



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO
COPUENO, TRAMO PACCHA- JARDIN DEL UPANO, MEDIANTE
MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS”**

TRABAJO DE TITULACIÓN
TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORA: KATHERINE ELIZABETH CHACÓN VÉLEZ

TUTOR: ING. CAMILO PAVEL HARO BARROSO, M.Sc

Macas - Ecuador

2017

© 2017, Katherine Elizabeth Chacón Vélez

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

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

El tribunal de Trabajo de Titulación certifica que: el trabajo investigativo: “**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO COPUENO, TRAMO PACCHA- JARDIN DEL UPANO, MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS**”, de responsabilidad de la señorita Katherine Elizabeth Chacón Vélez, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Ing. Camilo P. Haro B., M.Sc.
**DIRECTOR DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

Dra. Cumandá Carrera Beltrán
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Yo, Katherine Elizabeth Chacón Vélez, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

Katherine Elizabeth Chacón Vélez

Yo, Katherine Elizabeth Chacón Vélez, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos contantes en el documento que provienen de otra fuente, están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo toda la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Macas, 13 de Diciembre del 2017

Katherine Elizabeth Chacón Vélez

140073399-2

DEDICATORIA

Existen momentos especiales en la vida de una persona, y hoy tengo la dicha de disfrutar de uno, y que mejor que compartirlo con las personas que han hecho especial mi vida, es por ello que este trabajo se lo dedico a:

Mis padres, Rafael y Rosario, por ser un pilar fundamental en este largo caminar y demostrarme su cariño y apoyo incondicional, por sus esfuerzos y sacrificios para lograr que este sueño hoy sea realidad, este título de Ingeniera también es de ustedes.

A mis hermanos Jennifer y Marlon, quienes incondicionalmente me han brindado su amor, paciencia y comprensión. De manera especial a mi querida hermana, pues su ejemplo de responsabilidad y superación es un cimiento de inspiración para mi vida profesional.

Con todo mi amor y cariño dedico esta tesis a mi esposo, Jose y a mi pequeña RAPHAELA, por confiar en mis capacidades y ofrecerme el respaldo necesario para culminar esta importante etapa, que será de utilidad para nuestra vida futura.

Por último pero no menos importante, a la Memoria de mi abuelita Lilia quien estaría orgullosa de mi labor cumplida.

Katy

AGRADECIMIENTO

Con toda la humildad que cabe en mi corazón, agradezco a Dios por haberme dado la fortaleza necesaria para continuar a pesar de las adversidades, permitiéndome hoy disfrutar mis logros, y llegar a este momento tan importante de mi formación profesional.

De manera muy especial agradezco a mi querido tutor Camilo, quien desinteresadamente me ha guiado para culminar exitosamente este proyecto, gracias por compartir sus conocimientos conmigo y hoy juntos saborear la satisfacción del deber cumplido.

Al Dr. Cid Calle, Director del Departamento de Productividad del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Morona Santiago, por la colaboración prestada al permitirme hacer uso de las instalaciones de dicha institución, lo cual fue de importancia para alcanzar los objetivos planteados en esta investigación.

Gracias a todos los catedráticos que desde la niñez hasta la actualidad han forjado a esta persona, que hoy en día está llena de valores y ganas de superación.

De igual manera a mi querida amiga Erika, por contribuir de una manera muy especial en la consolidación de este sueño. Finalmente agradezco a mis compañeros: Maleny, Mónica, Marcos, Bernardo y Juan quienes de una u otra manera se han hecho presentes para alcanzar este propósito.

Katy

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XIV
ÍNDICE DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS	XV
RESUMEN.....	XVI
SUMMARY	XVII
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	
1. MARCO TEÓRICO	5
1.1. El agua y su ciclo hidrológico	5
1.2. Marco legal del agua en el Ecuador	6
1.3. Calidad del Agua	7
1.4. Contaminación del agua.....	8
1.4.1. <i>Contaminantes del agua</i>	9
1.5. Ríos.....	9
1.5.1. <i>Componentes de un río y su relación con el desarrollo de bioindicadores</i>	10
1.6. Biomonitorio o monitoreo biológico	11
1.7. Bioindicadores.....	12
1.8. Macroinvertebrados acuáticos	12
1.8.1. <i>Ventajas del uso de macroinvertebrados</i>	13
1.8.2. <i>Limitaciones del uso de macroinvertebrados</i>	14
1.8.3. <i>Alimentación de los macroinvertebrados</i>	14
1.8.4. <i>Formas de los macroinvertebrados</i>	15
1.8.5. <i>Hábitats de los macroinvertebrados</i>	16
1.8.6. <i>Modos de vida de los macroinvertebrados</i>	16
1.8.6.1. <i>Neuston</i>	16
1.8.6.2. <i>Necton</i>	17
1.8.6.3. <i>Bentos</i>	17
1.9. Factores que controlan la distribución de macroinvertebrados	18
1.10. Descripción morfológica de ciertos macroinvertebrados.....	18
1.11. Impactos que alteran la comunidad de macroinvertebrados	22
1.11.1. <i>Contaminación del agua</i>	22

1.11.2. <i>Eutrofización</i>	22
1.11.3. <i>Alteraciones morfológicas</i>	22
1.11.4. <i>Especies invasoras</i>	22
1.11.5. <i>Alteración de la vegetación ribereña</i>	22
1.12. Métodos de recolección de macroinvertebrados	23
1.12.1. <i>Cualitativos</i>	233
1.12.2. <i>Cuantitativos</i>	23
1.13. Índices Biológicos	24
1.13.1. <i>Biological Monitorin Working Party para Colombia (BMWP/Col)</i>	25
1.13.2. <i>Ephemeropteros, plecopteros y trichopteros (EPT)</i>	26

