribución de las poblaciones de los macroinvertebrados acuáticos bentónicos, encontrados en las diferentes estaciones.

4.2.1 Análisis de las familias encontradas en las estaciones de muestreo

Para conocer la distribución de los macroinvertebrados acuáticos bentónicos, se tomó en cuenta el número de ejemplares, por familia, que se recolectaron por mes, en cada una de las estaciones establecidas, con la finalidad de calcular un promedio total, el mismo que nos ayudó a simplificar y entender de mejor manera los resultados. En el anexo G, se evidencian los promedios calculados y también se puede observar los diferentes órdenes encontrados, el número de familias y su abundancia relativa (%), misma que nos sirvió para realizar los respectivos gráficos; esto durante la época seca, en los 4 meses en los que se realizó el estudio y muestreo.

Además, se realizó un análisis estadístico y el cálculo de varianza de un solo factor (ANOVA), en la cual se consideró como factor de entrada, las diferentes familias de los macroinvertebrados presentes en la zona de estudio y como factor de salida se ha considerado el número de individuos

encontrados para cada una de las familias por mes, para la cual se le consideraron como réplicas cuatro meses en los cuales se hizo el levantamiento de información.

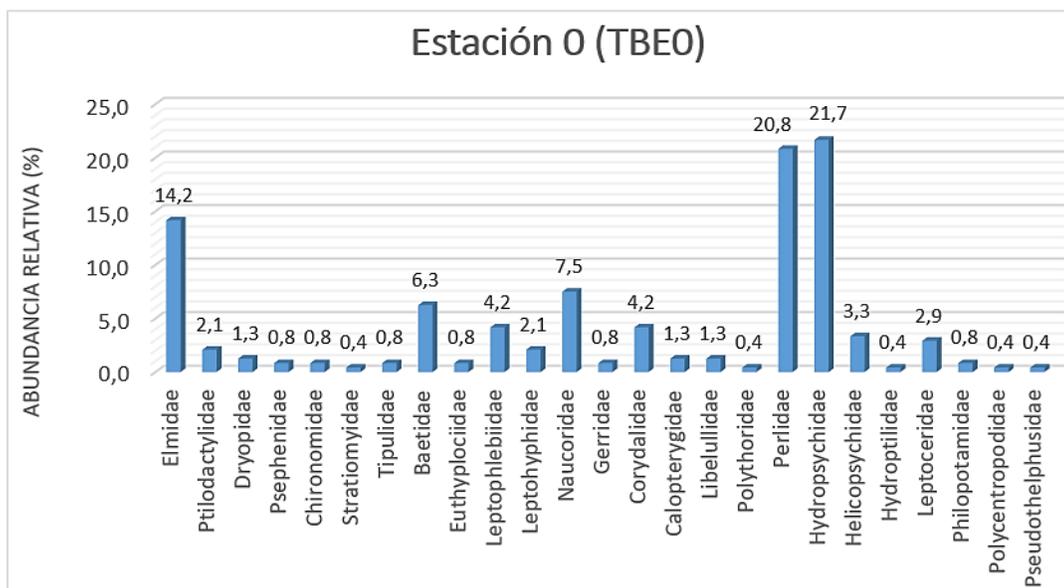
Durante el estudio realizado, y con el fin de verificar si existen diferencias estadísticas significativas, nos planteamos dos hipótesis, una nula (H_0) y una alternativa (H_1), para lo cual se tomó en consideración un valor de significancia (Alpha) de 0,05:

H_0 = No existen diferencias significativas en el número de macroinvertebrados acuáticos bentónicos presentes por familia durante los 4 meses de muestreo.

H_1 = Existen diferencias significativas en el número de macroinvertebrados acuáticos bentónicos presentes por familia durante los 4 meses de muestreo.

- **Estación TBE0**

En la estación 0 o testigo blanco de la microcuenca alta del río Santa Rosa, se recolectaron un total de 25 familias diferentes, 9 órdenes y 240 ejemplares. Como se puede apreciar en la siguiente Ilustración y según su abundancia relativa, los macroinvertebrados se clasifican en tres grupos, aquellos que poseen abundancia relativa alta, en donde encontramos a las familias Hydropsychidae representando el 21,7% (52 individuos), Perlidae fue otra de las familias que tuvo un porcentaje alto de 20,8% (50 individuos) y la familia Elmidae representando al 14,2% (34 individuos); las familias con abundancia relativa media, Naucoridae 7,5% (18 individuos), y Baetidae con 6,3% (15 individuos); por último, la contribución de las familias con menor abundancia relativa Psephenidae, Chironomidae, Tipulidae, Euthyplociidae, Gerridae y Philopotamidae fue del 0,8 % (con 2 individuos por familia); y la influencia en la estación, de las familias Stratiomyidae, Polythoridae, Hydroptilidae, Polycentropodidae y Pseudothelphusidae, que fue baja, representando cada una de las familias, solo el 0,4% (1 ejemplar por familia).



Fuente: Autora.

En la microcuenca del río Pagua, que está ubicada en el cantón El Guabo, dentro de la provincia de El Oro, Ugarte (2016), realizó un estudio idéntico, en el cual se pudo observar, que gran parte de las familias encontradas en aquella microcuenca, fueron similares a las familias recolectadas en la microcuenca alta Santa Rosa; sin embargo, se puede apreciar que, en la microcuenca estudiada, fueron muchos más los ejemplares recogidos, razón por la cual, se hace necesario resaltar, que en la microcuenca alta Santa Rosa, cada 10 metros, se realizó la toma de 10 muestras, mientras que en dicho estudio, solo se realizó la toma de dos muestras, cada 30 metros, por estación, lo que permite determinar, porque la gran diferencia en el número de ejemplares en nuestra microcuenca.

Según el Anexo J, con el cálculo de la media y varianza, a simple vista se pudo observar, que los valores respecto al número de ejemplares, de cada mes, fueron diferentes, razón por la cual, los promedios calculados, resultaron ser distintos en cada familia, en la presente estación, evidenciándose la mayor variabilidad (1976,25) en el orden Trichóptera, familia Hydropsychidae y la menor variabilidad (0,25) en el orden Decápoda, en la familia Pseudothelphusidae. Como es

el caso de la mayor parte de los estudios revisados, incluidos los de Arroyo (2007), Aguirre (2011) y Pontón (2018), en los resultados obtenidos, no realizan la determinación de la variabilidad de los diferentes tipos de macroinvertebrados bentónicos.

Tabla 6 Análisis de Varianza (ANOVA), estación 0

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	20469,34	24	852,8891667	6,26295 4668	0,00	1,66333784
Dentro de los grupos	10213,5	75	136,18			
Total	30682,84	99				
Alpha= 0,05						

Fuente: Autora.

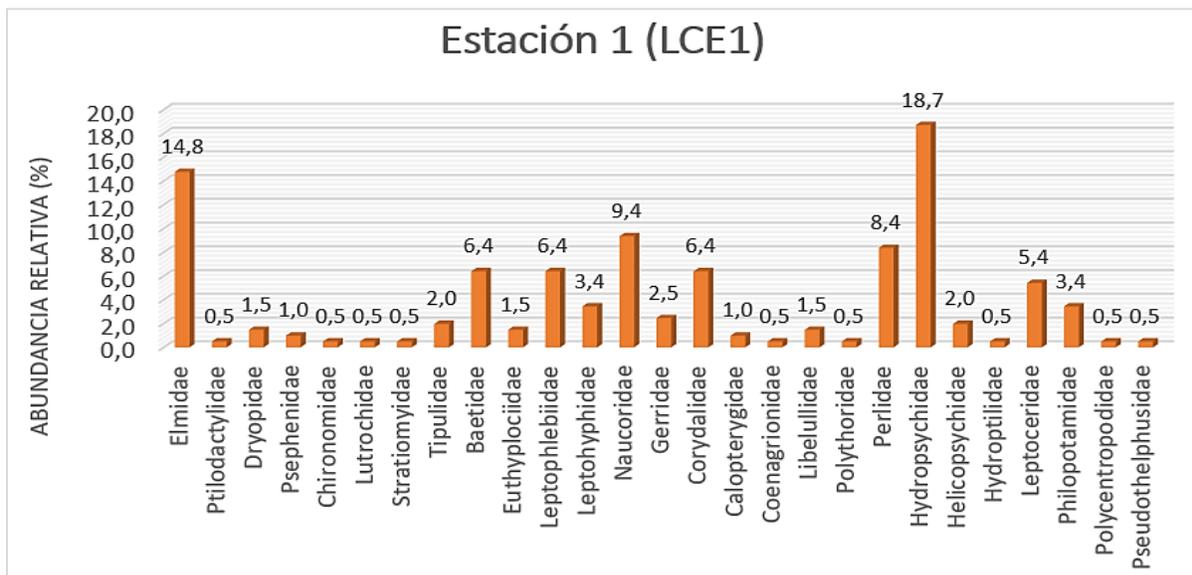
En la presente Tabla N° 6, se presentan los resultados obtenidos del ANOVA, con un nivel de confianza del 95%. Con respecto a la cantidad de ejemplares por familia, podemos observar, que el valor de significancia es $p= 0,00$ y éste, siendo menor que el valor de alfa, indica que se rechaza la hipótesis nula y que efectivamente existen diferencias estadísticamente significativas, determinando que la cantidad de ejemplares por familias, fueron diferentes en cada mes.

Al no existir estudios similares dentro de la provincia de El Oro, se tomó en cuenta el estudio de calidad de agua con macroinvertebrados de Arroyo (2007), realizado en la provincia del Pichincha, en el cual, al aplicar el ANOVA, determinó que de la misma manera, existieron significancias estadísticas en la abundancia y densidad relativa de los macroinvertebrados a nivel de familias; sin embargo, la diferencia radica, en que en el estudio mencionado anteriormente, la cantidad de macroinvertebrados recolectados, fue mucho menor, y las familias fueron totalmente diferentes, que en la microcuenca de estudio.

- **Estación LCE1**

Se colectaron 203 ejemplares, divididos en 27 familias y 9 órdenes en la estación La Chonta (LCE1). La familia que tuvieron mayor impacto con respecto a su abundancia relativa fue la familia Hydropsychidae con 18,7% (conformado por 38 individuos) y la familia Elmidae con el 14,8% (30 individuos); con una abundancia relativa media encontramos a las familias Naucoridae (19 individuos) y Perlidae (17 individuos) tuvieron un aporte del 9,4% y 8,4% respectivamente y a las familias Baetidae, Leptophlebiidae y Corydalidae, representando el 6,4% (13 individuos por familia); de la misma manera tenemos a las familias con menor abundancia relativa, las familias Dryopidae, Euthyplociidae y Libellulidae con el 1,5% (3 individuos por familia), con el 1% tenemos a las familias Psephenidae y Calopterygidae (2 individuos por familia) y por ultimo tenemos a las familias Ptilodactylidae, Chironomidae, Lutrochidae, Stratiomyidae, Coenagrionidae, Polythoridae, Hydroptilidae, Polycentropodidae y Pseudothelphusidae con el 0,5% (1 individuo por familia).

Ilustración 46 Abundancia relativa de macroinvertebrados, estación 1



Fuente: Autora.

En comparación con la estación tomada como testigo blanco, en esta estación, aunque fueron más las familias encontradas, la cantidad de ejemplares fue menor y se mantuvo el mismo número

de órdenes. Así mismo, como en la estación anterior, la familia predominante fue Hydropsychidae. Con respecto a la media y varianza, igual que en la estación anterior, mostró que los valores obtenidos para cada mes, fueron diferentes, evidenciándose la mayor variabilidad en el orden Trichóptera y la menor en el orden Decápoda (Anexo J).

De manera idéntica, que en la estación 0, se plantearon las mismas hipótesis para el cálculo del ANOVA, obteniendo como resultado $p=0,00$ (Tabla N° 7) lo que indica que la estación 1, tiene el mismo comportamiento que la estación anterior, al rechazar la hipótesis nula y mostrar diferencias estadísticas significativas.

Tabla 7 Análisis de Varianza (ANOVA), estación 1

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	9155,166667	26	352,1217949	6,15790 2604	0,000	1,63273362
Dentro de los grupos	4631,75	81	57,18209877			
Total	13786,91667	107				
Alpha= 0,05						

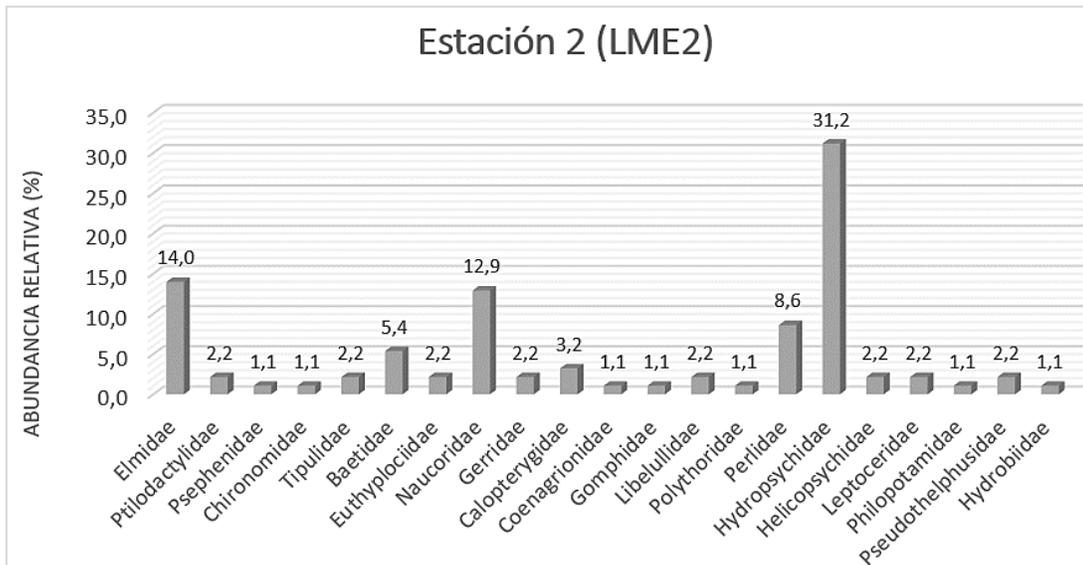
Fuente: Autora.

- **Estación LME2**

En la estación 2 de la microcuena alta del río Santa Rosa, se recolectaron un total de 25 familias diferentes, 9 órdenes y 93 ejemplares. Entre las familias con mayor abundancia relativa, en relación al número total de individuos, fue la familia Hydropsychidae con el 31,2% (29 individuos); seguidamente, las familias con una abundancia relativa media fueron, la familia Elmidae con el 14% (13 individuos) y la familia Naucoridae con 12,9% (12 individuos); por último, la baja contribución de las familias Gerridae, Tipulidae, Helicopsychidae, Euthyplociidae, Libellulidae, Ptilodactylidae, Leptoceridae y Pseudothelphusidae con el 2,2 % (2 ejemplares por familia) y de

las familias Psephenidae, Chironomidae, Coenagrionidae, Gomphidae, Polythoridae, Philopotamidae y Hydrobiidae con el 1,1% (1 individuo por familia).

Ilustración 47 Abundancia relativa de macroinvertebrados, estación 2



Fuente: Autora.

Aunque el número de familias y órdenes fue el mismo que en la estación 0, el número de ejemplares fue muy diferente y mucho más bajo, en esta presente estación. Otra característica similar, es que sigue predominando la familia Hydropsychidae. Por otro lado, el cálculo realizado en los 4 meses de muestreo de la varianza, indicó un valor similar entre ciertas familias, lo que no se pudo apreciar en la estación 0, sin embargo, lo que no cambió, fue que la mayor variabilidad la presentó el orden Trichóptera y la menor en el orden Decápoda (Anexo J).

Para conocer si en la presente estación existen diferencias estadísticas significativas como en la estación 0, con respecto al número de ejemplares por familia, las mismas hipótesis y los mismos criterios fueron los utilizados en el cálculo del ANOVA, arrojando como resultado con su cálculo, lo que se puede apreciar en la siguiente Tabla N° 8:

Tabla 8 Análisis de Varianza (ANOVA), estación 2

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	3586,238095	20	179,3119048	38,32620865	0,000	1,7394173
Dentro de los grupos	294,75	63	4,678571429			
Total	3880,988095	83				
Alpha= 0,05						

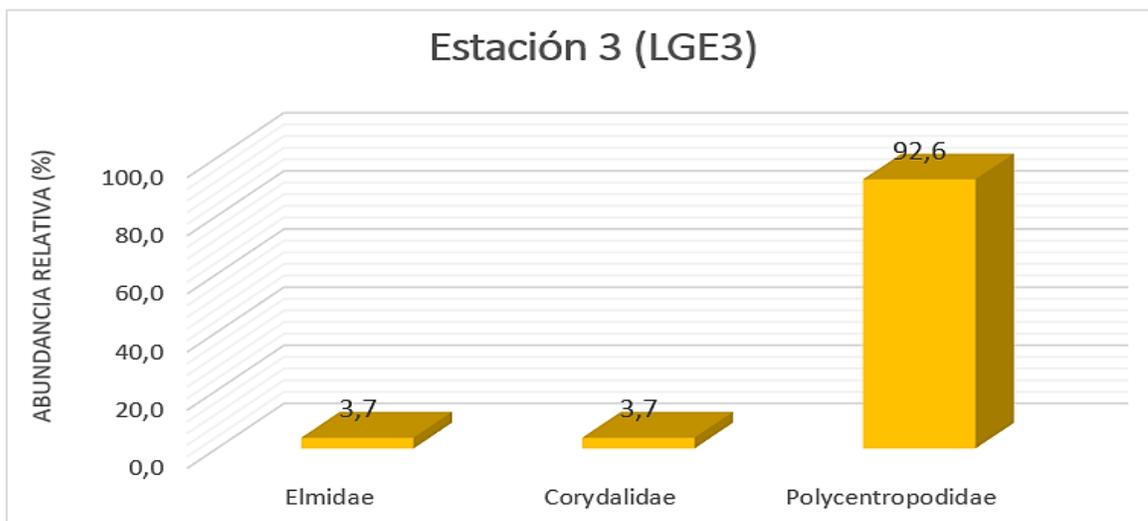
Fuente: Autora.

Al igual que las dos estaciones anteriores, al ser $p=0,00$ se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existen diferencias estadísticas significativas, en la cantidad de macroinvertebrados acuáticos bentónicos presentes por familia, durante los 4 meses de muestreo.

- **Estación LGE3**

En esta presente estación, 27 fueron los ejemplares capturados, 3 familias y 3 órdenes. Con una gran abundancia relativa se presentó la familia Polycentropodidae con un 92,6% conformada por 25 individuos); y por último las familias que poseen aporte bajo, Elmidae y Corydalidae con el 3,7% (1 individuo por familia).

Ilustración 48 Abundancia relativa de macroinvertebrados, estación 3



Fuente: Autora.

En esta estación, es notoria la diferencia existente, con las tres estaciones anteriores, tanto el número de las familias, órdenes, como el número de los ejemplares, es muchísimo menor. Pues la familia predominante fue Polycentropodidae y al contrario de la estación 0, la varianza mantuvo valores bajos pero diferentes y de manera similar, el orden Trichóptera, fue el que mayor variabilidad presentó, pero a diferencia de la estación 0, la menor variabilidad se presentó en el orden Megalóptera (Anexo J).

La hipótesis nula, se rechazó, ya que resultó que $p=0,00$ con el cálculo del ANOVA (Tabla N° 9), evidenciándose en esta estación, el mismo comportamiento que la estación 0, cuando de diferencias estadísticas significativas se trata.

Tabla 9 Análisis de Varianza (ANOVA), estación 3

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1568,166667	2	784,0833333	122,72 6087	0,00000 029	4,25649473
Dentro de los grupos	57,5	9	6,388888889			
Total	1625,666667	11				
Alpha= 0,05						

Fuente: Autora.

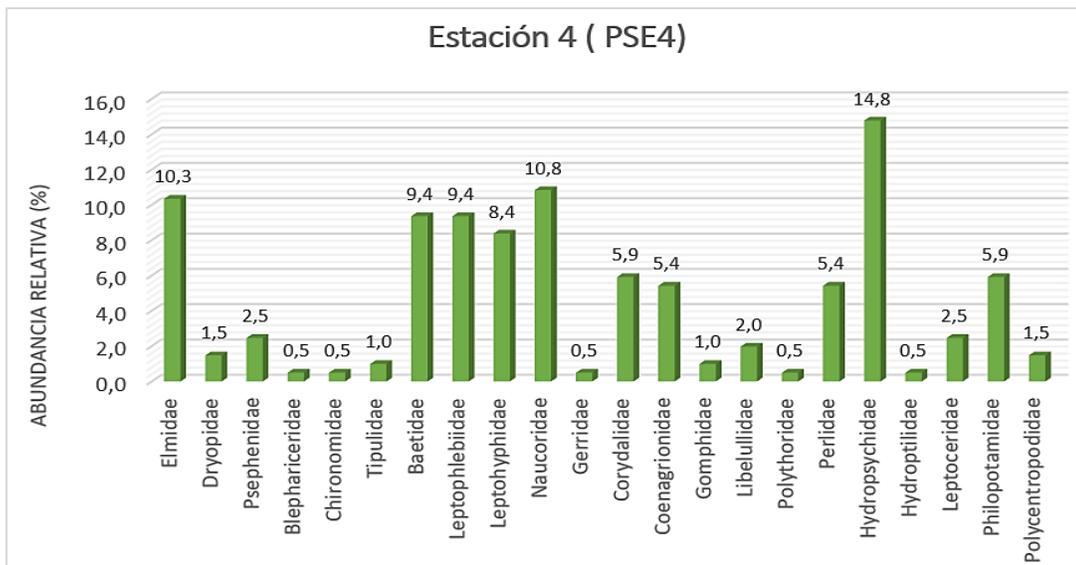
Al igual que todas las estaciones anteriores, al ser $p=0,00$ se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existen diferencias estadísticas significativas, en la cantidad de macroinvertebrados acuáticos bentónicos presentes por familia, durante los 4 meses de muestreo.