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO	27
2.1. Área de estudio	27
2.1.1. <i>Ubicación cartográfica y geográfica</i>	27
2.1.2. <i>Macrolocalización</i>	27
2.1.3. <i>Microlocalización</i>	27
2.2. Metodología	28
2.2.1. <i>Determinación de las estaciones de monitoreo</i>	28
2.2.2. <i>Determinación del caudal en las estaciones de monitoreo</i>	30
2.2.3. <i>Metodología para determinar el estado del agua del río Copueno a través de macroinvertebrados</i>	33
2.2.3.1. <i>Fase I: Trabajo de campo.</i>	33
2.2.3.1.1. <i>Recolección de muestras.</i>	33
2.2.3.1.2. <i>Muestreo de bioindicadores.</i>	33
2.2.3.1.3. <i>Limpieza y conservación de las muestras.</i>	34
2.2.3.2. <i>Fase II: Trabajo de laboratorio.</i>	35
2.2.3.2.1. <i>Tratamiento de muestras.</i>	35
2.2.3.2.2. <i>Cálculo del índice BMWP/Col.</i>	35
2.2.3.2.3. <i>Cálculo del índice EPT.</i>	36
2.2.3.3. <i>Fase III: Manejo de información.</i>	36
2.2.3.3.1. <i>Socialización.</i>	36

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
3.1 Resultados del caudal en las estaciones de monitoreo	38

3.2	Resultados de los bioindicadores acuáticos	39
3.2.1	<i>Análisis de las órdenes taxonómicas de macroinvertebrados colectados a lo largo del estudio</i>	39
3.2.2	<i>Análisis de las familias taxonómicas de macroinvertebrados colectados a lo largo del estudio</i>	41
3.2.3	<i>Análisis de las órdenes taxonómicas de macroinvertebrados colectados en diferentes épocas (lluviosa-seca)</i>	44
3.2.4	<i>Análisis de las familias taxonómicas de macroinvertebrados colectados en diferentes épocas (lluviosa-seca)</i>	48
3.2.5	<i>Abundancia de organismos encontrados por punto de monitoreo</i>	49
3.2.5.1	<i>Estación COP_T</i>	49
3.2.5.1.1	Temporada seca.	49
3.2.5.1.2	Temporada lluviosa.	51
3.2.5.2	<i>Estación COP₁</i>	53
3.2.5.2.1	Temporada seca.	53
3.2.5.2.2	Temporada lluviosa.	55
3.2.5.3	<i>Estación COP₂</i>	57
3.2.5.3.1	Temporada seca.	57
3.2.5.3.2	Temporada lluviosa.	59
3.2.5.4	<i>Estación COP₃</i>	61
3.2.5.4.1	Temporada seca.	61
3.2.5.4.2	Temporada lluviosa.	63
3.2.5.5	<i>Estación COP₄</i>	65
3.2.5.5.1	Temporada seca.	65
3.2.5.5.2	Temporada lluviosa.	67
3.2.6	<i>Calidad del agua por punto de muestreo, según los índices BMWP/Col y EPT</i>	69
3.3	Resultados de la socialización de la investigación	76
3.3.1	<i>Propuestas para la conservación de la calidad del agua del Río Copueno</i>	77
CONCLUSIONES		79
RECOMENDACIONES		81
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Formas de alimentación de los macroinvertebrados acuáticos.....	15
Tabla 2-1: Formas que presentan los macroinvertebrados acuáticos.....	15
Tabla 3-1: Número de extremidades de los macroinvertebrados acuáticos.....	15
Tabla 4-1: Descripción morfológica de algunas órdenes de macroinvertebrados.....	19
Tabla 5-1: Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el Índice BMWP/Col	25
Tabla 6-1: Clases de calidad de agua según el índice BMWP/Col y colores para representaciones cartográficas	26
Tabla 7-1: Clases de calidad de agua según el índice EPT	26
Tabla 1-2: Coordenadas inicial y final del tramo seleccionado para el estudio.....	27
Tabla 2-2: Ubicación de las estaciones de monitoreo	30
Tabla 3-2: Factor de corrección (k) de acuerdo al tipo de río en estudio.....	32
Tabla 1-3: Registro de caudales en todos los puntos de monitoreo, durante las épocas secas y lluviosas.....	38
Tabla 2-3: Abundancia total de las diferentes órdenes de macroinvertebrados.....	39
Tabla 3-3: Abundancia de especímenes por familia taxonómica.....	42
Tabla 4-3: Distribución de la presencia de organismos en épocas lluviosas y secas.....	48
Tabla 5-3: Abundancia de organismos recolectados en el punto COP _T , durante la época seca (Diciembre-Julio).....	50
Tabla 6-3: Abundancia de organismos recolectados en el punto COP _T , durante la época lluviosa (Enero-Marzo)	52
Tabla 7-3: Abundancia de organismos recolectados en el punto COP ₁ , durante la época seca (Diciembre- Julio)	54
Tabla 8-3: Abundancia de organismos recolectados en el punto COP ₁ , durante la época lluviosa (Enero-Marzo)	56
Tabla 9-3: Abundancia de organismos recolectados en el punto COP ₂ , durante la época seca (Diciembre- Julio)	58
Tabla 10-3: Abundancia de organismos recolectados en el punto COP ₂ , durante la época lluviosa (Enero-Marzo).....	60
Tabla 11-3: Abundancia de organismos recolectados en el punto COP ₃ , durante la época seca (Diciembre- Julio)	62
Tabla 12-3: Abundancia de organismos recolectados en el punto COP ₃ , durante la época lluviosa (Enero-Marzo)	64

Tabla 13-3: Abundancia de organismos recolectados en el punto COP ₄ , durante la época seca (Diciembre- Julio)	66
Tabla 14-3: Abundancia de organismos recolectados en el punto COP ₄ , durante la época lluviosa (Enero-Marzo)	68
Tabla 15-3: Calidad del agua de las diferentes estaciones de monitoreo según: BMWP/Col y EPT.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Dinámica del ciclo hidrológico	5
Figura 2-1: Elementos de un río: Poza, Rápido, Corriente y Sustrato	11
Figura 3-1: Neuston de un ambiente acuático.....	17
Figura 4-1: Necton de un ambiente acuático	17
Figura 5-1: Bentos de un ambiente acuático.....	18
Figura 6-1: Métodos para la recolección de macroinvertebrados: a) Red D-net; b) Red de pantalla; c) Red Surber; d) Draga Ekmang	24
Figura 1-2: Selección del tramo del río para la medición de caudales.....	31
Figura 2-2: Medición del ancho y profundidad media del río.....	32
Figura 3-2: Redes para recolección de macroinvertebrados (a. Pantalla; b. Surber).....	33

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2: Ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo de agua. Tramo Paccha-Jardín del Upano	29
Gráfico 1-3: Distribución porcentual de las órdenes de macroinvertebrados recolectadas durante el presente estudio.....	40
Gráfico 2-3: Abundancia total de familias taxonómicas a lo largo del período de muestreo.....	43
Gráfico 3-3: Ordenes de macroinvertebrados recolectados en cada punto de monitoreo durante la época de invierno.....	44
Gráfico 4-3: Ordenes de macroinvertebrados recolectados en cada punto de monitoreo durante la época de verano.....	46
Gráfico 5-3: Distribución de macroinvertebrados recolectados en COP _T durante la temporada seca (Diciembre-Julio).....	51
Gráfico 6-3: Distribución de macroinvertebrados recolectados en COP _T durante la temporada lluviosa (Enero-Marzo).....	53
Gráfico 7-3: Distribución de macroinvertebrados recolectados en COP ₁ durante la temporada seca (Diciembre-Julio).....	55
Gráfico 8-3: Distribución de macroinvertebrados recolectados en COP ₁ durante la temporada lluviosa (Enero-Marzo).....	57
Gráfico 9-3: Distribución de macroinvertebrados recolectados en COP ₂ durante la temporada seca (Diciembre-Julio).....	59
Gráfico 10-3: Distribución de macroinvertebrados recolectados en COP ₂ durante la temporada lluviosa (Enero-Marzo).....	61
Gráfico 11-3: Distribución de macroinvertebrados recolectados en COP ₃ durante la temporada seca (Diciembre-Julio).....	63
Gráfico 12-3: Distribución de macroinvertebrados recolectados en COP ₃ durante la temporada lluviosa (Enero-Marzo).....	65
Gráfico 13-3: Distribución de macroinvertebrados recolectados en COP ₄ durante la temporada seca (Diciembre-Julio).....	67
Gráfico 14-3: Distribución de macroinvertebrados recolectados en COP ₄ durante la temporada lluviosa (Enero-Marzo).....	69
Gráfico 15-3: Calidad del agua en los diferentes puntos de monitoreo, durante la época seca.....	75
Gráfico 16-3: Calidad del agua en los diferentes puntos de monitoreo, durante la época lluviosa.....	76

ÍNDICE DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

%	Porcentaje
l/s	Litros por segundo
BMWP	Biological Monitoring Working Party
BMWP/Col	Biological Monitoring Working Party para Colombia
CRE	Constitución de la República del Ecuador
COP _T	Punto Copueno Testigo
COP ₁	Punto Copueno 1
COP ₂	Punto Copueno 2
COP ₃	Punto Copueno 3
COP ₄	Punto Copueno 4
EPT	Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera
GAD	Gobierno Autónomo Descentralizado
GADP	Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial
TULSMA	Texto Unificado Legislación Secundaria, Medio Ambiente
UTM	Universal Transversal de Mercator

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo evaluar la calidad biológica del Río Copueno, tramo Paccha- Jardín del Upano, ubicado entre las parroquias General Proaño y Macas, empleando macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores. El tramo citado posee una longitud de 2km, donde fueron dispuestas 5 estaciones de monitoreo, identificadas como Copueno Testigo (COPT), y Copueno “Problema” (COP1, COP2, COP3, COP4), abarcando las zonas alta, media y baja del tramo delimitado, las mismas que fueron analizadas durante la época estiva y lluviosa. La colecta muestral se llevó a cabo empleando redes Surber y de Pantalla, y aplicando la técnica de *Kick Sampling* o zapateo. Los especímenes recolectados se analizaron en el Laboratorio del Gobierno Provincial de Morona Santiago, donde se aplicaron dos Índices biológicos: Biological Monitoring Working Party (BMWP/Col) y Ephemeropteras, Plecopteras y Trichopteras (EPT), con la finalidad de determinar la calidad del agua, asignándose valores a los diferentes organismos de acuerdo a su nivel de tolerancia a la contaminación, que oscila entre 1 (los más tolerantes) y 10 (los más sensibles). Entre los resultados obtenidos tenemos que de un total de 3122 especímenes recolectados, (1391 en Verano y 1731 en invierno), la calidad del agua en temporada seca según el BMWP/Col es BUENA, y ACEPTABLE en la temporada húmeda, mientras que, de acuerdo al EPT, la calidad es REGULAR durante las dos estaciones. En conclusión se establece que la calidad del agua decrece a medida que se acerca al casco urbano, por ello la importancia de la conservación de los cuerpos hídricos es primordial en la zona de estudio.

PALABRAS CLAVE: <BIOTECNOLOGÍA>, <MEDIO AMBIENTE>, <CALIDAD DEL AGUA>, <ÍNDICES BIOLÓGICOS>, <MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS>, <REDES DE MUESTREO>, <RÍO COPUENO>, <MACAS (MORONA)>.

SUMMARY

The objective was to evaluate the biological quality of the Copueno River, Paccha-Jardín del Upano section, located between the Proaño and Macas parishes, using benthic macroinvertebrates as bioindicators. The mentioned section has a length of 2km, where 5 monitoring stations were arranged, identified as Copueno Control (COPT), and Copueno "Problem" (COP1, COP2, COP3, COP4), covering the high, medium and low areas of the delimited section, the same ones that were analysed during the summer and rainy season. The sample collection was carried out using Surber and screen networks, and applying the Kick or *zapateo* sampling technique. The collected specimens were analysed in the Provincial Government Laboratory of Morona Santiago, where the biological indices were applied: Biological Monitor Working Party (BMWP/Col) and Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (EPT), in order to determine the water quality, assigning values to different organisms according to their level of tolerance to pollution, ranging from 1 (the most tolerant) to 10 (the most sensitive). The results obtained reflect that of a total of 3122 specimens collected, (1391 in summer and 1731 in winter), the water quality in dry season according to the BMWP/Col is GOOD, and ACCEPTABLE in wet season, while, according to the EPT, the quality is REGULAR during the two seasons. In conclusion it is established that the quality of the water decreases as it approaches the urban hull, for that reason the importance of conserving the hydric sources is primordial in the zone of study.