- **Estación PSE4**

En la estación 4 de la microcuenca alta del río Santa Rosa, se recolectaron un total de 22 familias diferentes, 8 órdenes y 203 ejemplares. De la misma manera y según su abundancia relativa, los macroinvertebrados se clasifican en tres grupos de familias, según su abundancia relativa, en relación al número total de individuos, una de ellas es la familia Hydropsychidae con el 14,8% (30

individuos); seguidamente de la familia Naucoridae (22 individuos) y la familia Elmidae (21 ejemplares) con el 10,8% y 10,3% respectivamente; además, se presentan el grupo con abundancia relativa media, las familias Baetidae y Leptophlebiidae con el 9,4% (19 individuos), la familia Leptohyphidae con una abundancia relativa de 8,4% (conformada por 17 individuos) y por último, el grupo de familias con menor abundancia relativa, fueron las familias Dryopidae y Polycentropodidae con el 1,5% (3 individuos por familia); Tipulidae y Gomphidae con el 1% (2 individuos por familia) y a las familias Blepharoceridae, Chironomidae, Gerridae, Polythoridae y Hydroptilidae con el 0,5% (conformado por 1 individuo por familia).

Ilustración 49 Abundancia relativa de macroinvertebrados, estación 4



Fuente: Autora.

Está presente estación, en comparación con la estación tomada como testigo blanco, las familias encontradas y número de órdenes, se mantuvieron con el mismo valor, sin embargo, la cantidad de ejemplares sobrepasaron los 200 individuos en ambas estaciones. Como en todas las estaciones anteriores, a excepción de la estación Los Gringos, la familia predominante fue Hydropsychidae. Con respecto a la media y varianza, igualmente, mostró que los valores obtenidos para cada mes,

fueron diferentes, evidenciándose la mayor variabilidad en el orden Trichóptera y la menor en el orden Díptera (Anexo J).

De manera idéntica, que en la estación 0, se plantearon las mismas hipótesis para el cálculo del ANOVA, obteniendo como resultado $p=0,00$ (Tabla N° 10) lo que indica que la estación 4, tiene el mismo comportamiento que la estación Testigo Blanco, al rechazar la hipótesis nula y mostrar diferencias estadísticas significativas.

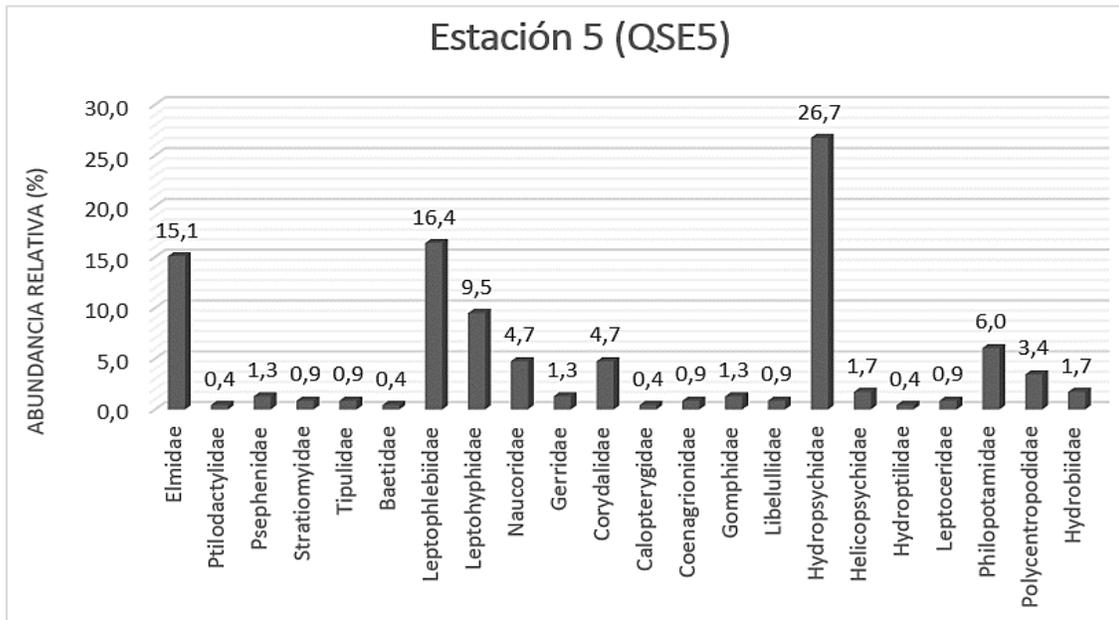
Tabla 10 Análisis de Varianza (ANOVA), estación 4

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	6407,647727	21	305,1260823	3,226648 737	0,00	1,71814335
Dentro de los grupos	6241,25	66	94,56439394			
Total	12648,89773	87				
Alpha= 0,05						

Fuente: Autora.

- **Estación QSE5**

Se colectaron 232 ejemplares, divididos en 22 familias y 8 órdenes en la estación Quebrada Sabayán (QSE5). La familia que tuvo mayor impacto con respecto a su abundancia relativa fue la familia Hydropsychidae con 26,7% (conformado por 62 individuos), las familias Leptophlebiidae (38 individuos) y Elmidae (35 individuos) con el 16,4% y 15,1% respectivamente; el grupo de familias con abundancia relativa media, fueron; la familia Leptohiphidae, representando el 9,5% (22 individuos); la familia Philopotamidae con el 6% (14 individuos y por ultimo tenemos a las familias Psephenidae, Gerridae, Gomphidae con el 1,3% (3 individuos por familia); y las familias con menor abundancia relativa, Stratiomyidae, Tipulidae, Coenagrionidae, Libellulidae y Leptoceridae con el 0,9% (2 individuos por familia); Ptilodactylidae, Baetidae, Calopterygidae y Hydroptilidae con abundancia relativa (1 individuo por familia).



Fuente: Autora.

Aunque el número de familias y órdenes fue diferente y menor que en la estación 0, el número de ejemplares fue muy similar, en esta presente estación. Otra característica similar, es que sigue predominando la familia Hydropsychidae. Por otro lado, el cálculo realizado en los 4 meses de muestreo de la varianza, indicó la diferencia entre las familias; sin embargo, lo que cambió, fue que la mayor variabilidad la presentó el orden Ephemeroptera y la menor variabilidad, al igual que en la estación 4, el orden Díptera (Anexo J).

Para conocer si en la presente estación existen diferencias estadísticas significativas como en la estación 0, con respecto al número de ejemplares por familia, las mismas hipótesis y los mismos criterios fueron los utilizados en el cálculo del ANOVA, arrojando como resultado con su cálculo, lo que se puede apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 11 Análisis de Varianza (ANOVA), estación 5

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	20753,32955	21	988,2537879	8,2450779	0,00000000002	1,71814335
Dentro de los grupos	7910,75	66	119,8598485			
Total	28664,07955	87				
Alpha= 0,05						

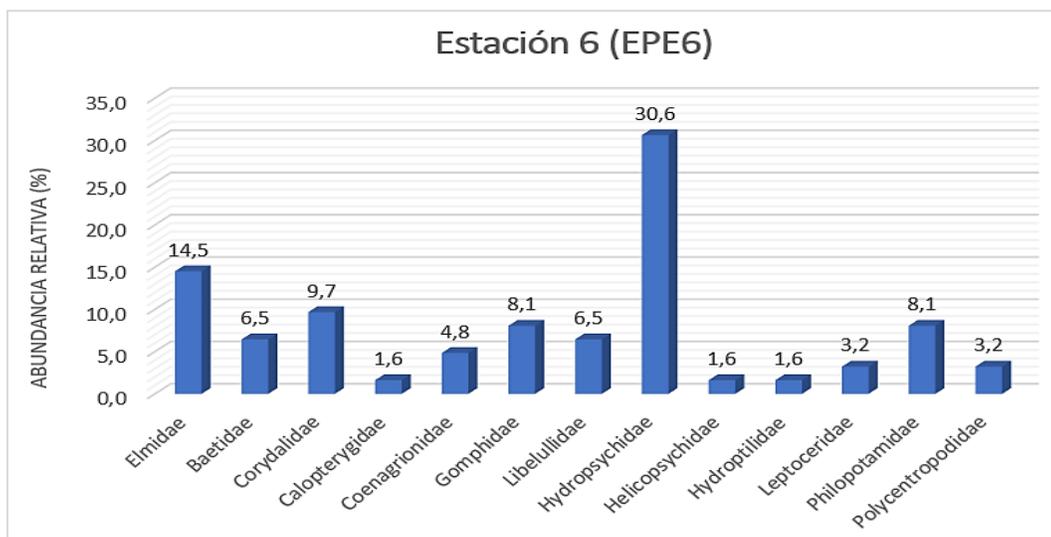
Fuente: Autora.

Al igual que las dos estaciones anteriores, al ser $p=0,00$ se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existen diferencias estadísticas significativas, en la cantidad de macroinvertebrados acuáticos bentónicos presentes por familia, durante los 4 meses de muestreo.

- **Estación EPE6**

Se recolectaron 62 ejemplares, divididos en 12 familias y 5 órdenes en la estación El Panteón (EPE6). La familia que tuvo mayor impacto con respecto a su abundancia relativa fue la familia Hydropsychidae con 30,6% (conformado por 19 individuos); con abundancia relativa media, aparece la familia Elmidae con el 14,5% (9 individuos) y la familia Corydalidae con 9,7% (6 individuos) y por último las familias, con menor abundancia relativa, Gomphidae y Philopotamidae con el 8,1% (5 individuos) y las familias Leptoceridae y Polycentropodidae con el 3,2 % (2 individuos) y para finalizar, las familias que poseen aporte bajo, Calopterygidae, Helicopsychidae y Hydroptilidae con el 1,6% (1 individuo por familia).

Ilustración 51 Abundancia relativa de macroinvertebrados, estación 6



Fuente: Autora.

En esta estación, es notoria la diferencia existente, con las estaciones anteriores, tanto el número de las familias, órdenes, como el número de los ejemplares, es mucho menor. Pues la familia predominante vuelve a ser la familia Hydropsychidae y al contrario de la estación 0, la varianza mantuvo valores bajos, pero diferentes y el orden que mayor variabilidad presentó fue el Coleóptera, pero a diferencia de la estación 0, la menor variabilidad se presentó en el orden Ephemeroptera.

A pesar de manejar las mismas hipótesis y criterios, la hipótesis nula se rechazó, ya que resultó que $p=0,00$ con el cálculo del ANOVA (Tabla N°12), evidenciándose en esta estación, el mismo comportamiento que la estación 0, cuando de diferencias estadísticas significativas se trata.

Tabla 12 Análisis de Varianza (ANOVA), estación 6

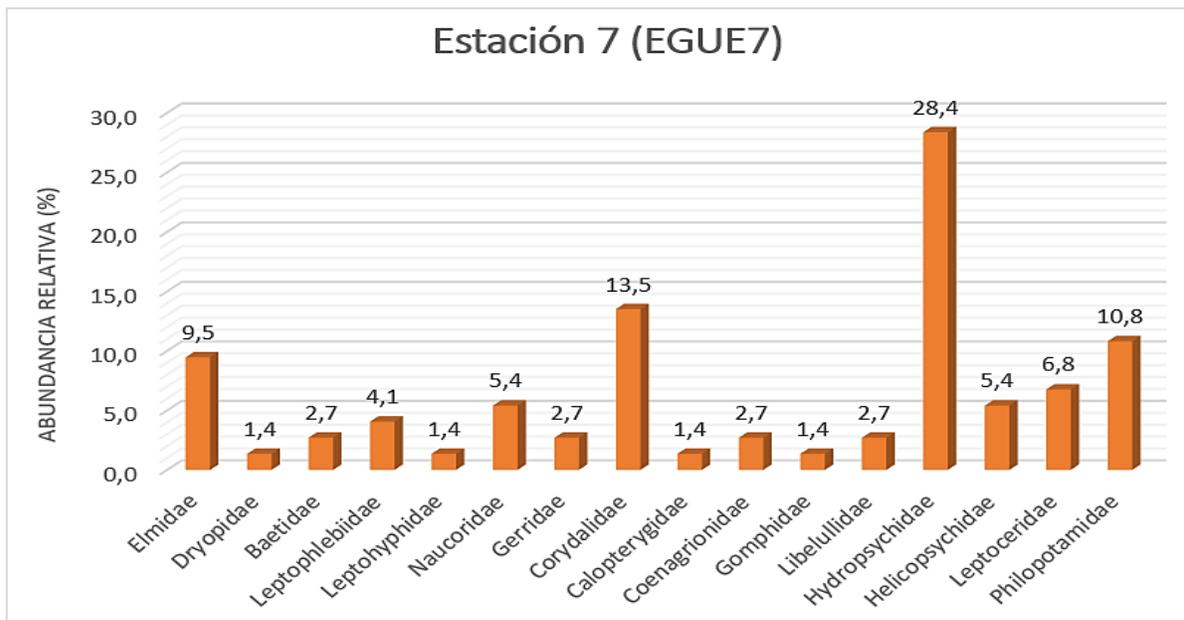
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1094,229167	11	99,4753788	11,377 6446	0,00000 001	2,06660848
Dentro de los grupos	314,75	36	8,74305556			
Total	1408,979167	47				
Alpha= 0,05						

Fuente: Autora.

- **Estación EGUE7**

En la estación 7, El Guayabo, de la microcuenca alta del río Santa Rosa, se recolectaron un total de 16 familias diferentes, 6 órdenes y 74 ejemplares. En la presente estación, entre las familias encontradas, tenemos a la familia que mayor aporte tuvo en la estación, con respecto a su abundancia relativa, Hydropsychidae representando el 28,4% (21 individuos); con abundancia media, tenemos a la familia Corydalidae con el 13,5% (10 individuos); y Philopotamidae fue del 10,8 % (conformada por 2 individuos) y familia Elmidae (7 individuos) con el 9,5 y por último, la influencia en la estación, de las familias Baetidae, Gerridae, Coenagrionidae y Libellulidae, fue baja, representando cada una de las familias el 2,7% (2 ejemplare por familia) y a las familias Dryopidae, Leptohyphidae, Calopterygidae y Gomphidae con el 1,4% (1 ejemplar por familia).

Ilustración 52 Abundancia relativa de macroinvertebrados, estación 7



Fuente: Autora.

En comparación con la estación testigo blanco, en esta estación, las familias encontradas y la cantidad de ejemplares fueron pocos, aunque se mantuvo el mismo número de órdenes. Así mismo, como en la estación anterior, la familia predominante fue Hydropsychidae. Con respecto a la media

y varianza, mostró que los valores obtenidos para cada mes, fueron diferentes, evidenciándose la mayor variabilidad en el orden Trichóptera y la menor variabilidad en el orden Ephemeroptera, al igual que en la estación 6 (Anexo J).

De manera idéntica, que en la estación 0, se plantearon las mismas hipótesis para el cálculo del ANOVA, obteniendo como resultado $p=0,00$ (Tabla N° 13) lo que indica que la estación 7, tiene el mismo comportamiento que todas las estaciones anteriores, al rechazar la hipótesis nula y mostrar diferencias estadísticas significativas, en la cantidad de macroinvertebrados acuáticos bentónicos presentes por familia, durante los 4 meses de muestreo.

Tabla 13 Análisis de Varianza (ANOVA), estación 7

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1622,984375	15	108,1989583	9,04405 7466	0,00000 0002	1,88017458
Dentro de los grupos	574,25	48	11,96354167			
Total	2197,234375	63				
Alpha= 0,05						

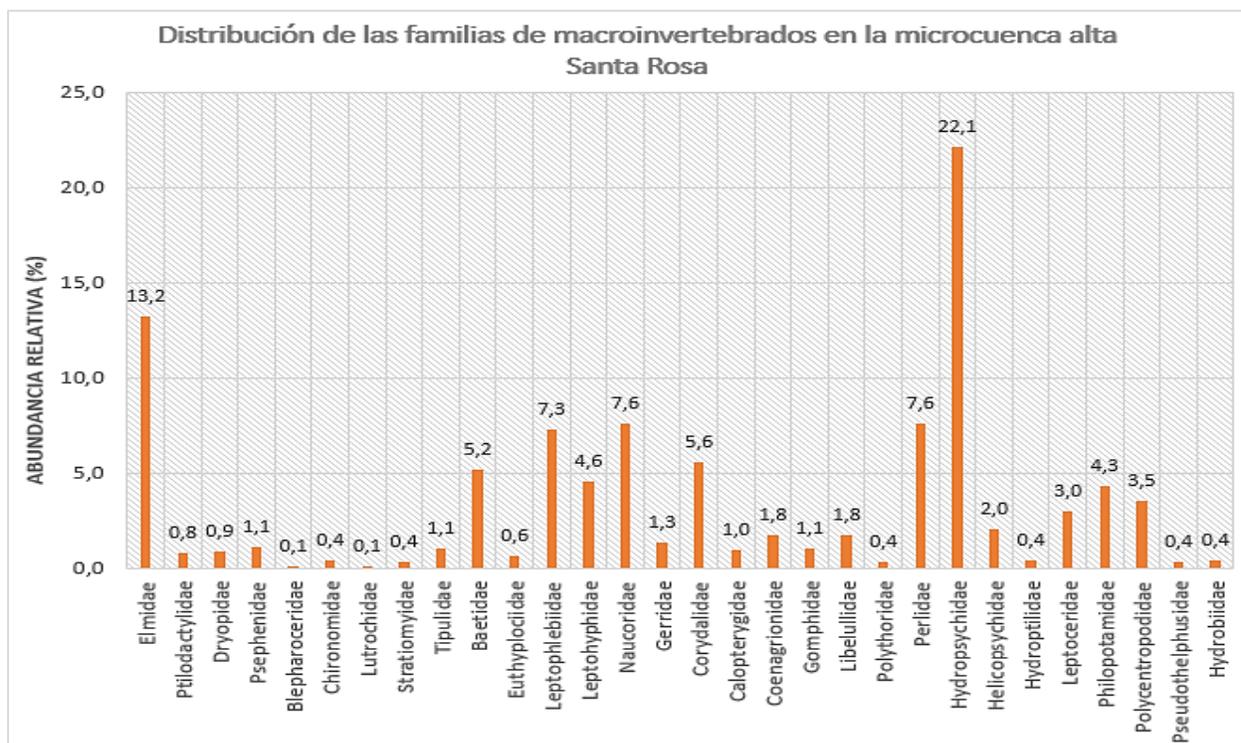
Fuente: Autora.

4.2.2 Análisis de las familias encontradas en toda la microcuenca alta Santa Rosa.

Con el fin de conocer la distribución total de macroinvertebrados, a nivel de toda el área de conservación y uso sustentable de la microcuenca alta del cantón Santa Rosa, se procedió a calcular la sumatoria total, por familia, de los valores promedios que ya fueron calculados anteriormente en cada una de las estaciones (Anexo H) y así poder obtener un solo valor, el mismo que permitirá establecer la abundancia relativa y la distribución de las diferentes familias recolectadas durante el muestreo, a lo largo de toda la microcuenca alta.

En el gráfico podemos apreciar la distribución de familias de macroinvertebrados que fueron encontrados en la microcuenca alta Santa Rosa, se presentan 1134 ejemplares, divididos en 30

familias y 10 órdenes en el área de conservación y uso sustentable de la microcuena alta del cantón Santa Rosa. La familia que tuvo mayor impacto con respecto a su abundancia relativa fue la familia Hydropsychidae con 22,1% (conformado por 251 individuos); otra familia que tuvo una gran contribución en la microcuena alta fue la familia Elmidae con el 13,2% (conformada por 150 individuos); las familias Naucoridae y Perlidae tuvieron un aporte del 7,6% con respecto a su abundancia relativa (conformada por 86 individuos); la familia Leptophlebiidae representando el 7,3% (conformado por 83 individuos); las familias Corydalidae (63 individuos) y Baetidae (59 individuos), representando el 5,6 % y el 5,2% respectivamente; de la misma manera, tenemos las familias Leptohiphidae (52 individuos) y Philopotamidae (49 individuos), representando el 4,6 % y el 4,3% respectivamente; la familia Polycentropodidae con el 3,5% (40 individuos); la familia Leptoceridae con una abundancia relativa de 3% (34 individuos); Helicopsychidae con el 2% (23 individuos por familia); con el aporte del 1,8% tenemos a las familias Coenagrionidae y Libellulidae (20 individuos por familia); la familia Gerridae con el 1,3% en su abundancia relativa (15 individuos); las familias Psephenidae, Tipulidae y Gomphidae representando solo el 1,1% (12 individuos por familia); la familia Calopterygidae con el 1% (11 individuos); de la misma manera, tenemos a las familias con menor abundancia relativa, las familias Dryopidae (10 individuos) y Ptilodactylidae (9 individuos), representando el 0,9 % y el 0,8% respectivamente; la familia Euthyplociidae con el 0,6% (conformado por 7 individuos); con el 0,4% tenemos a las familias Chironomidae, Stratiomyidae, Polythoridae, Hydroptilidae, Hydrobiidae y Pseudothelphusidae (5 individuos por familia) y por último, tenemos a las familias Blepharoceridae y Lutrochidae con el 0,1% (1 individuo por familia).



Fuente: Autora.

Debido a la gran cantidad de variables, con las cuales se debe trabajar, como es el caso de las 30 familias y considerando que tenemos 8 estaciones de muestreo, no se realizó el análisis anteriormente ejecutado (ANOVA de un factor), ya que se generarían una gran cantidad de datos al momento de realizarlo y, por ende, los mismos datos generarán confusión en el análisis, sin embargo, lo que si se realizó fue el análisis de su distribución normal; se consideraron las 5 familias, cuyas varianzas llegaron a presentar un valor que sobrepasa los 250, con el fin de conocer su comportamiento en cada una de las estaciones.

En el caso de la familia Hydropsychidae, presentó una de las varianzas más elevadas (1976,22) en la estación Testigo Blanco, esto debido a que, durante los 4 meses de muestreo, el número de ejemplares recolectados fue muy diverso, pues durante el segundo mes, no apareció esta familia entre los individuos recolectados, probablemente se deba a que, durante la madrugada del mismo

día de recolección, hubo una pequeña precipitación en la parte más alta de la microcuenca (638 msnm), que duró hasta una hora después desde que se inició el muestreo y según autores como Springer, Serrano y Zepeda (2010), indican que estos organismos de vida libre, que habitan en redes de seda o refugios establecidos en el sustrato, pueden derivar o ser arrastrados por el efecto del aumento de la corriente, del río o del caudal y la poca cantidad o ausencia de ciertas familias en ese mismo mes y en la misma estación, confirma lo anteriormente mencionado. En la misma familia, se pudo apreciar que, en las estaciones La Chonta, Pueblo Sabayán y Quebrada Sabayán, durante todos los meses, se encontraron a estos ejemplares, siendo esta última estación, la que registró mayor número de ejemplares en toda la microcuenca y que por el contrario, en las estaciones Los Monos, El Panteón y El Guayabo, fueron pocos los individuos recolectados, cabe recalcar que, en las dos últimas estaciones mencionadas, existe la influencia de asentamientos humanos, por lo que se presume que, el bajo número de individuos encontrados se debe a la alteración de la calidad del sistema fluvial en ese tramo y por último, en la estación Los Gringos, la cual es una estación influenciada por actividad minera, los ejemplares de la familia Hydropsychidae, no fueron encontrados y de acuerdo con Carrera y Fierro (2001), esta misma familia, perteneciente al orden Trichóptera, son los más sensibles y muy poco tolerantes a los niveles de contaminación y alteración de calidad de agua, lo que explica la poca o nula existencia de aquellos individuos, y aunado a esto, como sucedió en este estudio y como lo mencionan Custodio y Chanamé (2016), estos organismos disminuyen, conforme se va reduciendo la altitud en las diferentes estaciones que se encuentran ubicadas en el área de conservación municipal y uso sustentable de la microcuenca alta del río Santa Rosa.