Keywords: BIOTECHNOLOGY, ENVIRONMENT, WATER QUALITY, BIOLOGICAL INDICES, BENTONIC MACROINVERTEBRATES, SAMPLING NETWORKS, RIO COPUENO, MACAS (CANTON)

INTRODUCCIÓN

Identificación del problema

En las últimas décadas la preocupación por la degradación de los recursos hídricos ha ido en aumento, motivo por el cual hay un creciente interés por conocer y proteger dichos ecosistemas especialmente su “Calidad” y “Cantidad”. Es importante recalcar que de toda el agua existente en el planeta, solo el 1% es de utilidad para los seres vivos, por lo que su conservación es prioritaria. (Álvarez *et al.*, 2007, p.1)

Los hábitats acuáticos albergan gran diversidad de fauna y flora, incluso más que los terrestres; por lo que son ecosistemas vulnerables a la contaminación. Desde la antigüedad, los ecosistemas acuáticos son percibidos por las sociedades humanas como una fuente de recursos y como puntos de descargas de efluentes derivados de las actividades antropogénicas, como a su vez de desechos sólidos, lo cual altera la calidad de los mismos.

En la actualidad una de las metodologías más utilizadas para la determinación de la calidad del agua, es el empleo de indicadores biológicos principalmente macroinvertebrados. La alteración en la fisiología y morfología de los organismos invertebrados presentes en los cursos hídricos indicarán el grado de afectación de los mismos, por lo que el análisis de estos organismos lo convierte en una metodología óptima para determinar la calidad de agua.

El incremento de la población produce un deterioro en la calidad de agua, donde los cursos hídricos superficiales se convierten en los más afectados debido a la cercanía a centros poblados, ocasionando la reducción o pérdida de las comunidades bióticas en los ecosistemas acuáticos. La degradación de los cuerpos de agua pueden deberse a la derivación y canalización de los ríos, la deforestación, las descargas de aguas residuales, la expansión de la frontera agropecuaria, el uso indiscriminado de insumos químicos y las actividades mineras. (Alonso *et al.*, 2005, p.92)

Según Alonso *et al.* (2005, p.87), las primeras técnicas para evaluar la calidad de un recurso hídrico consistían en la caracterización físico-química de muestras de agua, pero éstas solo proporcionan información puntual e inmediata, por lo que para validar los datos se deben realizar monitoreos continuos; convirtiéndolo en una desventaja. Para subsanar dicha deficiencia, se incorporan metodologías rápidas que consisten en evaluar las comunidades biológicas (insectos) a través de una biovaloración, puesto que los macroinvertebrados evidencian cualquier perturbación del sistema acuático en tiempo real.

Los índices frecuentemente empleados para analizar la calidad de sistemas lóticos y lénticos son Biological Monitoring Working Party (BMWP) y el índice Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT), debido a que presentan un bajo nivel taxonómico (Familia), que permiten evaluar la calidad del agua. Al ser metodologías de rápida aplicación, requieren una baja inversión de tiempo y dinero. (Endara, 2012, p.34)

En el Ecuador, los trabajos realizados con bioindicadores es reducido, por lo que la información disponible es escasa, contrario a lo que sucede en países de la Unión Europea y Estados Unidos, que disponen de banco de datos con la información específica de cada organismo que se encuentra en el medio. (Roldán, 1999, p. 376)

En síntesis, el incremento de vertidos con elevada carga contaminante generados por los asentamientos humanos aledaños y sus múltiples actividades, afectan a ecosistemas sensibles, por ello se requiere la implementación de nuevas metodologías que permitan detectar puntos de contaminación. Considerando que al agua dulce se la emplea para diversos fines (consumo humano y animal, irrigación, recreación, fuente de diversidad, etc.), es indispensable su conservación, puesto que su deterioro implicaría una serie de conflictos sociales, políticos y ambientales.

JUSTIFICACIÓN

El agua es un recurso vital para los seres vivos, lo que hace que la exigencia de la calidad de la misma varíe en función del uso deseado. En la actualidad, las reservas de agua limpia en el mundo cada vez son menores debido al incremento de la contaminación de las reservas hídricas. Un ejemplo claro del mismo es la alteración de la calidad del agua del río Copueno, ubicado entre la parroquia General Proaño y la ciudad de Macas; debido al incremento poblacional alrededor del curso hídrico.

Actualmente, las políticas relacionadas con el recurso agua son más estrictas, exigiendo además garantizar la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos. Ésta preocupación por el cuidado de los ecosistemas fluviales motiva la ejecución del presente trabajo, orientándose a determinar la calidad del agua del Río Copueno, en el tramo Paccha-Jardín del Upano, en vista que no se evidencia asentamientos humanos en la zona alta de Paccha; mientras que a lo largo del cauce del río existe un incremento progresivo de la población.

El método para determinar la calidad del agua consiste en inventariar los macroinvertebrados bentónicos; es decir, organismos que habitan en un lecho fluvial y que pueden ser observados a simple vista. La ausencia o presencia de los mismos nos ayudará a diagnosticar el estado actual del Río Copueno, obteniéndose evidencias del grado de afectación del mismo. (Álvarez *et al.*, 2007, pp. 9-12)

El estudio de macroinvertebrados cada vez es más aceptado a nivel mundial, puesto que al ser un método directo y rápido, requiere únicamente del muestreo e identificación de especies; obteniéndose resultados fiables a corto tiempo (Aguirre, 2011, pp.29-30), lo que le convierte en una herramienta idónea para el estudio de ecosistemas lóticos.

El Río Copueno, por la belleza natural y paisajística que brinda a la zona y por su cercanía a centros urbanos, es empleado por propios y extraños principalmente con fines recreativos debido al clima excepcional (Húmedo Sub-Tropical) que posee el Cantón la mayor parte del año; de igual forma, este recurso es de utilidad para aquellos moradores que aún no cuentan con el servicio básico de agua potable, pues aprovechan el lecho fluvial para solventar su necesidad de consumo. Éstas, se convierten en razones muy importantes que obligan a las autoridades y a los ciudadanos a brindar un adecuado manejo y conservación de los recursos para que de esa forma se mantenga y garantice una calidad óptima para dichos usos.

OBJETIVOS

General

Evaluar la calidad del agua del Río Copueno, en el tramo Paccha- Jardín del Upano (Cantón Morona), empleando la técnica de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores.

Específicos

- Caracterizar las diferentes especies de macroinvertebrados identificados en diferentes puntos, ubicados en la zona alta, media y baja del tramo Paccha-Jardín del Upano.
- Comprobar la calidad que presenta el agua del Río Copueno en relación a dos índices biológicos: Biological Monitoring Working Party para Colombia (BMWP/Col), y Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT).
- Reconocer la variabilidad de los macroinvertebrados presentes en el Río Copueno en épocas de alta y baja pluviosidad.
- Proponer medidas y estrategias preventivas para conservar la calidad del agua del Río Copueno en el tramo delimitado del estudio.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. El agua y su ciclo hidrológico

El agua es un elemento de vital importancia para los seres vivos, está presente en océanos, mares, lagos, ríos, quebradas y otros, por lo que es catalogado como el recurso más abundante del planeta. Es un elemento formado por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, y es el único recurso que se encuentra en la atmósfera en estado líquido, sólido y gaseoso.

El agua que existe en la tierra es constante y cumple la ley de conservación que señala: “La materia no se crea ni se destruye, solo se transforma”, lamentablemente esta transformación está asociada con la perturbación de la calidad del recurso, es por ello que en la actualidad, el agua “limpia” es un recurso menos disponible pues su demanda ha incrementado a velocidades sorprendentes.

El ciclo hidrológico da inicio cuando el agua de mares y océanos se evapora a la atmósfera, una vez allí se condensa y regresa a la Tierra bajo forma de lluvia, granizo o nieve. En las zonas altas, el agua llega al suelo de forma variable, debido a los diferentes tipos de precipitaciones que se manifiesta en dichos lugares; contribuyendo así a la formación y alimentación de los cursos hídricos. El agua que precipita retorna a la atmósfera por procesos de evaporación y evapotranspiración, razón por la cual es importante la presencia de vegetación. El agua que no es captada por las plantas y llega al suelo se infiltra hasta la capa freática pasando a ser agua subterránea. El agua que no llega a infiltrarse fluye hasta el curso de agua superficial más cercano, a esto se le conoce como escorrentía. Finalmente el agua de los ríos se dirige a los océanos y mares y el ciclo se repite. (Aguirre, 2011, p.9)

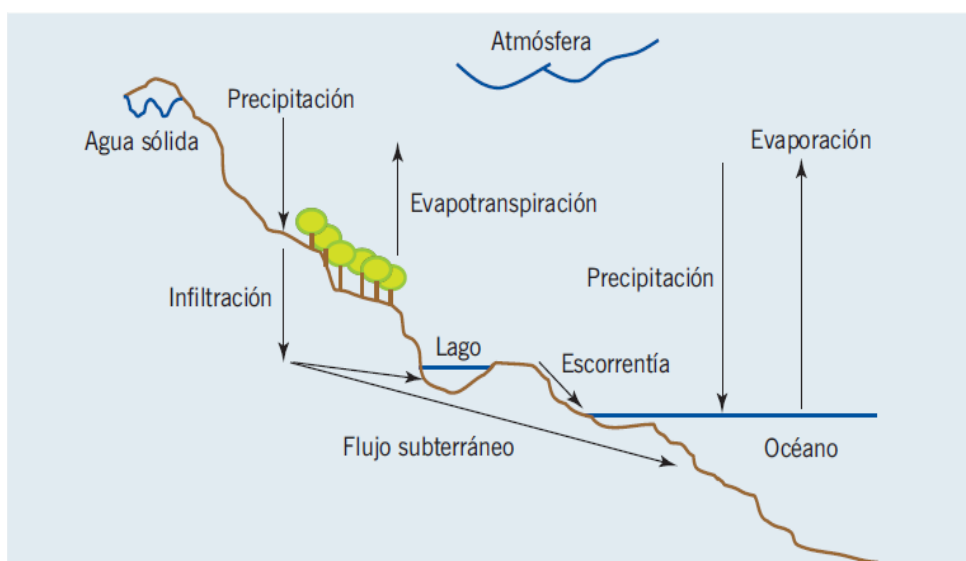


Figura 1-1: Dinámica del ciclo hidrológico

Fuente: (Pozo *et al.*, 2009, pág. 40), El marco físico: la cuenca.

1.2. Marco legal del agua en el Ecuador

El manejo y conservación del agua se encuentra regulado por la Constitución Política del Estado y la legislación ambiental vigente, en el cual se dictan las políticas asociadas con la gestión integral de los recursos hídricos.

Entre el marco legal regulatorio se mencionan los siguientes artículos y enunciados:

Constitución de la República del Ecuador (CRE, 2008)

Título II: Derechos

Capítulo Segundo: Derechos del buen vivir

Sección Primera: Agua y alimentación

Art. 12.- “El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.” (Constitución de la República del Ecuador, 2008, p.29)

Capítulo Segundo: Derechos del buen vivir

Sección Segunda: Ambiente sano

Art. 14.- “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.” (Constitución de la República del Ecuador, 2008, p.29)

Título VII: Régimen del buen vivir

Capítulo Segundo: Biodiversidad y recursos naturales

Sección Sexta: Agua

Art 411.- “El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua.” (Constitución de la República del Ecuador, 2008, p.182)

Dentro del Marco Legal Ambiental del Ecuador, se considera el Texto Unificado de Legislación Secundaria (TULSMA), que contiene las normas y reglamentos relacionados con el tema Ambiental; éste cuerpo normativo consta de 9 libros, con sus respectivos anexos. El Acuerdo N°097A, referido a la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes, constituye la reforma al TULSMA, donde se establecen modificaciones, de acuerdo a la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.