Otra de las familias, con una varianza alta en toda la microcuenca, fue la familia Baetidae (663,33) en la estación Pueblo Sabayán, esto debido a que durante el primer mes, no se encontraron

ejemplares y en el segundo mes se recolectó la mayor cantidad de los mismos, mientras que el tercer y cuarto mes los ejemplares recolectados disminuyeron considerablemente, pues esta familia, perteneciente al orden Ephemeroptera, y que a pesar de ser uno de los órdenes que prefieren las aguas limpias y oxigenadas (Forero, Gutiérrez, & Reinoso, 2016), también contiene ciertos géneros que poseen diversos niveles de tolerancia, resisten y se adaptan a cierto grado de contaminación (Flowers & De la Rosa, 2010), por lo que se presume que, al estar ésta estación influenciada por una pequeña población, durante el primer mes, existió algún tipo de contaminación difusa fuerte, que no se logró identificar el día del muestreo, lo que ocasionó que la familia Baetidae huyera de ese lugar para evitar los efectos nocivos, situación que, claramente con los resultados obtenidos, no se repitió en el segundo mes. Por otro lado, en las estaciones Testigo Blanco y en la estación La Chonta, cuyas características son similares, fueron las tres estaciones con más ejemplares de la familia Baetidae encontrados, lo que coincide con el estudio realizado por Buss y Salles (2007), mismo que indica que la gran mayoría de los Ephemeropteros, como los de la familia Baetidae, prefieren los lugares que estén conformados por sustratos de roca y grava. Las estaciones Los Monos, la cual es una estación con aguas pocas profundas y caudal muy lento y las estaciones con la influencia de pequeños poblados como Quebrada Sabayán, El Panteón y El Guayabo, los ejemplares recolectados fueron muy escasos, a excepción de la estación Los Gringos, en donde no fueron encontrados, evidenciándose claramente, que estas estaciones, no presentaron las condiciones adecuadas para alojar a la familia Baetidae.

Se ha podido establecer que, la varianza de la familia Leptohyphidae, tiene un comportamiento diferente de una estación y otra, la estación Quebrada Sabayán, presentó la tercer varianza alta (644,25), esto debido a que, en el primer y último mes no se recolectaron ejemplares, mientras que, en el segundo y tercer mes, los ejemplares recolectados fueron más o menos considerables,

por lo que se deduce, gracias a que las ninfas recolectadas en el segundo mes, fueron de un tamaño muy pequeño en comparación a las del tercer mes, que esta familia se encontraba en proceso de metamorfosis. Según Molineri (2003), este tipo de comportamiento en la abundancia, a lo mejor se debe a que, esta familia, tiene un ciclo de vida multivoltino, lo que ocasiona que, en un año, puedan tener una o más generaciones, sin embargo, a pesar de aquello, se recolectó la mayor cantidad de individuos en hojarasca, coincidiendo con el estudio de Jiménez (2014) el cual, con relación a los diferentes tipos de sustratos, la mayor abundancia de la familia Leptohyphidae, fue encontrada en hojarasca, piedra y grava. Finalmente, la familia Leptohyphidae, no fue observada, en las estaciones localizadas cerca de pequeños poblados, Los Gringos, Pueblo Sabayán y El Panteón y por el simple hecho, de pertenecer al orden Ephemeroptera, el cual es uno de los más sensibles a la contaminación (Forero, Gutiérrez, & Reinoso, 2016), se piensa que hubo un pequeño indicio de alteración en el agua, mismo que ocasionó que esta familia no fuera encontrada en el lugar.

Otra familia, que llamó bastante la atención por poseer varianza alta, fue la familia Elmidae, en la estación Testigo Blanco (402,25), durante todos los meses se encontraron ejemplares, sin embargo, durante el segundo mes, la cantidad de individuos recolectados fue la más baja, se presume, que sucedió lo mismo, que con la gran mayoría de familias que se encontraban en el lugar, pues la precipitación ocasionó la disminución de los insectos; en el tercer mes, el número de individuos aumentó tres veces más, que en los dos primeros meses y al cuarto mes se reduce un 50% aproximadamente, esto también sucedió con la familia Hydropsychidae, lo que nos hace pensar que, en la estación no existieron perturbaciones ambientales, por lo tanto, la microcuenca alcanzó una excelente calidad de agua durante el tercer mes de estudio, además, fue una de las familias con más riqueza a lo largo de toda la microcuenca, ya que se logró encontrar en todas las

estaciones establecidas y durante todo el muestreo. Autores como Passos, Nessimian y Dorvillé (2003), indican que el orden Coleóptera, es conocido por preferir los ambientes lénticos con vegetación litoral, sin embargo, existen familias como Elmidae, que requieren un nivel alto de oxígeno disuelto en el agua, es decir, por lo mencionado anteriormente, que la estación Testigo Blanco, en conjunto con las estaciones La Chonta y Quebrada Sabayán, al ser las estaciones donde hubo mayor cantidad de ejemplares recolectados, se encuentran en condiciones muy favorables, pues las características que las hacen similar son, la existencia de bosque ribereño y sustrato compuesto por piedras y grava, de hecho, los resultados del estudio realizado por González, Zúñiga, Giraldo, Ramírez, y Chará (2020), coinciden al mencionar que la familia Elmidae, perteneciente al orden coleóptera, tuvo un aumento en su diversidad, con la existencia de sustrato grueso y bosque de ribera, sin embargo a pesar de que en la estación Los Monos también se caracteriza por tener bosque de ribera, no se comparó con el número de ejemplares hallados en las estaciones anteriores, esto gracias a que el sustrato en Los Monos es más fino (arena, arcilla) que grueso (rocas y grava). Por otro lado, tenemos a la estación Los Gringos, en donde solo se encontraron 3 ejemplares, durante los 4 meses y conociendo que aguas arriba, se realizan actividades mineras, nos hace pensar que, pese a ser la estación con menor vida acuática encontrada, existen insectos, como los de la familia Elmidae, que se adaptan a las condiciones del lugar para poder sobrevivir, tomando sentido lo mencionado por los autores Roldán y Ramírez (2008), en donde indican que, al existir contaminación agrícola, doméstica o industrial en el hábitat, la calidad de agua y sus condiciones fisicoquímicas se van a alterar y la única alternativa, para las diversas especies, es la adaptación, caso contrario, la muerte.

La última familia, con varianza alta considerada, fue la familia Naucoridae (259,58), misma variabilidad que se presentó en la estación Testigo Blanco, porque durante el primer mes, fue

elevado el número de insectos recolectados y en el segundo mes, de manera similar a lo que ocurrió con la familia Hydropsychidae y Elmidae, fue muy escaso el número de individuos recogidos, por lo que se presume que, del mismo modo, la lluvia fue lo que ocasionó la desaparición, arrastre o migración de los mismos y en este caso, Hanson, Springer y Ramírez (2010), confirman que, en los macroinvertebrados, ocurre la circulación río abajo o deriva, cuando estos quieren evitar algún tipo de disturbio (alteración de la calidad de la fuente o aumento del río) pero, a pesar de esto, los ejemplares no desaparecieron completamente, gracias a que poseen gran fuerza de arrastre (Horrigan & Baird, 2008). En las estaciones, La Chonta y Pueblo Sabayán, se encontraron la mayor cantidad de ejemplares de la familia Naucoridae, lo que tiene sentido ya que Gonzáles, *et al.* (2018), mencionan que, esta familia tiene como preferencia los ambientes lóticos de corriente lenta, con lecho pedregoso, variedades de sustratos y vegetación de ribera, coincidiendo con las características de las estaciones mencionadas, llegando a la conclusión, del porqué se encontraron insectos Naucoridae en ellas. En las estaciones Los Monos y Quebrada Sabayán, los ejemplares Naucoridae, se encontraron en menor cantidad, mientras, que en la estación El Guayabo, fue casi nulo el número de ejemplares recogidos. Pues a pesar, de que el orden Hemíptera prefiere aguas con buena oxigenación y calidad, ciertas familias como Naucoridae, soporta medianamente la contaminación (Roldán, 2003), entonces, al igual que en los casos anteriores con las diferentes familias mencionadas, en las estaciones que se encuentran cerca de un poblado, existieron ejemplares que se adaptaron a las alteraciones existentes. Finalmente, esta familia no fue encontrada en las estaciones Los Gringos ni en El Panteón, evidenciándose las irregularidades tanto físicas como químicas, que no permitieron su presencia.

4.3 Resultados y análisis de los parámetros físicos químico

Se realizó un análisis estadístico descriptivo (media, desviación estándar, varianza, máximos y mínimos), con los resultados de los cuatro meses, de los parámetros físicos químicos (pH, temperatura del agua, sólidos disueltos totales y conductividad eléctrica) que fueron tomados “in-situ”, en cada una de las estaciones, con la finalidad de simplificarlos y entenderlos de mejor manera.

Para poder determinar si el valor de los parámetros es el adecuado, se realizó una comparación de los resultados obtenidos, con la Tabla N° 1 (Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico), Tabla N° 3 (Criterios de la calidad de aguas para riego agrícola) y la Tabla N° 4 (Parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego) y la Tabla N° 5 (Criterios de calidad de aguas para uso pecuario), de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua, misma que se encuentra especificada en el anexo I, libro VI, del TULSMA (Anexo A).

Se presentan a continuación el resumen del análisis estadístico de cada parámetro con su respectiva tabla y gráfico:

- **pH**

Con respecto al pH, como se puede apreciar en la Tabla N° 9, en todas las estaciones, existe una varianza mínima, lo que significa que el pH, se mantuvo estable durante los 4 meses de estudio.

Tabla 14 Resumen del análisis estadístico del parámetro pH

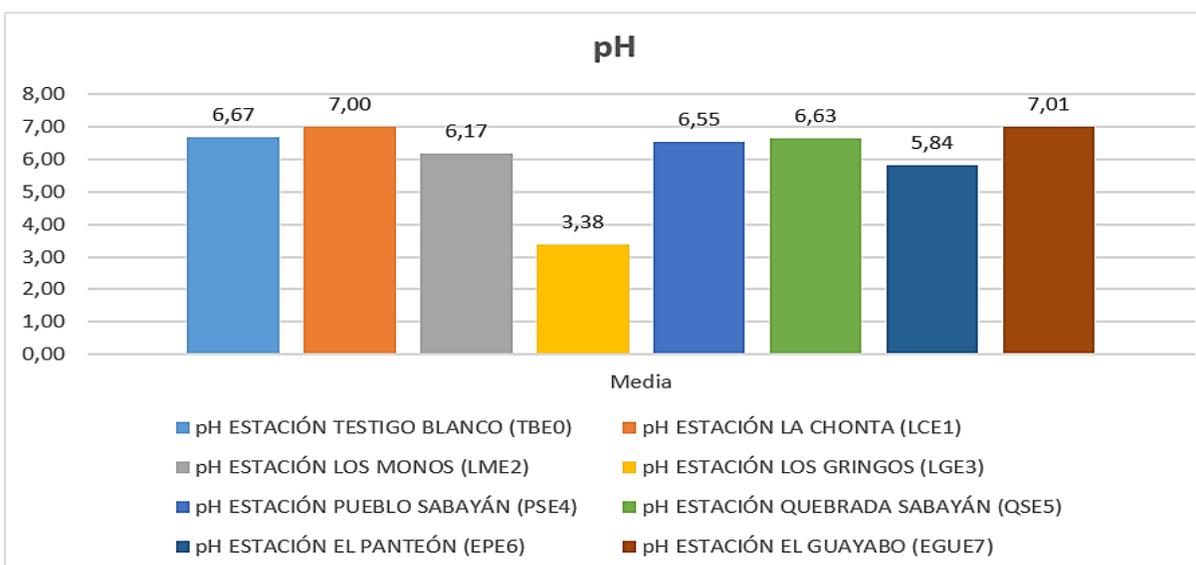
pH								
ESTADÍSTICA	ESTACIÓN TESTIGO BLANCO (TBE0)	ESTACIÓN LA CHONTA (LCE1)	ESTACIÓN LOS MONOS (LME2)	ESTACIÓN LOS GRINGOS (LGE3)	ESTACIÓN PUEBLO SABAYAN (PSE4)	ESTACIÓN QUEBRADA SABAYAN (QSE5)	ESTACIÓN EL PANTEON (EPE6)	ESTACIÓN EL GUAYABO (EGUE7)
Media	6,67	7,00	6,17	3,38	6,55	6,63	5,84	7,01
Desviación estándar	0,38	0,11	0,13	0,26	0,20	0,19	0,26	0,31
Varianza de la muestra	0,14	0,01	0,02	0,07	0,04	0,04	0,07	0,10
Mínimo	6,18	6,89	6,02	3,00	6,42	6,46	5,46	6,57
Máximo	7,10	7,15	6,33	3,60	6,85	6,90	6,02	7,28

Fuente: Autora.

Específicamente, en los cuerpos de agua para consumo humano, uso doméstico y para riego, según la normativa, el pH debe encontrarse en un rango de 6 a 9 (TULSMA, 2015). La estación Los Gringos, registró un pH mínimo de 3, en el cuarto mes y en la estación El Guayabo, se registró un pH máximo de 7,28 en el tercer mes (Anexo I). Como se puede apreciar en la Ilustración 54, las estaciones que se encuentran dentro de los niveles máximos permisibles de pH, cumpliendo con la normativa y con un pH neutro, según las medias calculadas, fueron las estaciones Testigo Blanco (6,67 pH), La Chonta (7,00 pH), Los Monos (6,17 pH), Pueblo Sabayán (6,55 pH), Quebrada Sabayán (6,63 pH) y El Guayabo (7,01 pH).

Por otro lado, las estaciones Los Gringos y El Panteón, alcanzan un pH de 3,38 y 5,84 respectivamente y evidentemente, están incumpliendo con la normativa ecuatoriana, ya que se encuentran por debajo de los niveles permisibles. Este valor de pH, indica la presencia de aguas ácidas en la zona, lo que podría estar vinculado al vertimiento de aguas residuales o a algún tipo de contaminación, ya que según indican Banquero, Fernández, Verdejo y Lorca (2008), que encontrarse con aguas que poseen pH menor a 3,5 y mayor a 10, es muy poco probable y su origen sería las actividades antrópicas.

Ilustración 54 Valores promedios de pH, en cada estación establecida



Fuente: Autora.

Al calcular el promedio total de pH, con todas las medias de cada estación, se pudo determinar que el pH que posee la microcuenca alta, tiene un valor de 6,15 y claramente se aprecia que, SI CUMPLE con la normativa ambiental vigente del TULSMA, al analizar los resultados con la Tablas N° 1 y 3 del anexo A, relacionadas a la calidad de agua destinadas para uso doméstico y riego. Así mismo, este valor en la escala de pH, es considerado como ligeramente ácido y el resultado de este estudio, concuerda con el estudio de Pontón (2018), en donde el pH de sus estaciones, también indican que el agua de aquella microcuenca, es ligeramente ácida.

- **Temperatura**

Como se puede observar, la variabilidad de la temperatura, en cada estación fue diferente, las estaciones que mantuvieron varianza baja, fueron Testigo Blanco (0,12), La Chonta (0,17), Pueblo Sabayán (0,08), Quebrada Sabayán (0,14) y El panteón (0,04), mientras que en las estaciones Los gringos y El Guayabo, la varianza fue mayor (1,17 y 0,5) indicando, que fue aquí donde se registraron diferentes temperaturas en el agua, durante los 4 meses de estudio.

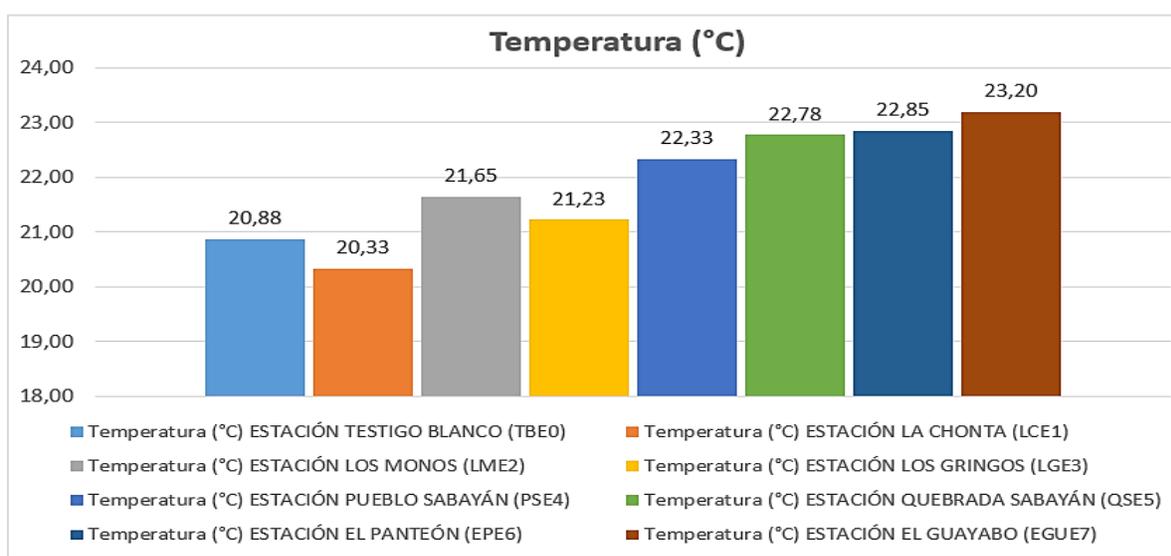
Tabla 15 Resumen del análisis estadístico del parámetro Temperatura

Temperatura (°C)								
ESTADÍSTICA	ESTACIÓN TESTIGO BLANCO (TBE0)	ESTACIÓN LA CHONTA (LCE1)	ESTACIÓN LOS MONOS (LME2)	ESTACIÓN LOS GRINGOS (LGE3)	ESTACIÓN PUEBLO SABAYÁN (PSE4)	ESTACIÓN QUEBRADA SABAYÁN (QSE5)	ESTACIÓN EL PANTEÓN (EPE6)	ESTACIÓN EL GUAYABO (EGUE7)
Media	20,88	20,33	21,65	21,23	22,33	22,78	22,85	23,20
Desviación estándar	0,34	0,41	0,54	1,08	0,29	0,38	0,19	0,71
Varianza de la muestra	0,12	0,17	0,30	1,17	0,08	0,14	0,04	0,50
Mínimo	20,40	19,80	20,90	20,10	22,00	22,30	22,70	22,30
Máximo	21,20	20,80	22,20	22,50	22,70	23,20	23,10	24,00

Fuente: Autora.

Con la finalidad de conocer, las condiciones y el comportamiento, que presentaron las diferentes temperaturas de agua, obtenidas con el análisis in-situ, se realizó la Ilustración 55 con las medias (promedios) anteriormente calculados, en donde, los valores registrados de temperatura oscilan de 20,33 °C a 23,20 °C. En la estación Los Monos, en el primer mes, se registró la mínima temperatura de 19,80 °C y la máxima temperatura de 24°C, durante el segundo mes, en la estación El Guayabo. Con estos resultados, se da a conocer los rangos de temperatura que posee la zona, en los meses de verano (Anexo I).

Ilustración 55 Valores promedios de Temperatura, en cada estación establecida



Fuente: Autora.

Si bien es cierto, la temperatura no es un indicador determinante para conocer si el agua está siendo contaminada, sin embargo, si es un parámetro físico de gran importancia, que se debe tomar en cuenta constantemente, al momento de muestrear a los macroinvertebrados, ya que altera la riqueza y distribución de las poblaciones (Bustamante, Monsalve, & García , 2008). Con ayuda del promedio, calculado con las medias de la temperatura de cada estación, se pudo determinar que toda la microcuenca parte alta del cantón Santa Rosa, posee una temperatura de 21,90 °C, lamentablemente, la normativa ambiental establecida, no es tomada en cuenta, debido a que este parámetro no está considerado. Al contrario de estos resultados, el estudio de Pontón (2018), registra valores mínimos más bajos de 19,30 °C y valores máximos de hasta 21,5 °C.

- **Conductividad Eléctrica**

Para la conductividad eléctrica, las varianzas calculadas, resultaron ser las más elevadas, lo que significa que, en las estaciones, Los Gringos (4324), Pueblo Sabayán (1403) y El panteón (1575), los valores registrados con el multiparámetro, fueron muy diferentes durante los cuatro meses. En cambio, también se presentaron valores estables de conductividad, según la desviación estándar y varianzas calculadas, esto se dio en las estaciones La Chonta (3) y El Guayabo (0,63).

Tabla 16 Resumen del análisis estadístico del parámetro Conductividad Eléctrica

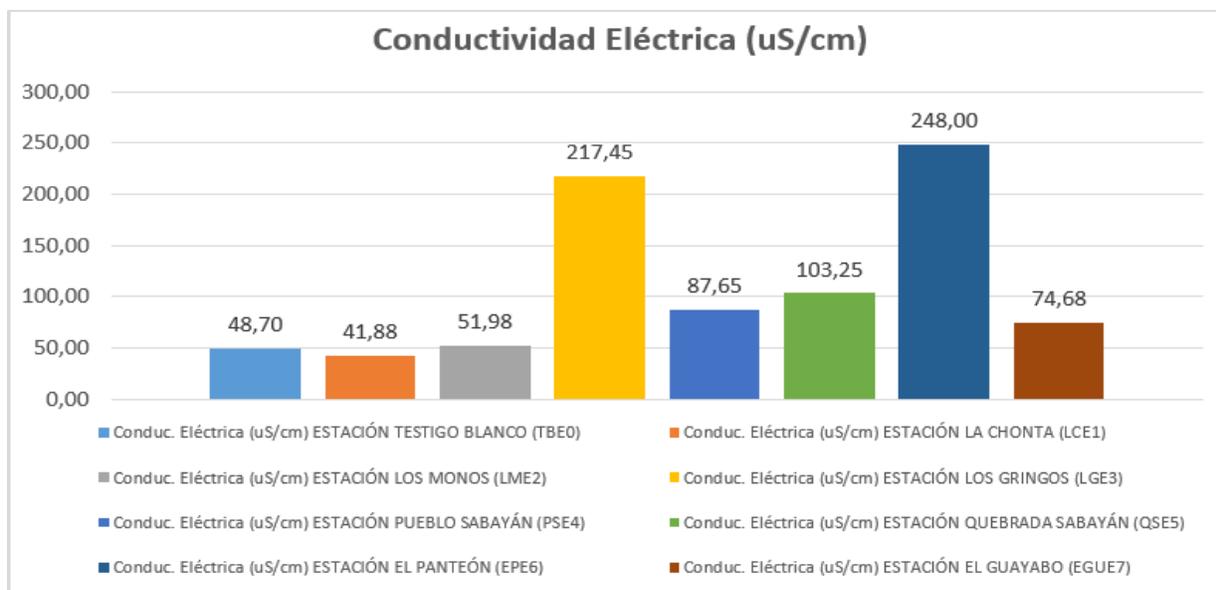
Conductividad Eléctrica (uS/cm)								
ESTADÍSTICA	ESTACIÓN TESTIGO BLANCO (TBE0)	ESTACIÓN LA CHONTA (LCE1)	ESTACIÓN LOS MONOS (LME2)	ESTACIÓN LOS GRINGOS (LGE3)	ESTACIÓN PUEBLO SABAYÁN (PSE4)	ESTACIÓN QUEBRADA SABAYÁN (QSE5)	ESTACIÓN EL PANTEÓN (EPE6)	ESTACIÓN EL GUAYABO (EGUE7)
Media	48,70	41,88	51,98	217,45	87,65	103,25	248,00	74,68
Desviación estándar	5,68	1,94	9,50	65,76	37,46	5,22	39,69	0,79
Varianza de la muestra	32,29	3,78	90,32	4324,86	1403,48	27,28	1575,33	0,63
Mínimo	43,30	39,20	42,50	147,00	53,10	96,10	198,00	73,60
Máximo	56,20	43,50	60,50	306,00	140,50	108,40	295,00	75,50

Fuente: Autora.

La conductividad eléctrica está expresada en las unidades micro Siemens por centímetro y según el análisis estadístico realizado, registró el valor máximo en el cuarto mes de 295 uS/cm, en la estación El Panteón y el valor mínimo fue 39,20 uS/cm registrado en el segundo mes, en la estación La Chonta (Anexo I).

Para poder comprender, los resultados promedios de la conductividad eléctrica, para cada estación, se elaboró la siguiente Ilustración:

Ilustración 56 Valores promedios de Conductividad Eléctrica, en cada estación establecida



Fuente: Autora.

Según la Ilustración 56, se puede observar, que los valores promedios de la conductividad eléctrica, se encontró en un rango de 41,88 uS/cm – 248 uS/cm, presentando los valores más altos en las estaciones Los Gringos con 217,45 uS/cm y en El panteón con 248 uS/cm. Según Roldán (2003), la conductividad, mide la cantidad de sales disueltas en el agua y menciona que, si ocurre un aumento de la misma, el efecto para los macroinvertebrados sería mortal, lo que explica la poca cantidad de ejemplares en estas estaciones. Por lo general, el aumento de la salinidad en el agua, mucha de las veces se da por causas naturales, ya sea por efectos de la climatología o por la

geología del terreno, sin embargo, también ocurre cuando son vertidas aguas industriales de origen minero y aguas residuales de origen doméstico y agrícola. Lo que presentan en común estas dos estaciones, que tienen la conductividad eléctrica más alta, fue que ambas se encuentran cerca de pequeños asentamientos humanos, asemejándose parcialmente con el estudio de Pontón (2018), donde indica que la mayor conductividad, se presenta en la estación 3 y 4, donde se encuentra la mayor cantidad de viviendas de la zona, pero al contrario de estos resultados, los valores son mucho menos elevados.

La conductividad eléctrica, que presenta toda la microcuenca alta, según el promedio calculado de todas las estaciones, es de 109,29 uS/cm, misma que no pudo ser comparada en este caso, ya que dentro de la Normativa Ambiental Ecuatoriana no es considerada, por esta razón, se realizó el análisis con los datos que posee la empresa de agua EMAPA-SR de años anteriores, pudiendo observar que los valores en las estaciones, son muy similares a los valores obtenidos para este estudio.

- **Sólidos Disueltos Totales (SDT)**

De la misma manera que en la conductividad eléctrica, los sólidos disueltos totales, también presentan varianzas altas, indicando que las mismas fueron diferentes en cada mes, esto dentro de las estaciones Los gringos (605), Pueblo Sabayán (360), estación El panteón (236) y el Guayabo (82,55). Los SDT se expresan en mg/L y en la estación Los Monos, en el primer mes, se registró el mínimo valor de 21,30 (mg/L) y el valor máximo, se registró durante el cuarto mes, en la estación Los Gringos, con un valor de 157,40 (mg/L) (Anexo I).

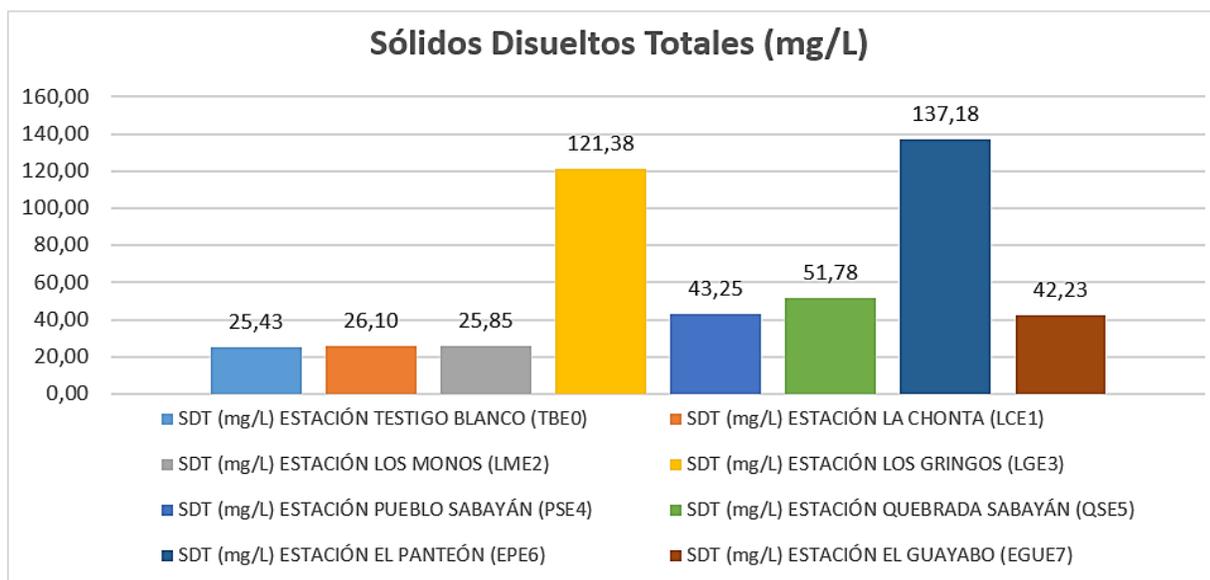
Tabla 17 Resumen del análisis estadístico del parámetro Sólidos Disueltos

Sólidos Disueltos Totales (mg/L)								
ESTADÍSTICA	ESTACIÓN TESTIGO BLANCO (TBE0)	ESTACIÓN LA CHONTA (LCE1)	ESTACIÓN LOS MONOS (LME2)	ESTACIÓN LOS GRINGOS (LGE3)	ESTACIÓN PUEBLO SABAYÁN (PSE4)	ESTACIÓN QUEBRADA SABAYÁN (QSE5)	ESTACIÓN EL PANTEÓN (EPE6)	ESTACIÓN EL GUAYABO (EGUE7)
Media	25,43	26,10	25,85	121,38	43,25	51,78	137,18	42,23
Desviación estándar	3,62	1,65	4,43	24,60	18,99	2,54	15,39	9,09
Varianza de la muestra	13,12	2,73	19,60	605,18	360,63	6,44	236,73	82,55
Mínimo	22,10	24,60	21,30	105,50	26,30	48,00	122,40	36,40
Máximo	29,90	28,40	30,40	157,40	70,40	53,40	152,10	55,70

Fuente: Autora.

Los valores promedios calculados, se pueden visualizar en la Ilustración 58, cuyos resultados, se encontraron en un rango de 25,43 mg/L – 137,18 mg/L, pues, los promedios más altos se presentaron en las estaciones Los Gringos con 121,38 mg/L y en El panteón con 137,18 mg/L. Jiménez (2001), indica que la presencia de metales, minerales, compuestos químicos orgánicos e inorgánicos que generan sabor, olor y toxicidad al agua, así como los gases resultantes de la descomposición de materia orgánica, son los que permiten la concentración de SDT en el agua, y Roldán (2003) indica que existe una estrecha relación entre la conductividad, la salinidad y los sólidos disueltos totales, por lo tanto, mientras la conductividad eléctrica esté elevada, existirá la presencia de SDT en un cuerpo de agua, situación que evidentemente se presenta en este estudio, con las estaciones que presentaron los valores más altos, lo que se puede deber a la existencia de viviendas cercanas a las mismas. A pesar de lo anteriormente mencionado, los valores obtenidos si se encuentran dentro de los niveles permisibles, de acuerdo a los criterios de calidad de aguas destinadas para riego y uso pecuario (Anexo A).

Ilustración 57 Valores promedios de Sólidos Disueltos Totales, en cada estación establecida



Fuente: Autora.

El promedio de la cantidad de SDT, en toda la microcuenca, fue de 59,15 mg/L, valor que si se encuentra dentro de los niveles permisibles establecidos en la Norma de calidad ambiental; estos resultados coinciden con el estudio de Reinoso (2016), cuyos resultados de sólidos disueltos en la microcuenca del río Blanco, estuvieron dentro de los niveles permisibles de la misma normativa mencionada.

4.4 Análisis y resultados de los índices bióticos EPT y BMWP/Col

Los resultados, al aplicar cada uno de los índices, se analizaron por períodos y a nivel de toda la microcuenca. Además, con el fin de conocer si las medias de los valores tuvieron un comportamiento similar, con ayuda del software Microsoft Excel, se creó un gráfico de cajas y también se determinó si los datos cumplían con distribución Normal, sin embargo, gracias a que los datos tuvieron un comportamiento no paramétrico, se procedió a realizar el cálculo, en el software SPSS, de las pruebas no paramétricas que son análogas al ANOVA de un factor, estas pruebas son Kruskal-Wallis y de la Mediana.

4.4.1 Índice BMWP/Col

- **Por períodos**

Una vez asignados los puntajes a cada grupo de familias de macroinvertebrados recolectados (Anexo C) y con ayuda de la tabla N° 3, se creó la tabla N° 18, la cual describe el valor que adquirió cada una de las estaciones con la aplicación del índice BMWP/Col, durante un período de 4 meses; de la misma manera, describe la calidad de agua que poseen los diferentes sitios de monitoreo establecidos en la microcuenca alta del río Santa Rosa.

En las estaciones Testigo Blanco, La Chonta, Los Monos, Pueblo Sabayán y Quebrada Sabayán durante los cuatro meses de monitoreo, la valoración se mantuvo en un rango de 101 a 173, por ende y con ayuda de la tabla de clasificación de la calidad de agua (Tabla N° 4), se pudo definir, que en estas estaciones fue “Buena” la calidad de agua.

Por otro lado, en la estación Los Gringos, durante los tres primeros meses de monitoreo, su valoración se mantuvo en 15, obteniendo una calidad de agua “Muy Crítica”, pero al cuarto mes, su valoración fue de 21, es decir, que la calidad de agua en la estación, es “Crítica” y se ve comprometida por el vertimiento de aguas residuales provenientes de las concesiones mineras que se encuentran aguas arriba; como mencionan Aduvire y Coullaut (2006), la actividad minera provoca fuertes impactos hidrológicos como acidificación de las aguas superficiales y subterráneas, disminución o eliminación total de la biocenosis o comunidad biótica y alteración en el paisaje. Es así como, los valores obtenidos de pH y la mínima cantidad de macroinvertebrados recolectados, dentro de esta estación y en este estudio, confirman lo anteriormente mencionado por los autores.

Para finalizar, en las dos últimas estaciones establecidas, El Panteón y El Guayabo, la valoración del índice biótico durante los 4 meses, se mantuvo en un rango de 66 a 86, proyectando

que la calidad del agua es “Aceptable”. Es así como esta estación, además de estar siendo afectada por factores físico ambientales, también es afectada por las actividades mineras, ganaderas y recepción de aguas residuales domésticas.

En resumen, con la aplicación del índice Biological Monitoring Working Party, en su adaptación para Colombia, se obtuvo diferentes tipos de calidad de agua, como calidad de agua Buena, condiciones pertenecientes a la clase I, categorizadas como aguas muy limpias a limpias en las estaciones de muestreo TBE0, LCE1, LME2, PSE4 y QSE5; como también, se encontraron valores de clase II, en las estaciones EPE6 y EGUE7, categorizadas como aguas ligeramente contaminadas; y, aguas muy contaminadas, pertenecientes a la clase IV, en la estación EGE3.

Tabla 18 Valores y calidad de agua, obtenidos por períodos, con la aplicación del índice BMWP/Col.

ESTACIONES	CÓDIGO	ÍNDICE BMWP/Col			
		PERÍODO	VALOR	CALIDAD	COLOR
Testigo Blanco	TBE0	MES 1	121	Buena	
		MES2	101	Buena	
		MES 3	135	Buena	
		MES 4	104	Buena	
La Chonta	LCE1	MES 1	117	Buena	
		MES2	173	Buena	
		MES 3	109	Buena	
		MES 4	133	Buena	
Los Monos	LME2	MES 1	104	Buena	
		MES2	105	Buena	
		MES 3	105	Buena	
		MES 4	105	Buena	
Los Gringos	EGE3	MES 1	15	Muy Crítica	
		MES2	15	Muy Crítica	
		MES 3	15	Muy Crítica	
		MES 4	21	Crítica	
Pueblo Sabayán	PSE4	MES 1	105	Buena	
		MES2	140	Buena	
		MES 3	121	Buena	
		MES 4	120	Buena	

Quebrada Sabayán	QSE5	MES 1	110	Buena	
		MES2	127	Buena	
		MES 3	106	Buena	
		MES 4	107	Buena	
El Panteón	EPE6	MES 1	83	Aceptable	
		MES2	67	Aceptable	
		MES 3	66	Aceptable	
		MES 4	68	Aceptable	
El Guayabo	EGUE7	MES 1	80	Aceptable	
		MES2	82	Aceptable	
		MES 3	79	Aceptable	
		MES 4	86	Aceptable	

Fuente: Autora.

En el gráfico de cajas (Ilustración 58) elaborado con el software Microsoft Excel, podemos observar que, no existe una alineación o homogeneidad entre ninguna de las medias, por lo que se procede a calcular las dos pruebas no paramétricas, con el objetivo de verificar si existen, diferencias estadísticas significativas.

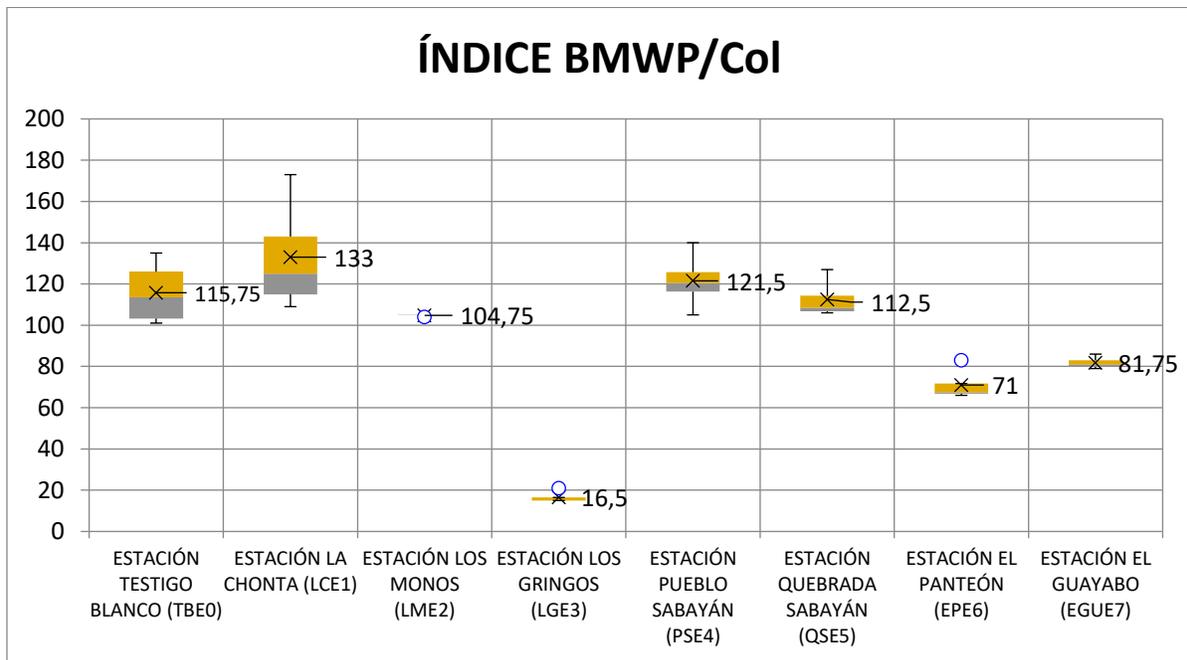


Ilustración 58 Gráfico de caja con los resultados del Índice BMWP/Col

Fuente: Autora.

Como resultado de las pruebas no paramétrica, Kruskal-Wallis, se puede observar en la Tabla N° 19 que, para 7 grados de libertad, el valor H. de Kruskal-Wallis fue de 25,671 y el valor de p (significancia asintótica) fue igual a 0,001. Al ser el valor de $p < 0,05$ se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, la cual indica que todos los valores, o al menos una de las medianas, en las estaciones, son diferentes.

Tabla 19 Resultados estadísticos de la prueba Kruskal-Wallis, índice BMWP/Col

Estadísticos de prueba^{a,b}	
	BMWP/Col
H de Kruskal-Wallis	25,671
gl	7
Sig. asintótica	,001
a. Prueba de Kruskal Wallis	
b. Variable de agrupación: Estaciones de Monitoreo	

Fuente: Autora.

Al Aplicar la prueba no paramétrica, de las medianas, podemos observar que, para 7 grados de libertad, el valor de Chi- cuadrado es de 24,74 y el valor de p (Sig. Asintótica) es de 0,001 (Tabla N° 20). En este caso, se acepta la hipótesis alternativa, donde indica que las medianas de los valores EPT, no son las mismas, entre las estaciones de Muestreo, ya que el valor de p fue menor al valor de Alpha ($p < 0,05$).

Tabla 20 Resultados estadísticos de la prueba de la mediana, índice BMWP/Col

Estadísticos de prueba ^a	
	BMWP/Col
N	32
Mediana	105,00
Chi-cuadrado	24,745 ^b
gl	7
Sig. asintótica	,001
a. Variable de agrupación: Estaciones de Monitoreo 16 casillas (100,0%) han esperado frecuencias b. menores que 5. La frecuencia mínima de casilla esperada es 1,2.	

Fuente: Autora.

- **Microcuenca alta Santa Rosa.**

Con el fin de simplificar los resultados, primero se calculó un promedio con los valores obtenidos, en cada uno de los meses de monitoreo, al aplicar el índice BMWP/Col (Tabla N° 19); luego, para conocer la calidad de agua que posee toda la microcuenca alta del río Santa Rosa, utilizando esos mismos promedios, se calculó el gran promedio final.

Como se puede observar en la tabla N° 21, la estación Los Gringos presentó el nivel de calidad de agua más bajo, pero a pesar de esto, el gran promedio final, mediante la aplicación de este índice biótico, obtuvo un valor de 95, clasificando la calidad de agua, de toda la microcuenca, como **ACEPTABLE**, ubicándose en la Clase II, categorizada como “Aguas ligeramente contaminadas”.

Tabla 21 Valores y calidad de agua, obtenidos en la microcuenca alta, con la aplicación del índice BMWP/Col.

ESTACIÓN	CÓDIGO	ÍNDICE BMWP/ Col		
		VALOR PROMEDIO	CALIDAD	COLOR
Testigo Blanco	TBE0	116	Buena	
La Chonta	LCE1	133	Buena	
Los Monos	LME2	105	Buena	
Los Gringos	LGE3	17	Crítica	
Pueblo Sabayán	PSE4	122	Buena	
Quebrada Sabayán	QSE5	113	Buena	
El Panteón	EPE6	71	Aceptable	
El Guayabo	EGUE7	82	Aceptable	
GRAN PROMEDIO TOTAL		95	ACEPTABLE	

Fuente: Autora

Al no existir estudios en donde utilicen macroinvertebrados bentónicos, dentro del cantón Santa Rosa, estos resultados, fueron comparados con el estudio realizado por Pontón (2018), mismo que se desarrolló en la microcuenca del río Piñas, en el cual, el promedio generado con la aplicación del índice BMWP/Col, que fue de 27 para caudal alto y 25 para caudal bajo, indicó que la calidad de agua se clasificó en Crítica y muy Crítica (aguas fuertemente contaminadas), evidenciándose claramente, que dichos valores, no coinciden con nuestro gran promedio total, ni con nuestros resultados.

4.4.2 Ephemeroptera, Plecóptera y Trichóptera (EPT)

- **Por períodos**

Una vez identificadas las familias pertenecientes a estos tres órdenes, con ayuda de la fórmula (Ecuación N° 1), se calculó el índice EPT (Anexo C) y se creó la tabla N° 22, en donde se puede observar la calidad de agua y los valores para cada mes, en cada una de las estaciones, al aplicar dicho índice.