Éste acuerdo, es de utilidad para la conservación de los recursos hídricos, pues establece los principios básicos para el control de la contaminación del agua, permisos de descarga, los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos, los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado. En caso de querer evaluar si las descargas, que se realizan a los cuerpos de agua, cumplen con la normativa, se puede recurrir a las tablas establecidas en este acuerdo. (Registro Oficial 387, 2015, pp.7-8)

Con la finalidad de garantizar el derecho humano al agua, así como de regular, gestionar, restaurar y preservar los recursos hídricos en sus distintas fases y estados, se promulgó la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, donde se consideran los Derechos de la Pachamama, tal como consta en el título III (Derechos, garantías y obligaciones), capítulo III (Derechos de la Naturaleza), artículo 64, que dice:

“La naturaleza o Pachamama tiene derecho a la conservación de las aguas con sus propiedades como soporte esencial para todas las formas de vida. En la conservación del agua, la naturaleza tiene derecho a:

- El mantenimiento del caudal ecológico como garantía de preservación de los ecosistemas y la biodiversidad;
- La protección de las cuencas hidrográficas y los ecosistemas de toda contaminación; y,
- La restauración y recuperación de los ecosistemas por efecto de los desequilibrios producidos por la contaminación de las aguas y la erosión de los suelos.” (Registro Oficial 305, 2014, p.16)

1.3. Calidad del Agua

Según Álvarez *et al.*, (2007, p.5), “La calidad del ambiente acuático es definida como la composición y bienestar de la biota en un cuerpo de agua”; mientras que para Alba-Tercedor, (1996, p.205), “ el término “calidad”, referido a las aguas continentales, no es un concepto absoluto ni de fácil definición. Por el contrario es un concepto relativo que depende del destino final del recurso”

El deterioro de la calidad del agua se genera cuando los caudales de descarga provenientes de las diferentes actividades antrópicas superan la capacidad de recuperación de un recurso hídrico (Arce *et al.*, 2009, p.6), produciendo desequilibrios en los ecosistemas acuáticos. En razón a lo mencionado, surge la necesidad de elaborar diagnósticos del estado de los cuerpos de agua, con la finalidad de proponer medidas para su preservación.

Las estrategias empleadas para diagnosticar la calidad de un curso de agua varían desde los métodos tradicionales hasta la aplicación de monitoreos biológicos. Los primeros consisten en determinar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de un ecosistema acuático, mientras que los segundos, identifican los organismos que se encuentren bien sea en las orillas de los cauces o dentro del mismo, permitiendo diagnosticar el estado de un recurso hídrico. Ambas estrategias, requieren la comparación de sus resultados con tablas valorativas, las cuales permiten conocer el estado del medio acuático.

En referencia a la técnica de monitoreo biológico, la detección de bioindicadores de contaminación se ha convertido en una valiosa alternativa para evaluar la calidad del agua en los sistemas acuáticos, pues permiten evidenciar el cambio de condiciones sobre éstos recursos; dicha evaluación biológica fue empleada en la elaboración del presente trabajo.

1.4. Contaminación del agua

El concepto de contaminación del agua es poco preciso, pero se lo puede definir como la incorporación de elementos extraños al medio acuoso, que inciden en el deterioro de la calidad del recurso, generando la pérdida de la condición “saludable” del medio acuático.

Según el Registro Oficial 387 (2015, p.9), la polución del agua es “cualquier alteración de las características físicas, químicas o biológicas, en concentraciones tales que la hacen no apta para el uso deseado, o que causa un efecto adverso al ecosistema acuático, seres humanos o al ambiente en general”

Los sistemas hídricos poseen la capacidad de contrarrestar la contaminación por medio de la dilución de contaminantes o por autodepuración; esta capacidad se ve alterada en la mayoría de los sistemas lóticos, pues muchos de los residuos generados por las actividades antrópicas (Aguas residuales urbanas, industriales, agrícola, entre otras) son descargados a los cuerpos de agua superficiales, provocando el desequilibrio de los mismos, superando la capacidad de autodepuración y dilución que estos poseen.

1.4.1. Contaminantes del agua

Los principales contaminantes presentes en el agua son la materia orgánica, microorganismos patógenos, compuestos químicos inorgánicos y orgánicos, grasas y detergentes, metales pesados, descargas industriales, residuos sólidos, entre otros. Según Medina *et al.*, (2009, pp. 11-12), los contaminantes se clasifican en:

- **Físicos:** Contaminantes que alteran el aspecto del agua, es decir las condiciones organolépticas (olor, color, sabor, condición estética); lo cual genera una afectación tanto a la flora como a la fauna apostada alrededor de los cuerpos de agua contaminada. Muchos de estos contaminantes se sedimentan, flotan o se diluyen, generando la pérdida de la calidad.
- **Químicos:** Este tipo de contaminantes perturba especialmente a la composición del recurso hídrico, pues se encuentran disueltos en el medio acuoso. Su origen puede deberse a descargas urbanas, agrícolas e industriales, siendo estos el medio propicio para el transporte de contaminantes orgánicos e inorgánicos.

Entre los componentes que mayor problema generan en los cuerpos de agua se encuentran los compuestos de nitrógeno, fósforo y materia orgánica, causantes de procesos de eutrofización y que ocasionan la disminución de la concentración de oxígeno disuelto, reduciéndose de esta forma la capacidad de autodepuración que tienen dichos cuerpos.

- **Biológicos:** Se refieren a los diferentes organismos biológicos (hongos, bacterias, virus, protozoos y parásitos) que entran en contacto con el agua y que pueden generar la proliferación de vectores y de ciertas enfermedades, que afectan tanto a personas como a los animales; los mismos pueden originarse a partir de las descargas de aguas residuales.

1.5. Ríos

De acuerdo con Encalada (2010, p.42), los ríos constituyen ecosistemas dinámicos con conexiones longitudinales (transporte y depósito de sedimentos), laterales (vegetación ribereña, erosión) y verticales (aguas subterráneas) que ocurren simultáneamente; la variable que define principalmente la morfología, estructura y diversidad biológica de los mantos acuáticos es el caudal, cuya fluctuación incide de manera importante sobre la diversidad y abundancia de las formas de vida en un río.