La Tabla N° 22 indica, según la clasificación de calidad de agua utilizando el índice EPT (Tabla N° 2), que las estaciones Testigo Blanco, La Chonta, Los Monos, Pueblo Sabayán, El Panteón y El Guayabo, durante los 4 meses que duró el estudio, presentaron calidad de agua “Buena”, la valoración al aplicar dicho índice, mantuvo un rango del 50% al 70%.

Por otro lado, en la estación Los Gringos (LGE3), la calidad de agua durante todos los meses fue de “Muy Buena”, manteniendo un rango de valoración entre 93% y 96%, esto gracias a que en esta estación la mayor parte de macroinvertebrados presentes, por no decir todos los macroinvertebrados, pertenecen al orden Trichóptera, que como ya se conoce, es uno de los órdenes más sensibles a la contaminación (Dominguez & Fernández, 2009). Existe una contrariedad, entre la aplicación de éste índice, con el ya aplicado anteriormente (BMWP/Col), cuyos resultados establecieron, que la calidad de agua fue “Crítica”, evidenciándose así, la contradicción con respecto a la calidad de agua en la estación Los Gringos, al usar ambos índices. Pues, como lo menciona Roldán y Ramírez (2008), existen macroinvertebrados, que para sobrevivir, deben adaptarse a las condiciones que preste el sistema acuático, por lo que se presume que, éste orden, específicamente la familia Polycentropodidae, a pesar que, se ha confirmado con los antecedentes y con los resultados de los análisis anteriores, que dicha estación no cuenta con los factores ambientales más favorables, existe cierta condición o característica, en la estación, que le permitió a aquella familia adaptarse, reflejando los presentes resultados.

Por otro lado, en la estación Quebrada Sabayán, a diferencia de las otras estaciones, el primer mes el índice EPT tuvo un valor de 75% registrando agua de calidad “Muy Buena” y en los tres últimos meses, los valores disminuyeron, presentando agua de “Buena” calidad, al igual que el resto de estaciones.

Tabla 22 Valores y calidad de agua obtenidos, por períodos, con la aplicación del índice EPT.

ESTACIONES	CÓDIGO	ÍNDICE EPT			
		PERÍODO	VALOR (%)	CALIDAD	COLOR
Testigo Blanco	TBE0	MES 1	59	Buena	
		MES2	64	Buena	
		MES 3	70	Buena	
		MES 4	62	Buena	
La Chonta	LCE1	MES 1	51	Buena	
		MES2	64	Buena	
		MES 3	52	Buena	
		MES 4	68	Buena	
Los Monos	LME2	MES 1	55	Buena	
		MES2	51	Buena	
		MES 3	51	Buena	
		MES 4	50	Buena	
Los Gringos	EGE3	MES 1	94	Muy Buena	
		MES2	96	Muy Buena	
		MES 3	95	Muy Buena	
		MES 4	93	Muy Buena	
Pueblo Sabayán	PSE4	MES 1	50	Buena	
		MES2	63	Buena	
		MES 3	65	Buena	
		MES 4	51	Buena	
Quebrada Sabayán	QSE5	MES 1	75	Muy Buena	
		MES2	63	Buena	
		MES 3	65	Buena	
		MES 4	57	Buena	
El Panteón	EPE6	MES 1	58	Buena	
		MES2	62	Buena	
		MES 3	53	Buena	
		MES 4	50	Buena	
El Guayabo	EGUE7	MES 1	51	Buena	
		MES2	68	Buena	
		MES 3	60	Buena	
		MES 4	57	Buena	

Fuente: Autora.

En el gráfico de cajas (Ilustración 59) elaborado con el software Microsoft Excel, podemos observar que, si existe una alineación entre ciertas medianas, por lo que se procede a calcular las

dos pruebas no paramétricas, con el objetivo de corroborar si existen o no, diferencias estadísticas significativas.

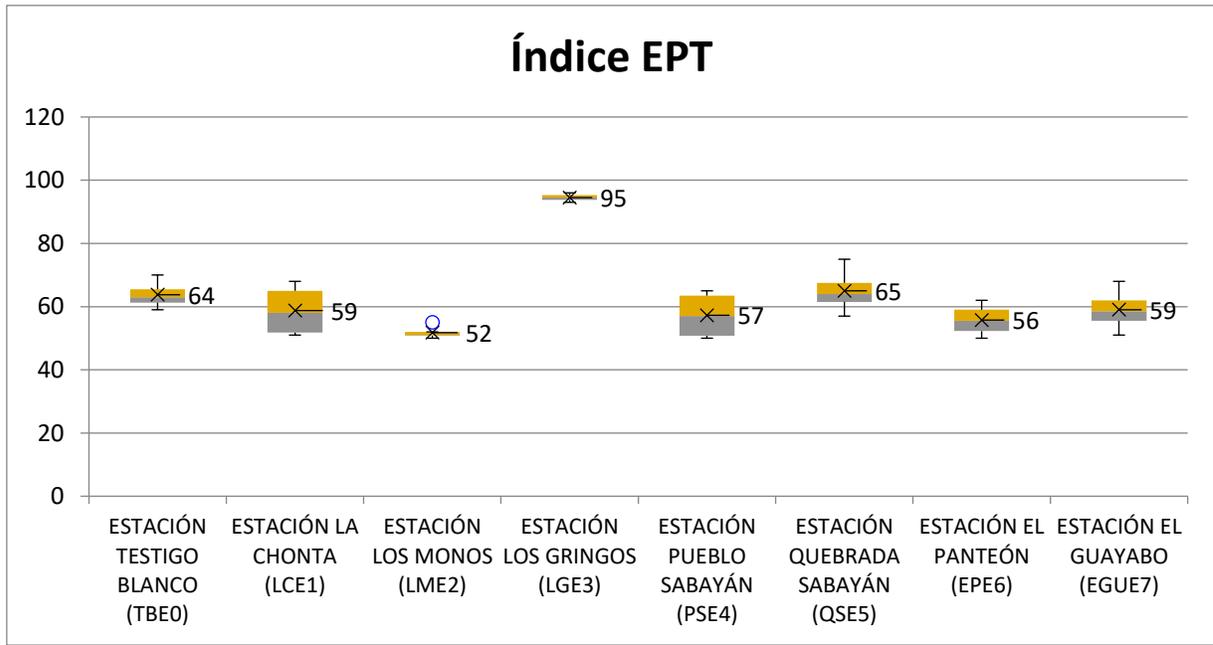


Ilustración 59 Gráfico de caja con los resultados de la mediana del Índice EPT
Fuente: Autora.

Como resultado de la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis, aplicada a los valores obtenidos con la aplicación del índice EPT, se puede observar en la Tabla N° 23 que, para 7 grados de libertad, el valor H. de Kruskal-Wallis fue de 17,515 y el valor de p (significancia asintótica) fue igual a 0,014. Al ser el valor de $p < 0,05$ se rechaza la hipótesis nula y se concluye que, al igual que con el índice BMWP/Col, los valores de calidad de agua, o al menos una de sus medianas, es totalmente diferente en las estaciones.

Tabla 23 Resultados estadísticos de la prueba Kruskal-Wallis, índice EPT

Estadísticos de prueba ^{a,b}	
	EPT
H de Kruskal-Wallis	17,515
gl	7
Sig. asintótica	,014

a. Prueba de Kruskal Wallis
b. Variable de agrupación:
Estaciones de Muestreo

Fuente: Autora.

Al Aplicar la prueba no paramétrica, de las medianas, podemos observar que, para 7 grados de libertad, el valor de Chi- cuadrado es de 12,00 y el valor de p (Sig. Asintótica) es de 0,101 (Tabla N° 24). En este caso, se acepta la hipótesis nula, misma que indica que, al menos dos de las medianas, en las estaciones, correspondientes a los valores del índice EPT, son iguales, ya que el valor de p fue mayor al valor de Alpha ($p > 0,05$).

Tabla 24 Resultados estadísticos de la prueba de la mediana, índice EPT

Estadísticos de prueba ^a	
	EPT
N	32
Mediana	61,00
Chi-cuadrado	12,000 ^b
gl	7
Sig. asintótica	,101

a. Variable de agrupación:
Estaciones de Muestreo
16 casillas (100,0%) han esperado frecuencias menores que 5. La frecuencia mínima de casilla esperada es 2,0.
b.

Fuente: Autora.

- Microcuenca Alta

Al igual que con el anterior índice biológico, se calculó el gran promedio final, una vez ya calculados los promedios, por estación (Tabla N° 24), con el mismo fin de conocer la calidad de agua, que posee toda la microcuenca alta del río Santa Rosa, al aplicar el índice EPT.

Los resultados reflejaron que, a excepción de la estación Los Gringos, que cuenta con calidad de agua “Muy Buena”, todas las estaciones poseen agua de calidad “Buena”, reflejándose lo mismo con el gran promedio total, es decir que, la microcuenca alta del río Santa Rosa, tiene **BUENA** calidad de agua.

Tabla 25 Valores y calidad de agua de la microcuenca alta, con la aplicación del índice EPT

ESTACIÓN	CÓDIGO	ÍNDICE EPT		
		VALOR PROMEDIO	CALIDAD	COLOR
Testigo Blanco	TBE0	64 %	Buena	
La Chonta	LCE1	59 %	Buena	
Los Monos	LME2	52 %	Buena	
Los Gringos	LGE3	95 %	Muy Buena	
Pueblo Sabayán	PSE4	57 %	Buena	
Quebrada Sabayán	QSE5	65 %	Buena	
El Panteón	EPE6	56 %	Buena	
El Guayabo	EGUE7	59 %	Buena	
GRAN PROMEDIO TOTAL		63 %	BUENA	

Fuente: Autora.

Este resultado, fue comparado con el estudio realizado por Ante y Pilatasig (2020), mismo que, al utilizar bioindicadores para determinar la calidad el agua, aplicando el índice biológico EPT, indicó que la calidad de agua, que adoptó el río Panchalica, con el paso de los años, fue Mala; claramente, aquellos resultados, no coinciden con nuestro gran promedio total.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Los lugares establecidos para la ubicación de las estaciones en la microcuenca alta del río Santa Rosa, cuentan con fácil acceso, tienen representatividad con respecto al área de muestreo, se encuentran cerca de puntos temporales de contaminación y sobre todo si prestaron con las condiciones y características técnicas para realizar el muestreo de macroinvertebrados.
- Del muestreo realizado, durante los cuatro meses, en las ocho estaciones establecidas, se recolectaron en total 4379 macroinvertebrados acuáticos bentónicos, divididos en 30 familias y 10 órdenes; la mayor cantidad de ejemplares (954 individuos), fueron recolectados en la estación Testigo Blanco.
- La familia Elmidae, fue la única familia que se mantuvo presente, en todas las estaciones, durante los 4 meses de estudio.
- Dentro de los parámetros físicos químicos que se analizaron, en la Tabla 5, relacionada a la calidad de agua para riego, solamente los sólidos disueltos totales, se encuentran considerados, mismo que si cumple con la normativa; mientras que el pH, se encuentra considerado, dentro de la Normativa Ambiental Nacional Vigente, en los criterios de calidad de agua para consumo humano (Tabla1) y para riego (Tabla 3), mismos que, a nivel de microcuenca, se encuentran dentro de los niveles permisibles.
- A nivel de períodos, considerando todos los sitios de muestreo, las estaciones que no cumplieron con los límites permisibles de pH, según la normativa correspondiente, fueron las estaciones que corresponde a área minera y área poblacional, Los Gringos (LGE3) y El Panteón (EPE6).

- Se deberían considerar, mayor número de parámetros físicos químicos, para tener mayor claridad de cómo se encuentra la calidad del agua.
- Las familias encontradas, que reciben la mayor puntuación, según la tabla de valoración del índice BMWP/Col y que determinaron la “Buena” calidad de agua en las estaciones TBE0, LCE1, LME2, PSE4 y QSE5, fueron principalmente las familias Perlidae, Ptilodactylidae, Psephenidae y Polythoridae.
- Con la aplicación del índice BMWP/Col, se pudo determinar que, la Microcuenca alta del río Santa Rosa, tiene una calidad de agua Aceptable y con la aplicación del índice EPT, la misma microcuenca, posee calidad de agua Buena.
- Las estaciones de muestreo nos permitieron conocer que, la microcuenca tiene capacidad de depuración, ya que a pesar de que existe contaminación en las estaciones ubicadas en la parte superior de la microcuenca alta, donde no se encontraron muchas familias de macroinvertebrados, en la parte inferior, la contaminación va desapareciendo, dando lugar a la existencia de vida acuática (macroinvertebrados bentónicos), lo que indica que el entorno va depurando de manera natural, y por ende la calidad de agua va mejorando.
- Se pudo determinar, mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos bentónicos, que la microcuenca alta del río Santa Rosa, posee Aceptable calidad de agua y es apta para el consumo humano.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda que, para conocer de una manera más amplia la calidad de agua, se consideren más parámetros físicos químicos.
- Se recomienda que, para los futuros estudios, se defina la normativa con la que se va a trabajar.

- Se recomienda fomentar el uso y monitoreo de macroinvertebrados, como medida económica, viable y confiable, en los estudios de calidad de agua, como medio de verificación biológica.
- Continuar con el monitoreo biótico, utilizando las estaciones de muestreo ya establecidas en la microcuenca alta del río Santa Rosa.
- Se recomienda realizar este tipo de estudios, cada 3 meses, especialmente en las estaciones que presentaron inconvenientes.
- Para realizar un mejor análisis ambiental, de las estaciones con inconvenientes, se recomienda realizar análisis de metales pesados, sobretodo en el área minera.

BIBLIOGRAFÍA

- Roldán, P. G. (2003). *Biondiciación de la calidad del agua en Colombia: Propuesta para el uso del método BMWP Col. Medellín*. Universidad de Antioquia.
- Aduvire, O., & Coullaut, J. (2006). *Drenaje ácido de mina: Regeneración y Tratamiento*. Madrid: IGME.
- Aguirre, J. (2011). *Validación de los indicadores biológicos (macroinvertebrados) para el monitoreo de la cuenca del río Yanuncay*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.
- Allan, J., & Flecker, A. S. (1993). Biodiversity conservation in running waters. *BioScience*, 43:32-34.
- Álvarez, L. (2005). *Metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad de agua*. Bogotá, D.C: Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt.
- Ante, D., & Pilatasig, G. (2020). *Determinación de la calidad de aguas por bioindicadores(Macroinvertebrados) e índices EPT y BMWP/Col, ABI y SHANNON-WEAVER del río Pachanlica, Provincia de Tungurahua,2020*. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Anze, R., Franken, M., Zaballa, M., Pinto, M., Zeballos, G., Cuadros, M., . . . Del Granado, S. (2007). Bioindicadores en la detección de la contaminación atmosférica en Bolivia. *REDESMA*, 53-74.
- Araya, E. (2000). *Colonización de sustratos artificiales por macroinvertebrados bentónicos en un ecosistema fluvial de baja intervención antrópica. Tesis de magister en zoología*. Chile: Facultad de Ciencias Naturales Y Oceanográficas. Universidad de Concepción.

- Arenas, Arenas, A., Dolédec, S., Vighi, M., & Rico, A. (2020). Effects of Anthropogenic Pollution and Hydrological Variation on Macroinvertebrates in Mediterranean rivers: A case- Study in the Upper Tagus River Basin (Spain). *Science of The Total Environment*, 766. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720375756>
- Arévalo Lata, M. (2017). *Cuantificación de la variabilidad espacial y temporal de la densidad microbiana en dos cuencas andinas altas del sur del Ecuador*. Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14820>
- Aristizabal, G. (2002). Los hemípteros de la película superficial del agua en Colombia. *Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Colección Jorge Álvarez Lleras*(20).
- Arroyo Jaramillo, C. (2007). *Evaluación de la calidad de agua de las fuentes hidrográficas del Bosque Protector Río Guajalito (BPRG) a través de la utilización*. Quito, Ecuador: Universidad de San Francisco.
- Arroyo, D. C., & Encalada, A. C. (2009). Evaluación de la calidad de agua a través de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos en ríos tropicales en bosque de neblina montano. *Avances de Ciencia e Ingeniería*, 1,11-20.
- Banquero, J., Fernández, R., Verdejo, J., & Lorca, D. (2008). Tratamiento de Aguas Ácidas. Prevención y Reducción de la Contaminación. *Macla: Revista de la Sociedad Española de Minerología*, 10, 44-47.
- Barbour, M. J., Gerritsen, B. D., & Stribling, J. B. (1999). *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish*,

- Second Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water. Washington, D.C.*
- Baron, J., Poff, N., Angermeter, P., Dahm, C., Gleick, P., Hairston, N., . . . Steinman, A. (2002). Meeting ecological and societal needs for freshwater. *Ecological Applications*, 12:1247-1260.
- Bency, S., Francis, M., & Córdón, E. (2013). Vulnerabilidad de la Microcuenca del Río Trintara Waspan Río Coco. *Ciencia E Interculturalidad*, 1(12), 109-126. doi:<https://doi.org/10.5377/rci.v12i1.1220>
- Berumen Milburn, J. (2010). *Monitoreo y Evaluación de proyectos*. Medellín, Colombia.
- Buss, D. F., & Salles, F. F. (2007). Using Baetidae species as biological indicators of environmental degradation in a Brazilian River Basin. *Environmental Monitoring and Assessment*, 130(3), 365-372. doi: 10.1007/s10661-006-9403-6
- Bustamante, T., Monsalve, D., & García , R. (2008). Análisis de la calidad del agua en la cuenca media del río Quindío con base en índices físicos, químicos y biológicos. *Investigaciones Universidad del Quindío*, 1, 22-31.
- Calderón , V. (2017). *Biodiversidad y calidad de agua mediante macroinvertebrados acuáticos en el refugio de vida silvestre Pasochoa*. Ecuador: Universidad Politecnica Salesiana. Recuperado el 5 de Agosto de 2020, de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/13735>
- Carrera, C., & Fierro, K. (2001). Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. *EcoCiencia*.
- CEPIS. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida*. Lima, Perú: Organización Panamericana de la Salud .

- Cobos, L. (2019). *Evaluación de la calidad de agua en el punto de captación de agua potable del río Lelia - Cantón Santo Domingo*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana. Recuperado el 27 de Enero de 2021, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16709/1/UPS-ST003890.pdf>
- Custodio, M., & Chanamé, F. (2016). Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín-Perú. *Scientia Agropecuaria*, 7(1), 33-44. doi:10.17268/sci.agropecu.2016.01.04
- De La Cruz, L. M. (2015). *Análisis de la calidad de agua del río Pambay mediante la identificación de macroinvertebrados para elaborar una propuesta de manejo ambiental*. Loja.
- Diehl, S., & Kornijów, R. (1998). Influence of submerged macrophytes on trophic interactions among fish and macroinvertebrates. *The Structuring Role of Submerged Macrophytes in Lakes*, 24-46.
- Dominguez, E., & Fernández, H. (2009). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos*. Tucuman, Argentina.
- Dominguez, L., Goethals, P., & De Paw, N. (2005). Aspectos del ambiente Físico-Químico del río Chaguana: Un primer paso en el uso de los macroinvertebrados bentónicos en la evaluación de su calidad de agua. *Revista Tecnológica ESPOL*, 18, 127-134.
- Dourojeanni, A. (1994). La gestión del agua y las cuencas en América Latina. *Revista de la CEPAL*(53), 111-127.
- Encalada, A. C., & Arroyo, D. C. (2009). Evaluación de la calidad de agua a través de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos en ríos tropicales en bosque de neblina montano. *Avances de Ciencia e Ingeniería*, 1, 11-20.

- FAO. (2007). *Guía Metodológica para el manejo participativo de microcuencas*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. Guatemala: Ministerio de Agricultura y Alimentación.
- FAO. (2018). *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Obtenido de AQUASTAT: FAO's Global Information System on Water and Agriculture.: <http://www.fao.org/aquastat/en/overview/methodology/water-use/>
- FAO. (s.f.). *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Recuperado el 6 de Julio de 2020, de AQUASTAT: <https://www.riego.org/glosario/aguas-residuales-fao/>
- Fernández, A. (2016). Tendencias y Perspectivas: Estudios en Ecosistemas Acuáticos . En A. Volpedo, L. de Cabo, S. Arreghini, & C. Fernández, *Ecología y Manejo de Ecosistemas Acuáticos Pampeanos (VIII EMEAP)* (págs. 17-23). Buenos Aires.
- Fierro, P., Valdovinos, C., Arismendi, I., Díaz, G., Jara, A., Habit, E., & Vargas, L. (2019). Examining the Influence of Human Stressors on Benthic Algae, Macroinvertebrate, and Fish Assemblages in Mediterranean Streams of Chile. *Science of The Total Environment*, 686, 26-37. Recuperado el 23 de Febrero de 2021, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719323186>
- Flowers, R. W., & De la Rosa, C. (2010). Capítulo 4: Ephemeroptera. *Biología Tropical*, 58(4), 63-96. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/449/44922967004.pdf>
- Forero, A., Gutiérrez, C., & Reinoso, G. (2016). Composición y estructura de la familia Baetidae (Insecta: Ephemeroptera) en una cuenca andina Colombiana. *Hidrobiológica*, 26(3), 459-374.
- Francis, O., Muhamed, D., Grace, E., & Unique, N. (2021). Achieving sustainable river water quality for rural dwellers by prioritizing the conservation of macroinvertebrates

- biodiversity in two Afrotropical streams. *Environmental and Sustainability Indicators*.
Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2665972721000040>
- Gaspari, F., Rodríguez, A., Seniesterra, G., Delgado, M., & Besteiro, S. (2013). *Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas*. La Plata: Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata.
- Gonzaga, A., & Ochoa , J. (2019). *La Cultura Ambiental para el Adecuado Manejo de las Microcuencas Hidrográficas y la Mitigación de la Contaminación de sus Aguas: Una Opción por la Calidad de Vida en Loja, Ecuador*. Loja, Ecuador : Universidad de Loja.
- González, H. A., Crespo, E. A., Acosta, C. R., & Hampel, H. (2018). *Guía rápida para la identificación de macroinvertebrados de los ríos altoandinos del cantón Cuenca*. Cuenca: ETAPA EP.
- González, M., Zúñiga, M., Giraldo, L., Ramírez, Y., & Chará, J. (2020). Sensibilidad de Elmidae (Insecta: Coleóptera) a la perturbación del hábitat y la calidad físicoquímica del agua en ambientes lóticos de los Andes colombianos. *Biología Tropical*, 68(2), 601-622.
- Hanson, P., Springer, M., & Ramírez, A. (2010). Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Biología Tropical*, 3-37. doi:10.15517/rbt.v58i4.20080
- Horrihan, N., & Baird, D. (2008). Trait patterns of aquatic insects across gradients of flow-related factors: a multivariate analysis of Canadian national data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 65(4), 670-680. Obtenido de <https://doi.org/10.1139/f07-191>
- Jacobsen, D., Schultz, R., & Encalada , A. (1997). Structure and diversity of stream invertebrate assemblage: The Influence of Temperature with Altitude and Latitude. *Freshwater Biology*(38), 247-261.