Un recurso hídrico saludable, es el hábitat de una amplia gama de especies de fauna y flora, y además proporciona una belleza paisajística; posee vegetación abundante en sus orillas, lo que contribuye a la protección de las riberas de los procesos erosivos, además de garantizar el abastecimiento de agua para el consumo. En cambio, un río degradado pierde la capacidad de albergar a especies vegetales y animales, además de ser proclive a procesos erosivos, e incluso genera un incremento del riesgo de desbordamientos, la calidad del agua de estos disminuye, originando escasez de líquido vital.

1.5.1. Componentes de un río y su relación con el desarrollo de bioindicadores.

Según Carrera *et al.*, (2001, pp. 21-22), las áreas que están relacionadas con un río son:

- **Poza:** son zonas profundas en donde el agua circula lentamente y por lo general poseen sedimentos acumulados en el fondo. Se forman por el depósito de madera, rocas y otros elementos, los cuales ayudan a la diversidad del cauce.

Esta zona es favorable para el crecimiento de macroinvertebrados, pues estas áreas proporcionan un buen lugar para descansar, esconderse y alimentarse.

Las pozas y la zona de amortiguamiento de un río, son excelentes lugares para evidenciar la alteración de las cuencas, pues la continua acumulación de sedimentos origina que estos hábitats se pierdan o se vuelvan inestables.

- **Rápido:** son secciones poco profundas y turbulentas, pues poseen rocas que están parcial o totalmente sumergidas, lo cual origina un movimiento rápido del agua y permitirá el proceso de oxigenación producto del constante golpeteo con las rocas. Un río con condición alterada, posee exceso de sedimento en éstos sectores, lo que incide en el desarrollo de macroinvertebrados en estos depósitos. (Mafla *et al.*, 2005, p.20)

- **Corriente:** son sectores en donde el agua corre pero sin turbulencia pues poseen piedras pequeñas en el fondo. Es un intermedio entre pozas y rápidos.

Éste hábitat, permite el crecimiento y desarrollo de un importante número de macroinvertebrados debido a los sustratos que arrastra, los mismos que sirven de alimento para los diferentes bioindicadores.

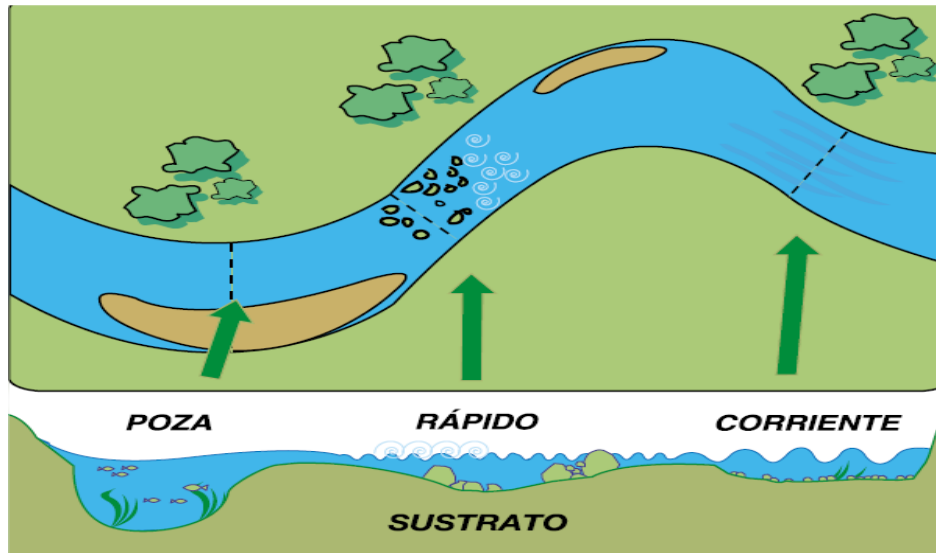


Figura 2-1: Elementos de un río: Poza, Rápido, Corriente y Sustrato

Fuente: (Carrera *et al.*, 2001, pág. 22), Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua.

1.6. Biomonitoreo o monitoreo biológico

Un monitoreo biológico (o biomonitoreo) se trata de un diagnóstico que se lo realiza a un curso hídrico cuando hay probabilidad de que esté siendo afectado, es decir analiza los cambios en la salud de un río, evaluando las zonas ribereñas, así como los organismos (entre ellos los macroinvertebrados) que se encuentren en el recurso.

Dichos organismos están presentes en el medio y tienen la capacidad de adaptarse a determinadas condiciones ambientales, donde presentan límites de tolerancia en caso de existir ciertas alteraciones en el agua. Frente a esto podemos distinguir organismos sensibles que son intolerables a las condiciones del medio acuoso, y organismos tolerables que se adaptan a las mismas. En caso de condiciones letales, los organismos sensibles mueren y los organismos tolerables empiezan a proliferarse, de modo que cualquier cambio en la composición y estructura de los organismos, serán evidencia de contaminación. (Alba-Tercedor, 1996, p. 204)

Al evaluar la calidad del agua a través de comunidades de organismos, surge el término de *calidad biológica*, referido a la capacidad que tiene el agua para permitir el desarrollo de organismos biológicos, debido a las condiciones a las que se encuentren expuestos.

Para que los resultados de un biomonitoreo tengan cierta validez, es recomendable realizarlo en diferentes intervalos de tiempo y con muestras tomadas a lo largo del curso hídrico, pudiéndose conocer la calidad tanto en las zonas altas, bajas y sus proximidades y de esta forma analizar cualquier tipo de alteración que se presente en el río. (Mafla *et al.*, 2005, pp. 25-26)

1.7. Bioindicadores

Son organismos acuáticos de tipo macroinvertebrado, que proporcionan información acerca de las condiciones y/o características del sistema al que pertenecen. Un bioindicador es vulnerable al medio en el que habita, pudiendo desarrollarse y reproducirse, lo que incide en el número y el tipo de organismo presente. Frente a esto se puede afirmar que un bioindicador se refiere a la población mayoritaria de individuos de la misma especie.