- Jiménez , D. (2014). *Aspectos ecológicos de la familia Leptohyphidae (insecta: Ephemeroptera) de la cuenca del río Alvarado (Tolima-Colombia)* . Ibagué: Universidad del Tolima.
- Jiménez, B. (2001). *La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada*. México: Limusa. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=8MVxlyJGokIC&pg=PA126&lpg=PA126&dq=ta+ma%C3%B1os+de+s%C3%B2lidos+suspendidos&source=bl&ots=lSyB_OHvzC&sig=8JkA0G32MhE6hA4mUrh0DMM0caI&hl=es&sa=X&ei=iIRwT7mC42TtwfXPXoDA&ved=0CDgQ6AEwBDgU#v=onepage&q=solidos%20disueltos&
- Kolkwitz, R., & Marsson, M. (1909). Ökologie der tierischen Saprobien. Beiträge zur Lehre von der Biologischen Gewässerbeurteilung. *Internationale der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, 2(1-2), 126-152.
- Lopretto, E., & Tell, G. (1995). *Ecosistemas de aguas continentales. Metodología para su estudio*. La Plata, Argentina: Ediciones Sur.
- Manosalvas, R. (2013). *la gestión comunitaria del agua para consumo humano y el saneamiento en el Ecuador: Diagnóstico y propuestas*. (C. d. (CAMAREN), Ed.) Quito, Ecuador: Foro del Ecuador . Recuperado el 12 de Enero de 2021, de <http://www.camaren.org/documents/lagestioncomunitaria.pdf>
- Martínez , C. (2012). Los macroinvertebrados bentónicos, una buena herramienta para el gestor ambiental. *De la Escuela de Gestión Ambiental PUCESE*, 5-11.
- Molineri, C. (2003). Revision of the South American species of Leptohyphes (Ephemeroptera: Leotohyphidae) with a key for the nymphs. *Neotropical Fauna and Environmental*, 47-70.

- Monforte, G., & Cantú, P. (2009). Escenario del agua en México. *Cultura Científica y Tecnológica*, 31-40. Recuperado el 4 de Diciembre de 2020, de <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/356>
- Mora, G., Medina, C., Polo, J., & Hora, M. (2020). Calidad de Agua según los Macroinvertebrados Bentónicos y Parámetros Físicosquímicos en la Cuenca del Río Huacamarcanga (La Libertad, Perú). *REBIOL*, 1(40), 85-98. Recuperado el 22 de Febrero de 2021, de <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/facccbiol/article/view/2999/3327>
- Morais Pimenta, S., Palau Peña, A., & Silva Gómez, P. (2009). Aplicação de métodos físicos, químicos e biológicos na avaliação da qualidade das águas em áreas de aproveitamento hidrelétrico da bacia do rio São Tomás, município de Rio Verde Goiás. *Sociedade & Naturaleza*, 21(3), 392-412.
- Muñoz, F. (2000). Especies del orden Trichoptera (insecta) en Colombia. *Biota Colombiana*, 267-288.
- OMS. (2006). *Guías para la calidad del agua potable. Primer apéndice a la tercera edición*. Suiza: Organización Mundial de la Salud.
- ONU. (2018). *Progresos en la calidad del agua: prueba piloto de la metodología de monitoreo y primeras constataciones sobre el indicador 6.3.2 de los ODS*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Medio Ambiente. Recuperado el 14 de 12 de 2020
- Ordoñez, J. J. (2011). *Cartilla técnica: ¿ qué es una cuenca hidrológica?* Lima: Sociedad Geográfica de Lima.
- Parra, C., Quijije, G., & Sanguña, G. (2019). Relación entre la calidad del agua de los ríos y el uso del suelo en el cantón Santa Rosa- provincia de El Oro. (E. S. (ESPOL), Ed.) *Sistema de información geográfica*. Recuperado el 3 de Agosto de 2020

- Passos, M., Nessimian, J., & Dorvillé, F. (2003). Life strategies in an elmid (Insecta: Coleóptera:Elmidae) community from a first order stream in the Atlantic Forest, Southeastern Brazil. *Acta Linnologica Brasiliensia*, 15(2), 29-36.
- Pastrán, M. S. (2017). *Evaluación de la calidad del agua mediante la utilización de macroinvertebrados bentónicos, como bioindicadores: estudio caso en el río Suarez(Chiquinquirá-Boyacá)*. Bogotá, D.C.
- Perez, C., & Shinomi, Y. (2004). *Métodos y estrategias para el desarrollo sustentable del secano*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chillán. Recuperado el 7 de Octubre de 2020, de <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/7055>
- Plafkin, J., Barbour, M., Porter, K., Gross, S., & Hughes, R. (1989). *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Rivers: Benthic Macroinvertebrates and Fish*. Washington DC, United States: Environmental Protection Agency Assessment and Watershed Protection Division. Recuperado el 07 de enero de 2021, de <https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=wmQGB30HD9sC&oi=fnd&pg=PR11&dq=rapid+bioassessment+protocols+for+use+in+streams+and+rivers&ots=tP5vhuJ1UQ&sig=KO6NO5Zx7t3PSaRuyFTzvAh5fX8#v=onepage&q=rapid%20bioassessment%20protocols%20for%20use%20in%20strea>
- Pontón Valarezo, M. R. (2018). *Evaluación de la calidad del agua de la microcuenca del río Piñas mediante los índices ICA y BMWP*. Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Químicas. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28920/1/Trabajodetitulaci%c3%b3n.pdf>

- Pontón, M. (2018). *Evaluación de la calidad del agua de la microcuenca del río Piñas mediante los índices ICA y BMWP*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Qinghui, Y., Wenjing, Y., Minfei, J., & Qiwu, H. (2020). A Comparison of Metric Scoring and Health Status Classification Methods to Evaluate Benthic Macroinvertebrates-Based Index of Biotic Integrity Performance in Poyang Lake Wetland. *Science of The Total Environment*, 761. Recuperado el 22 de Febrero de 2021, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720376439>
- Ramakrishna, B. (1997). *Estrategias de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas: conceptos y experiencias* (IICA ed.). San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Recuperado el 9 de Diciembre de 2020, de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=_JL28RE5CIC&oi=fnd&pg=PR9&dq=ma+l+manejo+de+las+cuencas+hidrograficas+en+ecuador&ots=OmUFJ_DNHF&sig=5SDdAkJCUJwBnFGrfxcltGX2NpY#v=onepage&q&f=false
- Reinoso, L. (2016). *Evaluación de la calidad de agua de la microcuenca del río Blanco de la provincia de Chimborazo mediante macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Ríos, B., & Prat, N. (2004). *Estudios de las condiciones de referencia de las cuencas del río Pita, San Pedro y Machángara*. Catalunya-España: Departamento de Ecología, Universidad de Barcelona .
- Rivera, B., & Rock, C. (2014). La Calidad del Agua, E. Coli y su salud. *College of Agriculture and Life Sciences Cooperative Extension*, 144-155. Recuperado el 3 de Febrero de 2021, de <https://repository.arizona.edu/handle/10150/319926>

- Rodríguez, F. (2006). Cuencas hidrográficas, Descentralización y Desarrollo Regional Participativo. *Revista de las Sedes Regionales*, 2(12), 113-125. Recuperado el 17 de Febrero de 2021, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=666/66612867008>
- Rojas, N., & Heydrich, M. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de calidad de aguas: revisión de la literatura. *CENIC. Ciencias Biológicas*, 44(3), 24-34. Recuperado el 15 de Marzo de 2021, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=1812/181229302004>
- Roldán, G. (1996). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquía*. Bogotá, Colombia: Universidad de Antioquía.
- Roldán, G., & Ramírez, J. (2008). *Fundamento de limnología tropical*. Antioquía, Colombia: Universidad de Antioquía.
- Roldán, P. G. (2003). *Biondiciación de la calidad del agua en Colombia: Propuesta para el uso del método BMWP Col. Medellín*. Universidad de Antioquia.
- Roldán, G. (1988). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquía*. Bogotá: Presencia Ltda. Santafé de Bogotá.
- Roldán, G. (1996). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquía*. Bogotá, Colombia: Universidad de Antioquía.
- Roldán-Perez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *De La Academia Colombiana De Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(155), 254-274. Obtenido de <https://doi.org/10.18257/raccefyn.335>
- Rosenberg, D., & Resh, V. (1993). *Freshwater biomonitoring an benthic macroinvertebrates*. New York, USA.: Chapman & Hall.

- Sánchez, A., Pérez, J., Jiménez, E., & Tovar, C. (2009). *Los odonatos de Extremadura. Consejería de Industria. Energía y Medio Ambiente.*
- Secretaría de Estado de Aguas y Costas del Ministerio de Medio Ambiente de España. (2000). Calidad de las aguas. En *Libro Blanco del Agua* (págs. 196-245). España: Centro de Publicaciones.
- Segnini, S. (2003). El Uso de los macroinvertebrados béntonicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de aguacorrente. *Ecotrópicos*, 16: 45-63.
- SEMARNAT. (2013). *Cuencas Hifrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión.* México D:F:: Secretaría de medio ambiente y recursos naturales.
- Sepúlveda, S., & Rojas, P. (2002). Elementos del Desarrollo Sostenible. En H. Chavarría, S. Sepúlveda, & P. Rojas, *COMPETITIVIDAD: Cadenas Agroalimentarias y Territorios Rurales* (Vol. 1, págs. 17-28). San José, Costa Rica: IICA. Recuperado el 17 de Febrero de 2021, de <https://repositorio.iica.int/handle/11324/9889>
- Severiche, C., Castillo, M., & Acevedo, R. (2013). *Manual de métodos analíticos para la determinación de parámetros físicosquímicos básicos en aguas.* Cartagena de Indias: Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso.
- Sierra, C. A. (2011). *Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico.* (L. D. Escobar, Ed.) Medellín, Colombia: Ediciones de la U. Obtenido de https://www.academia.edu/9511155/Calidad_del_agua_evaluaci%C3%B3n_y_diagn%C3%B3stico
- Silveira, M. P., Queiroz, J. F., & Boeira, R. C. (2004). Protocolo de coleta e preparação de amostras de macroinvertebrados bentônicos em riachos. *Embrapa Meio Ambiente*, 7.

- Springer, M., Serrano, L., & Zepeda, A. (2010). *Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del orden trichoptera*. (J. Sermeño, Ed.) El Salvador: Universidad de EL Salvador.
- Texto Unificado de la Legislación Ecuatoriana del Ministerio del Ambiente (TULSMA). (2015). *Libro I Anexo VI edición especial N° 387 "Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua"* (Ministerio del Ambiente ed.). Quito, Ecuador.
- Tinoco Carrión, J. C. (2015). *Una revisión de la evaluación de la calidad del agua de los ríos Amarillo y Calera de la provincia de El Oro*.
- Tomaselli Moreno, O. (2013). *Actividades Antropogénicas y su incidencia en la calidad del agua del río Santa Rosa, sector el Playón la Avanzada*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/6122>
- Udelar. (17 de Noviembre de 2018). *Aguas urbanas*. Obtenido de <http://www.aguasurbanas.ei.udelar.edu.uy/index.php/2018/11/17/conceptos-sobre-monitoreo-de-calidad-de-agua/>
- Ugarte Apolo, V. (2016). *Valoración de la calidad ecológica del cauce principal del río Pagua, cantón El Guabo, Provincia de El Oro. Maestría de impactos ambientales*. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/12010>
- UICN. (2018). *Guía de Monitoreo Participativo de la Calidad de Agua*. Quito: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.
- UNESCO-WWAP. (2003). *Water for people. Water for life*. Barcelona: BERGHAIN BOOKS.

- Vaca Morán, F. M. (2014). *Evaluación ambiental de la Calidad del Agua del río Santa Rosa y lineamientos para un Plan Ambiental*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/6946>
- Valdiviezo-Riera, J., Garzón-Santomaro, C., Inclán-Luna, D., Mena-Jaén, J., & González-Romero, D. (2018). *ECOSISTEMAS DULCEACUÍCOLAS DE LA PROVINCIA DE EL ORO: Peces y macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos del Páramo al Manglar. Publicación Miscelánea N°10: Serie de publicaciones GADPEO-INABIO*. Quito, Ecuador.
- Vásquez, A., Mejía, A., Faustino, J., Terán, R., Vásquez, I., Díaz, J., . . . Alcántara, J. (2016). *Manejo y gestión de cuencas hidrográficas*. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Veintimilla, C., & López, M. (2014). *Análisis físico-químico de la calidad del agua en el canal El Macho de la ciudad de Machala*. Machala: Universidad Técnica de Machala. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/1563>
- Villalta, C., & Castaneda, L. (2003). *Manual de manejo de cuencas hidrográficas*. Universidad de el Salvador .
- Villamarín, S., Herrera, M., Trujillo, S., & Padilla, D. (2018). *Macroinvertebrados Acuáticos de la Provincia de El Oro, Ecuador*. Quito: INABIO.
- WWAP. (2016). *Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2016: Agua y Empleo*. París: UNESCO.
- WWAP. (2017). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. Aguas residuales: El recurso desaprovechado*. París: UNESCO. Recuperado el 02 de 01 de 2020, de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247647>

Zumbado, M., & Azofeifa, D. (2018). *Insectos de Importancia Agrícola*. Costa Rica: Programa Nacional de Agricultura Orgánica (PNAO).

ANEXOS

ANEXO A Criterios de calidad para los diferentes usos de agua, según la Normativa Ambiental Ecuatoriana Vigente

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

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

TABLA 5: CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA USO PECUARIO			
PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	VALOR MAXIMO
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico	As	mg/l	0,2
Boro	B	mg/l	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Cinc	Zn	mg/l	25,0
Cobalto	Co	mg/l	1,0
Cobre	Cu	mg/l	2
Cromo	Cr ⁺⁶	mg/l	1,0
Mercurio	Hg	mg/l	0,01
Nitratos	NO ₃	mg/l	50
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,2
Plomo	Pb	mg/l	0,05
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100ml	1000
Sólidos disueltos totales	SDT	mg/l	3000

ANEXO B Hoja de campo utilizada para el registro de macroinvertebrados acuáticos bentónicos identificados.

ESTACION 0, MES 1							
ORDEN	FAMILIA	N° EJEMPLARES	BMWP/ Col	%	ÍNDICE EPT		
						%	
Coleóptera	Elmidae	21	6	9,0			
	Dryopidae	2	7	0,9			
Díptera	Stratiomyidae	1	4	0,4			
	Tipulidae	5	3	2,1			
Ephemeroptera	Lepthophebiidae	9	9	3,9	9	6,57	
	Euthyplociidae	6	9	2,6	6	4,38	
Hemíptera	Naucoridae	41	7	17,6			
	Gerridae	6	8	2,9			
Megalóptera	Corydalidae	9	6	3,9			
Odonata	Calopterygidae	5	7	2,1			
	Libellulidae	4	6	1,7			
	Polythoridae	1	10	0,4			
Plecóptera	Perlidae	53	10	22,7	53	38,69	
Trichóptera	Hydropsychidae	44	7	18,9	44	32,12	
	Leptoceridae	9	8	3,9	9	6,57	
	Helicopsychidae	16	8	6,9	16	11,68	
Decápoda	Pseudothelphusidae	1	8	0,4			
TOTAL	EJEMPLARES	233	123	100	N° Ejemplares	Total	
	ÓRDENES	9			137	59	100
	FAMILIAS	17					

ESTACION 0, MES 2							
ORDEN	FAMILIA	N° EJEMPLARES	BMWP/ Col	%	ÍNDICE EPT		
						%	
Coleóptera	Elmidae	20	6	15,15			
	Ptilodactylidae	4	10	3,03			
	Psephenidae	3	10	2,27			
	Dryopidae	2	7	1,52			
Díptera	Tipulidae	1	3	0,76			
Ephemeroptera	Baetidae	20	7	15,15	20	23,81	
	Leptophlebiidae	13	9	9,85	13	15,48	
Hemíptera	Naucoridae	3	7	2,27			
Megalóptera	Corydalidae	15	6	11,36			
Plecóptera	Perlidae	31	10	23,48	31	36,90	
Trichóptera	Leptoceridae	9	8	6,82	9	10,71	
	Helicopsychidae	6	9	4,55	6	7,14	
	Philopotamidae	5	9	3,79	5	5,95	
TOTAL	EJEMPLARES	132	101	100	N° Ejemplares	Total	
	ÓRDENES	7			84	64	100
	FAMILIAS	13					

ESTACION 0, MES 3							
ORDEN	FAMILIA	N° EJEMPLARES	BMWP/ Col	%	ÍNDICE EPT		
Coleóptera	Elmidae	63	6	16,94			
	Ptilodactylidae	15	10	4,03			
	Psephenidae	6	10	1,61			
	Dryopsidae	3	7	0,81			
Díptera	Chironomidae	6	2	1,61			
Ephemeroptera	Baetidae	17	7	4,57	17	6,56	
	Leptophlebiidae	17	9	4,57	17	6,56	
	Leptohyphidae	18	7	4,84	18	6,95	
Hemíptera	Naucoridae	14	7	3,76			
Megalóptera	Corydalidae	3	6	0,81			
Odonata	Libellulidae	3	6	0,81			
Plecóptera	Perlidae	75	10	20,16	75	28,96	
Trichóptera	Hydropsychidae	108	7	29,03	108	41,70	
	Leptoceridae	7	7	1,88	7	2,70	
	Hydroptilidae	5	7	1,34	5	1,93	
	Philopotamidae	1	9	0,27	1	0,39	
	Polycentropodidae	5	9	1,34	5	1,93	
	Helicopsychidae	6	9	1,61	6	2,32	
TOTAL	EJEMPLARES	372	135	100	N° Ejemplares	Total	
	ÓRDENES	8			259	70	100
	FAMILIAS	18					

ESTACION 0, MES 4							
ORDEN	FAMILIA	N° EJEMPLARES	BMWP/ Col	%	EPT		
Coleóptera	Elmidae	33	6	15,21			
	Dryopsidae	3	7	1,38			
Díptera	Stratiomyidae	2	4	0,92			
	Tipulidae	3	3	1,38			
Ephemeroptera	Baetidae	21	7	9,68	21	15,56	
Hemíptera	Naucoridae	15	7	6,91			
	Gerridae	2	8	0,92			
Megalóptera	Corydalidae	11	6	5,07			
Odonata	Calopterygidae	7	7	3,23			
	Libellulidae	4	6	1,84			
	Polythoridae	2	10	0,92			
Plecóptera	Perlidae	42	10	19,35	42	31,11	
Trichóptera	Hydropsychidae	57	7	26,27	57	42,22	
	Leptoceridae	11	7	5,07	11	8,15	
	Helicopsychidae	4	9	1,84	4	2,96	
TOTAL	EJEMPLARES	217	104	100	N° Ejemplares	Total	
	ÓRDENES	8			135	62	100
	FAMILIAS	15					

- Estación La Chonta (LCE1)

ESTACION 1, MES 1							
ORDEN	FAMILIA	N° EJEMPLARES	BMWP/ Col	%	ÍNDICE EPT		
Coleóptera	Elmidae	7	6	4,79			
	Psephenidae	2	10	1,37			
Díptera	Stratiomyidae	1	4	0,68			
	Tipulidae	9	3	6,16			
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	12	9	8,22	12	16,22	
	Euthyplociidae	5	9	3,42	5	6,76	
	Baetidae	14	7	9,59	14	18,92	
Hemíptera	Naucoridae	25	7	17,12			
	Gerridae	10	8	6,85			
Megalóptera	Corydalidae	13	6	8,90			
Odonata	Calopterygidae	4	7	2,74			
Plecóptera	Perlidae	15	10	10,27	15	20,27	
Trichóptera	Hydropsychidae	5	7	3,42	5	6,76	
	Leptoceridae	15	8	10,27	15	20,27	
	Helicopsychidae	8	8	5,48	8	10,81	
Decápoda	Pseudothelphusidae	1	8	0,68			
TOTAL	EJEMPLARES	146	117	100	N° Ejemplares	Total	
	ÓRDENES	9			74	51	100
	FAMILIAS	16					

ESTACION 1, MES 2						
ORDEN	FAMILIA	N° EJEMPLARES	BMWP/ Col	%	ÍNDICE EPT	
Coleóptera	Elmidae	39	6	14,44		
	Ptilodactylidae	2	10	1,11		
	Psephenidae	3	10	1,11		
	Dryopsidae	5	7	1,85		
Díptera	Stratiomyidae	1	4	0,37		
	Chironomidae	1	2	0,37		
	Lutrochidae	1	6	0,37		
	Tipulidae	1	3	0,37		
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	25	9	9,26	25	14,45
	Baetidae	22	7	8,15	22	12,72
	Leptohyphidae	15	7	5,56	15	8,67
	Euthyplociidae	4	9	1,48	4	2,31
Hemíptera	Naucoridae	13	7	4,81		
	Gerridae	3	8	1,11		
Megalóptera	Corydalidae	21	6	7,78		
Odonata	Libellulidae	3	6	1,11		
	Coenagrionidae	3	7	1,11		
Plecóptera	Perlidae	12	10	4,44	12	6,94
Trichóptera	Hydropsychidae	70	7	25,93	70	40,46
	Leptoceridae	7	8	2,59	7	4,05
	Polycentropodidae	3	9	1,11	3	1,73
	Hydroptilidae	1	7	0,37	1	0,58
	Philopotamidae	13	9	4,81	13	7,51
	Helicopsychidae	1	9	0,37	1	0,58
TOTAL	EJEMPLARES	270	173	100	N° Ejemplares	Total
	ÓRDENES	8			74	51

ESTACION 1, MES 3							
ORDEN	FAMILIA	N° EJEMPLARES	BMWP/ Col	%	ÍNDICE EPT		%
Coleóptera	Elmidae	49	6	28,65			
	Dryopsidae	3	7	1,75			
Díptera	Tipulidae	2	3	1,17			
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	13	9	7,60	13		14,61
	Leptohyphidae	11	7	6,43	11		12,36
Hemíptera	Naucoridae	19	7	11,11			
	Gerridae	1	8	0,58			
Megalóptera	Corydalidae	2	6	1,17			
Odonata	Coenagrionidae	2	7	1,17			
	Libellulidae	4	6	2,34			
Plecóptera	Perlidae	19	10	11,11	19		21,35
Trichóptera	Hydropsychidae	30	7	17,54	30		33,71
	Leptoceridae	9	8	5,26	9		10,11
	Philopotamidae	6	9	3,51	6		6,74
	Helicopsychidae	1	9	0,58	1		1,12
TOTAL	EJEMPLARES	171	109	100	N° Ejemplares	Total	100
	ÓRDENES	8					
	FAMILIAS	15			89	52	
	FAMILIAS	24			173	64	

ESTACION 1, MES 4							
ORDEN	FAMILIA	N° EJEMPLARES	BMWP/ Col	%	ÍNDICE EPT		%
Coleóptera	Elmidae	23	6	12,43			
	Dryopsidae	2	7	1,08			
	Psephenidae	4	10	2,16			
Díptera	Stratiomyidae	2	4	1,08			
	Tipulidae	3	3	1,62			
Ephemeroptera	Baetidae	16	7	8,65	16		14,95
	Euthyplociidae	2	9	1,08	2		1,87
Hemíptera	Naucoridae	17	7	9,19			
	Gerridae	4	8	2,16			
Megalóptera	Corydalidae	15	6	8,11			
Odonata	Calopterygidae	3	7	1,62			
	Libellulidae	4	6	2,16			
	Polythoridae	1	10	0,54			
Plecóptera	Perlidae	21	10	11,35	21		19,63
Trichóptera	Hydropsychidae	45	7	24,32	45		42,06
	Leptoceridae	11	8	5,95	11		10,28
	Helicopsychidae	4	9	2,16	4		3,74
	Philopotamidae	8	9	4,32	8		7,48
TOTAL	EJEMPLARES	185	133	100	N° Ejemplares	Total	100
	ÓRDENES	8					

	FAMILIAS	18			107	58	
--	-----------------	----	--	--	-----	----	--

- **Estación Los Monos (LME2)**

ESTACION 2, MES 1							
ORDEN	FAMILIA	N° EJEMPLARES	BMWP/ Col	%	ÍNDICE EPT		
						%	
Coleóptera	Elmidae	6	6	8,11			
Ephemeroptera	Baetidae	7	7	9,46			
	Euthyplociidae	1	9	1,35	1	2,44	
Hemíptera	Naucoridae	9	7	12,16			
Odonata	Calopterygidae	2	7	2,70			
	Libellulidae	4	6	5,41			
	Gomphidae	1	10	1,35			
	Polythoridae	2	10	2,70			
Plecóptera	Perlidae	8	10	10,81	8	19,51	
Trichóptera	Hydropsychidae	28	7	37,84	28	68,29	
	Helicopsychidae	3	9	4,05	3	7,32	
	Leptoceridae	1	8	1,35	1	2,44	
Decápoda	Pseudothelphusidae	2	8	2,70			
TOTAL	EJEMPLARES	74	104	100	N° Ejemplares	Total	100
	ÓRDENES	7			41	55	
	FAMILIAS	13					

ESTACION 2, MES 2							
ORDEN	FAMILIA	N° EJEMPLARES	BMWP/ Col	%	ÍNDICE EPT		
						%	
Coleóptera	Elmidae	18	6	18,75			
	Psephenidae	4	10	4,17			
	Ptilodactylidae	8	10	8,33			
Díptera	Tipulidae	1	3	1,04			
	Chironomidae	2	2	2,08			
Ephemeroptera	Baetidae	4	7	4,17	4	8,16	
	Euthyplociidae	5	9	5,21	5	10,20	
Hemíptera	Naucoridae	13	7	13,54			
Plecóptera	Perlidae	3	10	3,13	3	6,12	
Trichóptera	Hydropsychidae	32	7	33,33	32	65,31	
	Leptoceridae	2	8	2,08	2	4,08	
	Philopotamidae	1	9	1,04	1	2,04	
	Helicopsychidae	2	9	2,08	2	4,08	
Decápoda	Pseudothelphusidae	1	8	1,04			
TOTAL	EJEMPLARES	96	105	100	N° Ejemplares	Total	100
	ÓRDENES	7			49	51	
	FAMILIAS	14					

ESTACION 2, MES 3							
ORDEN	FAMILIA	N° EJEMPLARES	BMWP/ Col	%	ÍNDICE EPT		
Coleóptera	Elmidae	14	6	15,73			
Díptera	Tipulidae	2	3	2,25			
Ephemeroptera	Baetidae	3	7	3,37	3	6,67	
	Euthyplociidae	1	9	1,12	1	2,22	
Hemíptera	Naucoridae	13	7	14,61			
	Gerridae	2	8	2,25			
Odonata	Calopterygidae	6	7	6,74			
	Gomphidae	1	10	1,12			
	Libellulidae	1	6	1,12			
	Coenagrionidae	1	7	1,12			
Plecóptera	Perlidae	11	10	12,36	11	24,44	
Trichóptera	Hydropsychidae	26	7	29,21	26	57,78	
	Philopotamidae	1	9	1,12	1	2,22	
	Helicopsychidae	3	9	3,37	3	6,67	
Decápoda	Pseudotelpusidae	1	8	1,12			
Mesogastropoda	Hydrobiidae	3	8	3,37			
TOTAL	EJEMPLARES	89	121	100	N° Ejemplares	Total	100
	ÓRDENES	9					
	FAMILIAS	16			45	51	

ESTACION 2, MES 4							
ORDEN	FAMILIA	N° EJEMPLARES	BMWP/ Col	%	ÍNDICE EPT		
Coleóptera	Elmidae	13	6	14,44			
Díptera	Tipulidae	3	3	3,33			
Ephemeroptera	Baetidae	4	7	4,44			
	Euthyplociidae	2	9	2,22	2	4,44	
Hemíptera	Naucoridae	12	7	13,33			
	Gerridae	5	8	5,56			
Odonata	Gomphidae	2	10	2,22			
	Calopterygidae	3	7	3,33			
	Libellulidae	1	6	1,11			
Plecóptera	Perlidae	9	10	10,00	9	20,00	
Trichóptera	Hydropsychidae	30	7	33,33	30	66,67	
	Leptoceridae	3	8	3,33	3	6,67	
	Helicopsychidae	1	9	1,11	1	2,22	
Decápoda	Pseudothelphusidae	2	8	2,22			
TOTAL	EJEMPLARES	90	105	100	N° Ejemplares	Total	100
	ÓRDENES	8					
	FAMILIAS	14			45	50	

- Estación Los Gringos (LGE3)

ESTACION 3, MES 1							
ORDEN	FAMILIA	N° EJEMPLARES	BMWP/ Col	%	ÍNDICE EPT		%
Coleóptera	Elmidae	2	6	6,25			
Trichóptera	Polycentropodidae	30	9	93,75	30		100,00
TOTAL	EJEMPLARES	32	15	100	N° Ejemplares	Total	100
	ÓRDENES	2					
	FAMILIAS	2					
					30	94	

ESTACION 3, MES 2							
ORDEN	FAMILIA	N° EJEMPLARES	BMWP/ Col	%	ÍNDICE EPT		%
Megalóptera	Corydalidae	1	6	4,35			
Trichóptera	Polycentropodidae	22	9	95,65	22		100,00
TOTAL	EJEMPLARES	23	15	100	N° Ejemplares	Total	100
	ÓRDENES	2					
	FAMILIAS	2					
					22	96	

ESTACION 3, MES 3							
ORDEN	FAMILIA	N° EJEMPLARES	BMWP/ Col	%	ÍNDICE EPT		%
Megalóptera	Corydalidae	1	6	4,55			
Trichóptera	Polycentropodidae	21	9	95,45	21		100,00
TOTAL	EJEMPLARES	22	15	100	N° Ejemplares	Total	100
	ÓRDENES	2					
	FAMILIAS	2					
					21	95	

ESTACION 3, MES 4							
ORDEN	FAMILIA	N° EJEMPLARES	BMWP/ Col	%	ÍNDICE EPT		%
Coleóptera	Elmidae	1	6	3,45			
Megalóptera	Corydalidae	1	6	3,45			
Trichóptera	Polycentropodidae	27	9	93,10	27		100,00
TOTAL	EJEMPLARES	29	21	100	N° Ejemplares	Total	100
	ÓRDENES	3					
	FAMILIAS	3					
					27	93	

- Estación Pueblo Sabayán (PSE4)

ESTACION 4, MES 1							
ORDEN	FAMILIA	N° EJEMPLARES	BMWP/ Col	%	ÍNDICE EPT		%
Coleóptera	Elmidae	15	6	8,29			
	Dryopsidae	7	7	3,87			
Díptera	Blepharoceridae	1	10	0,55			
	Tipulidae	2	3	1,10			
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	23	9	12,71	23		25,27
Hemíptera	Naucoridae	35	7	19,34			
	Gerridae	2	8	1,10			
Megalóptera	Corydalidae	15	6	8,29			
Odonata	Gomphidae	3	10	1,66			
	Coenagrionidae	10	7	5,52			
Plecóptera	Perlidae	6	10	3,31	6		6,59
Trichóptera	Hydropsychidae	59	7	32,60	59		64,84
	Hydroptilidae	2	7	1,10	2		2,20
	Leptoceridae	1	8	0,55	1		1,10
TOTAL	EJEMPLARES	181	105	100	N° Ejemplares	Total	100
	ÓRDENES	8					
	FAMILIAS	14			91	50	

ESTACION 4, MES 2							
ORDEN	FAMILIA	N° EJEMPLARES	BMWP/ Col	%	ÍNDICE EPT		%
Coleóptera	Elmidae	23	6	10,27			
	Psephenidae	13	10	5,80			
Díptera	Chironomidae	2	2	0,89			
	Blepharoceridae	2	10	0,89			
	Tipulidae	1	3	0,45			
Ephemeroptera	Baetidae	57	7	25,45	57		40,14
	Leptohiphidae	25	7	11,16	25		17,61
	Leptophlebiidae	20	9	8,93	20		14,08
Hemíptera	Naucoridae	14	7	6,25			
Megalóptera	Corydalidae	1	6	0,45			
Odonata	Libellulidae	7	6	3,13			
	Coenagrionidae	14	7	6,25			
	Gomphidae	2	10	0,89			
Plecóptera	Perlidae	10	10	4,46	10		7,04
Trichóptera	Hydropsychidae	4	7	1,79	1		0,70

	Leptoceridae	11	8	4,91	11	7,75
	Hydroptilidae	1	7	0,45	1	0,70
	Philopotamidae	11	9	4,91	11	7,75
	Polycentropodidae	6	9	2,68	6	4,23
TOTAL	EJEMPLARES	224	140	100	N° Ejemplares	Total
	ÓRDENES	8				
	FAMILIAS	19			142	63

ESTACION 4, MES 3						
ORDEN	FAMILIA	N° EJEMPLARES	BMWP/ Col	%	ÍNDICE EPT	%
Coleóptera	Elmidae	21	6	9,77		
	Psephenidae	5	10	2,33		
Díptera	Tipulidae	1	3	0,47		
Ephemeroptera	Baetidae	8	7	3,72	8	5,76
	Leptohyphidae	27	7	12,56	27	19,42
	Leptophlebiidae	33	9	15,35	33	23,74
Hemíptera	Naucoridae	17	7	7,91		
Megalóptera	Corydalidae	16	6	7,44		
Odonata	Coenagrionidae	9	7	4,19		
	Libellulidae	5	6	2,33		
	Gomphidae	1	10	0,47		
	Polythoridae	1	10	0,47		
Plecóptera	Perlidae	12	10	5,58	12	8,63
Trichóptera	Hydropsychidae	22	7	10,23	22	15,83
	Hydroptilidae	2	7	0,93	2	1,44
	Philopotamidae	35	9	16,28	35	25,18
TOTAL	EJEMPLARES	215	121	100	N° Ejemplares	Total
	ÓRDENES	8				
	FAMILIAS	16			139	65

ESTACION 4, MES 4						
ORDEN	FAMILIA	N° EJEMPLARES	BMWP/ Col	%	ÍNDICE EPT	%
Coleóptera	Elmidae	25	6	14,20		
	Dryopsidae	5	7	2,84		
	Psephenidae	3	10	1,70		
Díptera	Blepharoceridae	2	10	1,14		
	Tipulidae	2	3	1,14		
Ephemeroptera	Baetidae	11	7	6,25	11	12,36
	Leptohyphidae	17	7	9,66	17	19,10
Hemíptera	Naucoridae	22	7	12,50		
Megalóptera	Corydalidae	14	6	7,95		
Odonata	Coenagrionidae	11	7	6,25		
	Libellulidae	2	6	1,14		
	Polythoridae	1	10	0,57		

Plecóptera	Perlidae	14	10	7,95	14	15,73
Trichóptera	Hydropsychidae	33	7	18,75	33	37,08
	Polycentropodidae	5	9	2,84	5	5,62
	Leptoceridae	9	8	5,11	9	10,11
TOTAL	EJEMPLARES	176	120	100	N° Ejemplares	Total
	ÓRDENES	8				
	FAMILIAS	16				
					89	51

• Estación Quebrada Sabayán (QSE5)

ESTACION 5, MES 1						
ORDEN	FAMILIA	N° EJEMPLARES	BMWP/ Col	%	ÍNDICE EPT	
						%
Coleóptera	Psephenidae	3	10	1,53		
	Elmidae	16	6	8,16		
Díptera	Tipulidae	1	3	0,51		
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	70	9	35,71	70	47,62
Hemíptera	Naucoridae	15	7	7,65		
	Gerridae	3	8	1,53		
Megalóptera	Corydalidae	2	6	1,02		
Odonata	Calopterygidae	1	6	0,51		
	Libellulidae	2	6	1,02		
	Gomphidae	4	10	2,04		
	Coenagrionidae	2	7	1,02		
Trichóptera	Hydropsychidae	30	7	15,31	30	20,41
	Leptoceridae	2	8	1,02	2	1,36
	Polycentropodidae	32	9	16,33	32	21,77
	Philopotamidae	3	9	1,53	3	2,04
	Helicopsychidae	10	9	5,10	10	6,80
TOTAL	EJEMPLARES	196	110	100	N° Ejemplares	Total
	ÓRDENES	7				
	FAMILIAS	16				
					147	75

ESTACION 5, MES 2						
ORDEN	FAMILIA	N° EJEMPLARES	BMWP/ Col	%	ÍNDICE EPT	
						%
Coleóptera	Elmidae	46	6	18,11		
	Psephenidae	4	10	1,57		
	Ptilodactylidae	1	10	0,39		
Díptera	Stratiomyidae	2	4	0,79		
	Tipulidae	3	3	1,18		
Ephemeroptera	Baetidae	1	7	0,39	1	0,63
	Leptohyphidae	48	7	18,90	48	30,00
	Leptophlebiidae	33	9	12,99	33	20,63
Hemíptera	Naucoridae	8	7	3,15		
	Gerridae	4	8	1,57		
Megalóptera	Corydalidae	20	6	7,87		
Odonata	Libellulidae	2	6	0,79		
	Coenagrionidae	3	7	1,18		
	Gomphidae	1	10	0,39		

Trichóptera	Hydropsychidae	50	7	19,69	50	31,25
	Hydroptilidae	2	7	0,79	2	1,25
	Philopotamidae	20	9	7,87	20	12,50
Mesogastropoda	Hydrobiidae	6	8	2,36	6	3,75
TOTAL	EJEMPLARES	254	131	100	N° Ejemplares	Total
	ÓRDENES	8				
	FAMILIAS	18				
					160	63

ESTACION 5, MES 3

ORDEN	FAMILIA	N° EJEMPLARES	BMWP/ Col	%	ÍNDICE EPT	%
Coleóptera	Elmidae	42	6	18,83		
	Psephenidae	4	10	1,79		
Díptera	Stratiomyidae	3	4	1,35		
	Tipulidae	2	3	0,90		
Ephemeroptera	Leptohyphidae	39	7	17,49	39	26,71
	Leptophlebiidae	11	9	4,93	11	7,53
Hemíptera	Naucoridae	10	7	4,48		
Megalóptera	Corydalidae	8	6	3,59		
Odonata	Calopterygidae	1	7	0,45		
	Coenagrionidae	2	7	0,90		
	Gomphidae	4	10	1,79		
	Libellulidae	1	6	0,45		
Trichóptera	Hydropsychidae	93	7	41,70	93	63,70
	Leptoceridae	1	8	0,45	1	0,68
	Helicopsychidae	2	9	0,90	2	1,37
	Philopotamidae	18	9	8,07	18	12,33
Mesogastropoda	Hydrobiidae	11	8	4,93	11	7,53
TOTAL	EJEMPLARES	223	123	100	N° Ejemplares	Total
	ÓRDENES	8				
	FAMILIAS	17				
					146	65

ESTACION 5, MES 4

ORDEN	FAMILIA	N° EJEMPLARES	BMWP/ Col	%	ÍNDICE EPT	%
Coleóptera	Elmidae	34	6	16,27		
	Ptilodactylidae	3	10	1,44		
Díptera	Stratiomyidae	3	4	1,44		
	Tipulidae	2	3	0,96		
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	38	9	18,18	38	31,67
Hemíptera	Naucoridae	11	7	5,26		
	Gerridae	4	8	1,91		
Megalóptera	Corydalidae	12	6	5,74		
Odonata	Calopterygidae	2	7	0,96		
	Gomphidae	1	10	0,48		
	Libellulidae	2	6	0,96		
Trichóptera	Hydropsychidae	76	7	36,36	76	63,33
	Leptoceridae	3	8	1,44	3	2,50

	Helicopsychidae	3	7	1,44	3	2,50
	Philopotamidae	15	9	7,18	15	12,50
TOTAL	EJEMPLARES	209	107	100	N° Ejemplares	Total
	ÓRDENES	7				
	FAMILIAS	15				
					120	57

- Estación El Panteón (EPE6)

ESTACION 6, MES 1							
ORDEN	FAMILIA	N° EJEMPLARES	BMWP / Col	%	ÍNDICE EPT		%
Coleóptera	Elmidae	6	6	9,23			
Ephemeroptera	Baetidae	4	7	6,15	4		10,53
Megalóptera	Corydalidae	8	6	12,31			
Odonata	Calopterygidae	1	7	1,54			
	Libellulidae	1	6	1,54			
	Coenagrionidae	4	7	6,15			
Trichóptera	Gomphidae	7	10	10,77			
	Hydropsychidae	23	7	35,38	23		60,53
	Polycentropodidae	6	9	9,23	6		15,79
	Philopotamidae	4	9	6,15	4		10,53
	Helicopsychidae	1	9	1,54	1		2,63
TOTAL	EJEMPLARES	65	83	100	N° Ejemplares	Total	100
	ÓRDENES	5					
	FAMILIAS	11					
					38	58	

ESTACION 6, MES 2							
ORDEN	FAMILIA	N° EJEMPLARES	BMWP/ Col	%	ÍNDICE EPT		%
Coleóptera	Elmidae	2	6	3,39			
Ephemeroptera	Baetidae	2	7	3,39	2		6,25
Megalóptera	Corydalidae	6	6	10,17			
Odonata	Coenagrionidae	7	7	11,86			
	Gomphidae	7	10	11,86			
	Libellulidae	5	6	8,47			
Trichóptera	Hydropsychidae	19	7	32,20	19		59,38
	Leptoceridae	2	8	3,39	2		6,25
	Philopotamidae	9	10	15,25	9		28,13
TOTAL	EJEMPLARES	59	67	100	N° Ejemplares	Total	100
	ÓRDENES	5					
	FAMILIAS	9					
					32	54	

ESTACION 6, MES 3							
ORDEN	FAMILIA	N° EJEMPLARES	BMWP/ Col	%	ÍNDICE EPT		%
Coleóptera	Elmidae	14	6	24,56			
Ephemeroptera	Baetidae	5	7	8,77	5		16,67
Megalóptera	Corydalidae	4	6	7,02			
Odonata	Gomphidae	1	10	1,75			
	Coenagrionidae	1	7	1,75			
	Libellulidae	7	6	12,28			
Trichóptera	Hydropsychidae	16	7	28,07	16		53,33
	Leptoceridae	2	8	3,51	2		6,67
	Philopotamidae	7	9	12,28	7		23,33
TOTAL	EJEMPLARES	57	66	100	N° Ejemplares	Total	100
	ÓRDENES	5			30	53	
	FAMILIAS	7					

ESTACION 6, MES 4							
ORDEN	FAMILIA	N° EJEMPLARES	BMWP/ Col	%	ÍNDICE EPT		%
Coleóptera	Elmidae	15	6	25,86			
Ephemeroptera	Baetidae	3	7	5,17	4		13,79
Megalóptera	Corydalidae	6	6	10,34			
Odonata	Libellulidae	4	6	6,90			
	Gomphidae	5	10	8,62			
Trichóptera	Hydropsychidae	17	7	29,31	17		58,62
	Leptoceridae	4	8	6,90	4		13,79
	Polycentropodidae	2	9	3,45	2		6,90
	Helicopsychidae	2	9	3,45	2		6,90
TOTAL	EJEMPLARES	58	68	100	N° Ejemplares	Total	100
	ÓRDENES	5			29	50	
	FAMILIAS	9					

- Estación El Guayabo (EGUE7)

ESTACION 7, MES 1							
ORDEN	FAMILIA	N° EJEMPLARES	BMWP/ Col	%	ÍNDICE EPT		%
Coleóptera	Elmidae	9	6	13,04			
	Dryopsidae	2	7	2,90			
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	1	9	1,45	1		2,86
Hemíptera	Naucoridae	7	7	10,14			
	Gerridae	8	8	11,59			
Megalóptera	Corydalidae	5	6	7,25			
Odonata	Calopterygidae	1	7	1,45			
	Libellulidae	2	6	2,90			
Trichóptera	Hydropsychidae	16	7	23,19	16		45,71
	Leptoceridae	5	8	7,25	5		14,29
	Helicopsychidae	13	9	18,84	13		37,14
TOTAL	EJEMPLARES	69	80	100	N° Ejemplares	Total	100
	ÓRDENES	6					
	FAMILIAS	11			35	51	

ESTACION 7, MES 2							
ORDEN	FAMILIA	N° EJEMPLARES	BMWP/ Col	%	ÍNDICE EPT		%
Coleóptera	Elmidae	7	6	9,21			
Ephemeroptera	Baetidae	3	7	3,95	3		5,77
	Leptophlebiidae	2	9	2,63	2		3,85
Hemíptera	Naucoridae	2	7	2,63			
Megalóptera	Corydalidae	9	6	11,84			
Odonata	Coenagrionidae	2	7	2,63			
	Libellulidae	1	6	1,32			
	Gomphidae	3	10	3,95			
Trichóptera	Hydropsychidae	25	7	32,89	25		48,08
	Leptoceridae	8	8	10,53	8		15,38
	Philopotamidae	14	9	18,42	14		26,92
TOTAL	EJEMPLARES	76	82	100	N° Ejemplares	Total	100
	ÓRDENES	6					
	FAMILIAS	11			52	68	

ESTACION 7, MES 3							
ORDEN	FAMILIA	N° EJEMPLARES	BMWP/ Col	%	ÍNDICE EPT		
Coleóptera	Elmidae	5	6	6,85			
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	5	9	6,85	5	11,36	
	Leptohyphidae	1	7	1,37	1	2,27	
Hemíptera	Naucoridae	3	7	4,11			
Megalóptera	Corydalidae	15	6	20,55			
Odonata	Calopterygidae	3	7	4,11			
	Libellulidae	1	6	1,37			
	Coenagrionidae	2	7	2,74			
Trichóptera	Hydropsychidae	21	7	28,77	21	47,73	
	Leptoceridae	1	8	1,37	1	2,27	
	Philopotamidae	16	9	21,92	16	36,36	
TOTAL	EJEMPLARES	73	79	100	N° Ejemplares	Total	
	ÓRDENES	6			44	60	100
	FAMILIAS	11					

ESTACION 7, MES 4							
ORDEN	FAMILIA	N° EJEMPLARES	BMWP/ Col	%	ÍNDICE EPT		
Coleóptera	Elmidae	7	6	11,11			
Ephemeroptera	Baetidae	4	7	6,35	4	11,11	
	Leptophlebiidae	3	9	4,76	3	8,33	
	Leptohyphidae	1	7	1,59	1	2,78	
Hemíptera	Naucoridae	4	7	6,35			
Megalóptera	Corydalidae	10	6	15,87			
Odonata	Calopterygidae	1	7	1,59			
	Libellulidae	2	6	3,17			
	Coenagrionidae	3	7	4,76			
Trichóptera	Hydropsychidae	22	7	34,92	22	61,11	
	Leptoceridae	4	8	6,35	4	11,11	
	Helicopsychidae	2	9	3,17	2	5,56	
TOTAL	EJEMPLARES	63	86	100	N° Ejemplares	Total	
	ÓRDENES	6			36	57	100
	FAMILIAS	12					

ANEXO D Hoja de Campo, utilizada para el registro de los parámetros físicos y químicos tomados “in-situ”.

REGISTRO DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS - QUÍMICOS TOMADOS "IN SITU"		
N° de Estación: 0		
Nombre de Estación Testigo Blanco		
Fecha: 17-11-2020		
Hora: 08:40 Am		
PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR
Temperatura del agua	°C	21,00
pH	Unidades de pH	6,18
Sólidos Disueltos totales	mg/L	22,10
Conductividad eléctrica	uS/cm	43,30
OBSERVACIONES: No hubo complicaciones		

REGISTRO DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS - QUÍMICOS TOMADOS "IN SITU"		
N° de Estación: 1		
Nombre de Estación La Chonta		
Fecha: 17-11-2020		
Hora: 10 H 30 Am		
PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR
Temperatura del agua	°C	19,80 °C
pH	Unidades de pH	7,15
Sólidos Disueltos totales	mg/L	25,30
Conductividad eléctrica	uS/cm	41,70
OBSERVACIONES: Sin complicaciones.		

ETIQUETA			
Estación:			
Coordenadas X:		Coordenadas Y:	
Fecha:		Hora:	
Persona que realizó el muestreo:			

ANEXO F Macroinvertebrados presentes en la microcuenca alta del río Santa Rosa

ÓRDEN COLEÓPTERA	
 <p>Figura 60 Familia Elmidae Fuente: Autora</p>	 <p>Figura 61 Familia Psephenidae Fuente: Autora</p>
ÓRDEN DÍPTERA	
 <p>Figura 62 Familia Stratiomyidae Fuente: Autora</p>	 <p>Figura 63 Familia Tipulidae Fuente: Autora</p>



Figura 64 Familia Tipulidae
Fuente: Autora



Figura 65 Familia Tipulidae
Fuente: Autora

ÓRDEN EPHEMERÓPTERA



Figura 66 Familia Euthyplociidae
Fuente: Autora



Figura 67 Familia Leptophlebiidae
Fuente: Autora



Figura 68 Familia Baetidae
Fuente: Autora



Figura 69 Familia Leptohiphidae
Fuente: Autora

ÓRDEN HEMÍPTERA



Figura 70 Familia Gerridae
Fuente: Autora



Figura 71 Familia Naucoridae
Fuente: Autora



Figura 72 Familia Naucoridae
Fuente: Autora

ÓRDEN MEGALÓPTERA



Figura 73 Familia Naucoridae
Fuente: Autora

ÓRDEN ODONATA



Figura 74 Familia Calopterygidae
Fuente: Autora



Figura 75 Familia Libellulidae
Fuente: Autora



Figura 76 Familia Polythoridae
Fuente: Autora



Figura 77 Familia Gomphidae
Fuente: Autora



Figura 78 Familia Coenagrionidae
Fuente: Autora

ÓRDEN PLECÓPTERA



Figura 79 Familia Perlidae
Fuente: Autora

ÓRDEN TRICHÓPTERA



Figura 80 Familia Hydropsychidae
Fuente: Autora



Figura 81 Familia Leptoceridae
Fuente: Autora



Figura 82 Familia Polycentropodidae
Fuente: Autora



Figura 83 Familia Helicopsychidae
Fuente: Autora



Figura 84 Familia Leptoceridae
Fuente: Autora



Figura 85 Familia Leptoceridae
Fuente: Autora

ÓRDEN DECÁPODA



Figura 86 Familia Pseudothelphusidae
Fuente: Autora

ÓRDEN MESOGASTRÓPODA



Figura 87 Familia Hydrobiidae
Fuente: Autora

ANEXO G Valores promedios, calculados por familia, en todas las estaciones de muestreo

VALORES PROMEDIOS																	
ÓRDENES	FAMILIAS	TBE0		LCE1		LME2		LGE3		PSE4		QSE5		EPE6		EGUE7	
		#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%
Coleóptera	Elmidae	34	14,2	30	14,8	13	14,0	1	3,7	21	10,3	35	15,1	9	14,5	7	9,5
	Ptilodactylidae	5	2,1	1	0,5	2	2,2	0	0,0	0	0,0	1	0,4	0	0,0	0	0,0
	Dryopidae	3	1,3	3	1,5	0	0,0	0	0,0	3	1,5	0	0,0	0	0,0	1	1,4
	Psephenidae	2	0,8	2	1,0	1	1,1	0	0,0	5	2,5	3	1,3	0	0,0	0	0,0
Díptera	Blepharoceridae	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	0,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	Chironomidae	2	0,8	1	0,5	1	1,1	0	0,0	1	0,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	Lutrochidae	0	0,0	1	0,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	Stratiomyidae	1	0,4	1	0,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	0,9	0	0,0	0	0,0
	Tipulidae	2	0,8	4	2,0	2	2,2	0	0,0	2	1,0	2	0,9	0	0,0	0	0,0
Ephemeroptera	Baetidae	15	6,3	13	6,4	5	5,4	0	0,0	19	9,4	1	0,4	4	6,5	2	2,7
	Euthyplociidae	2	0,8	3	1,5	2	2,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	Leptophlebiidae	10	4,2	13	6,4	0	0,0	0	0,0	19	9,4	38	16,4	0	0,0	3	4,1
	Leptohephidae	5	2,1	7	3,4	0	0,0	0	0,0	17	8,4	22	9,5	0	0,0	1	1,4
Hemiptera	Naucoridae	18	7,5	19	9,4	12	12,9	0	0,0	22	10,8	11	4,7	0	0,0	4	5,4
	Gerridae	2	0,8	5	2,5	2	2,2	0	0,0	1	0,5	3	1,3	0	0,0	2	2,7
Megaloptera	Corydalidae	10	4,2	13	6,4	0	0,0	1	3,7	12	5,9	11	4,7	6	9,7	10	13,5
Odonata	Calopterygidae	3	1,3	2	1,0	3	3,2	0	0,0	0	0,0	1	0,4	1	1,6	1	1,4
	Coenagrionidae	0	0,0	1	0,5	1	1,1	0	0,0	11	5,4	2	0,9	3	4,8	2	2,7
	Gomphidae	0	0,0	0	0,0	1	1,1	0	0,0	2	1,0	3	1,3	5	8,1	1	1,4
	Libellulidae	3	1,3	3	1,5	2	2,2	0	0,0	4	2,0	2	0,9	4	6,5	2	2,7
	Polythoridae	1	0,4	1	0,5	1	1,1	0	0,0	1	0,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Plecóptera	Perlidae	50	20,8	17	8,4	8	8,6	0	0,0	11	5,4	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Trichóptera	Hydropsychidae	52	21,7	38	18,7	29	31,2	0	0,0	30	14,8	62	26,7	19	30,6	21	28,4
	Helicopsychidae	8	3,3	4	2,0	2	2,2	0	0,0	0	0,0	4	1,7	1	1,6	4	5,4
	Hydroptilidae	1	0,4	1	0,5	0	0,0	0	0,0	1	0,5	1	0,4	1	1,6	0	0,0
	Leptoceridae	7	2,9	11	5,4	2	2,2	0	0,0	5	2,5	2	0,9	2	3,2	5	6,8
	Philopotamidae	2	0,8	7	3,4	1	1,1	0	0,0	12	5,9	14	6,0	5	8,1	8	10,8
	Polycentropodidae	1	0,4	1	0,5	0	0,0	25	92,6	3	1,5	8	3,4	2	3,2	0	0,0
Decápoda	Pseudothelphusidae	1	0,4	1	0,5	2	2,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Mesogastropoda	Hydrobiidae	0	0,0	0	0,0	1	1,1	0	0,0	0	0,0	4	1,7	0	0,0	0	0,0
TOTAL	EJEMPLARES	240		203		93		27		203		232		62		74	
	FAMILIAS	25	100	27	100	21	100	3	100	22	100	22	100	12	100	16	100
	ÓRDENES	9		9		9		3		8		8		5		6	

ANEXO H Suma total de los valores promedios ya calculados en el anexo G

MACROINVERTEBRADOS PRESENTES EN TODA LA MICROCUENCA			
ÓRDEN	FAMILIA	EJEMPLARES (Suma total de los promedios)	%
Coleóptera	Elmidae	150	13,2
	Ptilodactylidae	9	0,8
	Dryopidae	10	0,9
	Psephenidae	13	1,1
Díptera	Blepharoceridae	1	0,1
	Chironomidae	5	0,4
	Lutrochidae	1	0,1
	Stratiomyidae	4	0,4
	Tipulidae	12	1,1
Ephemeroptera	Baetidae	59	5,2
	Euthyplociidae	7	0,6
	Leptophlebiidae	83	7,3
	Leptohyphidae	52	4,6
Hemiptera	Naucoridae	86	7,6
	Gerridae	15	1,3
Megalóptera	Corydalidae	63	5,6
Odonata	Calopterygidae	11	1,0
	Coenagrionidae	20	1,8
	Gomphidae	12	1,1
	Libellulidae	20	1,8
	Polythoridae	4	0,4
Plecóptera	Perlidae	86	7,6
Trichóptera	Hydropsychidae	251	22,1
	Helicopsychidae	23	2,0
	Hydroptilidae	5	0,4
	Leptoceridae	34	3,0
	Philopotamidae	49	4,3
	Polycentropodidae	40	3,5
Decápoda	Pseudothelphusidae	4	0,4
Mesogastropoda	Hydrobiidae	5	0,4
TOTAL	EJEMPLARES	1134	100,0
	FAMILIA	30	
	ÓRDENES	10	

ANEXO I Resultados de los parámetros fisicoquímicos tomados “in-situ”

PARÁMETROS FÍSICOS QUÍMICOS						
ESTACIONES	CÓDIGO	PERÍODO	pH	Temperatura (°C)	Conductividad Eléctrica (uS/cm)	Sólidos Disueltos Totales (mg/L)
Testigo Blanco	TBE0	MES 1	6,18	21,00	43,30	22,10
		MES2	7,10	20,40	56,20	29,90
		MES 3	6,75	20,90	45,50	26,80
		MES 4	6,63	21,20	49,80	22,90
La Chonta	LCE1	MES 1	7,15	19,80	41,70	25,30
		MES2	7,02	20,80	39,20	24,60
		MES 3	6,89	20,40	43,50	28,40
		MES 4	6,94	20,30	43,10	26,10
Los Monos	LME2	MES 1	6,20	21,70	42,50	21,30
		MES2	6,12	21,80	60,50	30,40
		MES 3	6,33	22,20	45,10	22,90
		MES 4	6,02	20,90	59,80	28,80
Los Gringos	LGE3	MES 1	3,60	22,50	210,20	105,50
		MES2	3,44	20,10	147,00	116,90
		MES 3	3,48	20,60	206,60	105,70
		MES 4	3,00	21,70	306,00	157,40
Pueblo Sabayán	PSE4	MES 1	6,46	22,30	53,10	26,30
		MES2	6,42	22,00	73,20	36,50
		MES 3	6,46	22,70	83,80	39,80
		MES 4	6,85	22,30	140,50	70,40
Quebrada Sabayán	QSE5	MES 1	6,90	23,20	108,40	53,10
		MES2	6,54	22,90	103,20	52,60
		MES 3	6,63	22,70	105,30	53,40
		MES 4	6,46	22,30	96,10	48,00
El Panteón	EPE6	MES 1	5,46	23,10	252,00	125,50
		MES2	5,89	22,70	247,00	122,40
		MES 3	6,02	22,90	198,00	152,10
		MES 4	5,97	22,70	295,00	148,70
El Guayabo	EGUE7	MES 1	7,16	23,40	74,90	36,40
		MES2	7,02	24,00	75,50	39,60
		MES 3	7,28	23,10	73,60	55,70
		MES 4	6,57	22,30	74,70	37,20

ANEXO J Resultados de los parámetros fisicoquímicos tomados “in-situ”

FAMILIAS	TBE0			LCE1			LME2			LGE3		
	Med.	Des. E	Var.	Med.	Des. E	Var.	Med.	Des. E	Var.	Med.	Des. E.	Var.
Elmidae	34,250	20,056	402,25	29,500	18,430	339,67	12,750	4,992	24,917	0,750	0,957	0,917
Ptilodactylidae	4,750	7,089	50,250	0,750	1,500	2,250	2,000	4,000	16,000	*	*	*
Dryopidae	2,500	0,577	0,333	2,500	2,082	4,333	*	*	*	*	*	*
Psephenidae	2,250	2,872	8,250	2,250	1,708	2,917	1,000	2,000	4,000	*	*	*
Blepharoceridae	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Chironomidae	1,500	3,000	9,000	0,250	0,500	0,250	0,500	1,000	1,000	*	*	*
Lutrochidae	*	*	*	0,250	0,500	0,250	*	*	*	*	*	*
Stratiomyidae	0,750	0,957	0,917	0,750	0,957	0,917	*	*	*	*	*	*
Tipulidae	2,250	2,217	4,917	3,750	3,594	12,917	1,500	1,291	1,667	*	*	*
Baetidae	14,500	9,815	96,333	13,000	9,309	86,667	4,500	1,732	3,000	*	*	*
Euthyplociidae	1,500	3,000	9,000	2,750	2,217	4,917	2,250	1,893	3,583	*	*	*
Leptophlebiidae	9,750	7,274	52,917	12,500	10,214	104,33	*	*	*	*	*	*
Leptohyphidae	4,500	9,000	81,000	6,500	7,681	59,000	*	*	*	*	*	*
Naucoridae	18,250	16,112	259,583	18,500	5,000	25,000	11,750	1,893	3,583	*	*	*
Gerridae	2,000	2,828	8,000	4,500	3,873	15,000	1,750	2,363	5,583	*	*	*
Corydalidae	9,500	5,000	25,000	12,750	7,932	62,917	*	*	*	0,750	0,500	0,250
Calopterygidae	3,000	3,559	12,667	1,750	2,062	4,250	2,750	2,500	6,250	*	*	*
Coenagrionidae	*	*	*	1,250	1,500	2,250	0,250	0,500	0,250	*	*	*
Gomphidae	*	*	*	*	*	*	1,000	1,732	3,000	*	*	*
Libellulidae	2,750	1,893	3,583	2,750	1,893	3,583	1,500	0,816	0,667	*	*	*
Polythoridae	0,750	0,957	0,917	0,250	0,500	0,250	0,500	1,000	1,000	*	*	*
Perlidae	50,250	18,786	352,917	16,750	4,031	16,250	7,750	3,403	11,583	*	*	*
Hydropsychidae	52,250	44,455	1976,25	37,500	27,234	741,667	29,00	2,582	6,667	*	*	*
Helicopsychidae	8,000	5,416	29,333	3,500	3,317	11,000	2,250	0,957	0,917	*	*	*
Hydroptilidae	1,250	2,500	6,250	0,250	0,500	0,250	*	*	*	*	*	*
Leptoceridae	9,000	1,633	2,667	10,500	3,416	11,667	1,500	1,291	1,667	*	*	*
Philopotamidae	1,500	2,380	5,667	6,750	5,377	28,917	0,500	0,577	0,333	*	*	*
Polycentropodidae	1,250	2,500	6,250	0,750	1,500	2,250	*	*	*	25,00	4,243	18,000
Pseudothelphusidae	0,250	0,500	0,250	0,250	0,500	0,250	1,500	0,577	0,333	*	*	*
Hydrobiidae	*	*	*	*	*	*	0,750	1,500	2,250	*	*	*

FAMILIAS	PSE4			QSE5			EPE6			EGUE7		
	Med.	Des. E	Var.	Med.	Des. E	Var.	Med.	Des. E	Var.	Med.	Des. E	Var.
Elmidae	21,000	4,320	18,667	34,500	13,304	177,000	9,250	6,292	39,583	7,000	1,633	2,667
Ptilodactylidae	*	*	*	1,000	1,414	2,000	*	*	*	*	*	*
Dryopidae	3,000	3,559	12,667	*	*	*	*	*	*	0,500	1,000	1,000
Psephenidae	5,250	5,560	30,917	2,750	1,893	3,583	*	*	*	*	*	*
Elepharoceridae	1,250	0,957	0,917	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Chironomidae	0,500	1,000	1,000	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Lutrochidae	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Stratiomyidae	*	*	*	2,000	1,414	2,000	*	*	*	*	*	*
Tipulidae	1,500	0,577	0,333	2,250	0,957	0,917	*	*	*	*	*	*
Baetidae	19,000	25,755	663,33	0,250	0,500	0,250	3,500	1,291	1,667	1,750	2,062	4,250
Euthyplociidae	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Leptophlebiidae	19,000	13,832	191,333	38,000	24,345	592,667	*	*	*	2,750	1,708	2,917
Leptohyphidae	17,250	12,285	150,917	21,750	25,382	644,250	*	*	*	0,500	0,577	0,333
Naucoridae	22,00	9,274	86,000	11,000	2,944	8,667	*	*	*	4,000	2,160	4,667
Gerridae	0,500	1,000	1,000	2,750	1,893	3,583	*	*	*	2,000	4,000	16,000
Corydalidae	11,500	7,047	49,667	10,500	7,550	57,000	6,000	1,633	2,667	9,750	4,113	16,917
Calopterygidae	*	*	*	1,000	0,816	0,667	0,250	0,500	0,250	1,250	1,258	1,583
Coenagrionidae	10,750	2,500	6,250	1,750	1,258	1,583	3,000	3,162	10,000	1,750	1,258	1,583
Gomphidae	1,500	1,291	1,667	2,500	1,732	3,000	5,000	2,828	8,000	0,750	1,500	2,250
Libellulidae	3,500	3,109	9,667	1,500	1,000	1,000	4,250	2,500	6,250	1,500	0,577	0,333
Polythoridae	0,500	0,577	0,333	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Perlidae	10,500	3,416	11,667	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Hydropsychidae	29,500	23,014	529,667	62,250	27,837	774,917	18,750	3,096	9,583	21,000	3,742	14,000
Helicopsychidae	*	*	*	3,750	4,349	18,917	0,750	0,957	0,917	3,750	6,238	38,917
Hydroptilidae	1,250	0,957	0,917	0,500	1,000	1,000	*	*	*	*	*	*
Leptoceridae	5,250	5,560	30,917	1,500	1,291	1,667	2,000	1,633	2,667	4,500	2,887	8,333
Philopotamidae	11,500	16,503	272,333	14,000	7,616	58,000	5,000	3,916	15,333	7,500	8,699	75,667
Polycentropodidae	2,750	3,202	10,250	8,000	16,000	256,000	2,000	2,828	8,000	*	*	*
Pseudothelphusidae	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Hydrobiidae	*	*	*	4,250	5,315	28,250	*	*	*	*	*	*

ANEXO K Acta de socialización de trabajo de titulación con la empresa EMAPASR-EP



**EMPRESA PÚBLICA DE AGUA POTABLE Y
ALCANTARILLADO DEL CANTÓN SANTA ROSA
EMAPASR-EP**

EL ORO - ECUADO

**Acta de socialización del trabajo de titulación "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA RESERVA
MUNICIPAL DE LA MICROCUENCA ALTA DEL RÍO SANTA ROSA MEDIANTE MÉTODO DE MACROINVERTEBRADOS
BENTÓNICOS"**

No	NOMBRE	EMPRESA	CARGO	FIRMA
1	Stalin Tijero B	EMAPASR-EP	Gerente	
2	FERNANDO ORTIZ ROMERO	EMAPASR-EP	JEFE DE PLANTA	
3	David Penabaz	EMAPASR-EP	Asis. Tec. UGA	
4	Ricardo Zambrano V.	EMAPASR-EP	JEFE UGA	
5		EMAPASR-EP		
6		EMAPASR-EP		
7		EMAPASR-EP		
8		EMAPASR-EP		
9		EMAPASR-EP		
10		EMAPASR-EP		
11		EMAPASR-EP		