Por ejemplo, en cursos hídricos fríos y con alta oxigenación, dominan las órdenes de ephemeropteros, trichopteros y plecoteros, mientras que en ríos con alto grado de alteración, las poblaciones dominantes son de las órdenes de los oligoquetos, dípteros y ciertos moluscos. Finalmente en aguas intermedias, es decir aguas que empiezan a mostrar cierto grado de contaminación, se encuentran los turbelarios, hirudíneos, dípteros, y ciertos ephemeropteros y trichopteros. (Roldán, 1999, p. 376)

Por lo mencionado, la presencia de ciertos organismos proporciona un índice inequívoco de las condiciones que prevalecen en un cuerpo de agua. Entiéndase como índice a una jerarquización que busca cuantificar las características de un sistema de estudio, sin la necesidad de abordarlo totalmente. (Martínez, 2010, pp. 18-19)

El empleo de bioindicadores es cada vez mayor para estudios de contaminación de aguas superficiales, y reduce notoriamente las actividades de campo y laboratorio; pues para su aplicación, se requiere únicamente la identificación y la cuantificación de los organismos, y posteriormente utilizarlos en los diferentes índices que establecen la calidad del agua.

1.8. Macroinvertebrados acuáticos

Existen una gran variedad de indicadores biológicos de ecosistemas fluviales (Peces, Macrófitos, Macroinvertebrados, Fitoplancton, Diatomeas), sin embargo, el grupo más representativo y que más se emplea son los macroinvertebrados acuáticos, debido a su amplia distribución y riqueza de especies, con diversidad de respuestas a los gradientes ambientales. Además de lo citado anteriormente, los macroinvertebrados aportan con una información espacial y temporal, es decir, que las variaciones que estos puedan tener no representan únicamente a un determinado tramo, ni al momento en el que se estudian. (Samanez *et al.*, 2014, pp. 10-37)

Los macroinvertebrados son organismos que se pueden observar a simple vista, pues al ser microscópicos, poseen dimensiones relativamente altas (De 2mm a 3cm), razón por la cual se emplea el prefijo “macro”. Son invertebrados porque carecen de huesos y acuáticos porque viven en los cuerpos de agua dulce y sus alrededores (quebradas, esteros, ríos, lagos o lagunas). (Carrera *et al.*, 2001, p. 28)

Estos organismos son primordiales en los ecosistemas acuáticos, debido que consumen la materia orgánica generada en el río por organismos fotosintéticos y se convierten en la principal fuente de alimento de los vertebrados mayores. Frente a esto, una alteración de dicha comunidad, afecta directamente a la cadena trófica. (Samanez *et al.*, 2014, p. 10)

Según la Alba-Tercedor *et al.*, (2005, p. 9), los macroinvertebrados son de suma utilidad para detectar los siguientes tipos de alteraciones:

- **Fisicoquímicas:**
 - ✓ Contaminación térmica
 - ✓ Cambios en la mineralización del agua
 - ✓ Contaminación orgánica
 - ✓ Eutrofización
 - ✓ Contaminación por metales
- **Hidromorfológicas**
 - ✓ Alteración del régimen del caudal
 - ✓ Alteración de la morfología del lecho fluvial

La manera en que reaccionan estas comunidades a las perturbaciones -sean estas de carácter antrópico o natural- son de utilidad para medir los impactos que genera la contaminación, pues una perturbación de las condiciones físicas y químicas del agua, generarían cambios en la estructura y composición de las comunidades acuáticas. Según (Mafla *et al.*, 2005, p. 33), estos organismos se emplean con gran frecuencia para estimar la contaminación o buena calidad que presentan los cuerpos hídricos, pues algunos requieren de condiciones óptimas para prosperar, mientras que otros crecen y abundan en sitios perturbados.

1.8.1. Ventajas del uso de macroinvertebrados

El empleo de indicadores biológicos presenta un sinnúmero de ventajas, en relación a los análisis físico-químicos tradicionales, que según Roldan (2003, pp. 23-24) serían las siguientes:

- Su recolección es sencilla, pues son abundantes y de amplia distribución.
- Presentan una condición sedentaria, es decir poca capacidad de movimiento, razón por la cual se ven afectados directamente por el vertido de sustancias al cauce.
- Poseen un ciclo de vida largo, lo cual es útil para el estudio de variaciones que se originen en períodos de tiempo considerables.
- Son sensibles a los diversos poluentes y por ello todas las especies responden de forma rápida a los cambios.

- La respuesta biológica es integrativa y acumulativa, pues los efectos engloban a un gran número de individuos.
- Reducen los costos y el tiempo en los trabajos de monitoreo de calidad del agua.
- Poseen una taxonomía conocida especialmente a nivel de familia y género
- Al ser organismos de fácil identificación por el tamaño que presentan, se facilita el trabajo de caracterización de un recurso, de esta forma cualquier experto en el tema podría diagnosticar la calidad del agua con solo observarlos.

1.8.2. Limitaciones del uso de macroinvertebrados

De acuerdo con Ramírez (2009, pp. 36-37), el empleo de macroinvertebrados como método para determinar la calidad de un cuerpo hídrico, al igual que cualquier otro proceso y técnica, presenta ciertas limitaciones como las que se mencionan a continuación:

- Los bioindicadores a diferencia de los métodos físico-químicos tradicionales, carecen de una expresión numérica precisa.
- Presenta carencia de herramientas de diagnóstico para determinar las causas del impacto detectado.
- Durante el muestreo se requiere mayor cantidad de tiempo, en comparación con metodologías fisicoquímicas.
- Se pierden ciertas características físicas que son de utilidad para su clasificación, durante la conservación de los especímenes en alcohol.
- Hay una importante carga de sustrato durante los muestreos que ocasiona que algunas especies pasen por desapercibidas o en el peor de los casos, éste sustrato desintegre a los indicadores.
- Algunos grupos presentan dificultad para su interpretación, por lo que es necesario tener conocimiento de sus ciclos de vida.

1.8.3. Alimentación de los macroinvertebrados

La vegetación de ribera u orilla es de suma importancia para la subsistencia de diversos organismos, entre ellos los macroinvertebrados, pues su alimentación es muy variada según lo que se evidencia en la siguiente tabla:

Tabla 1-1: Formas de alimentación de los macroinvertebrados acuáticos

				
Plantas acuáticas	Invertebrados y peces	Elementos nutritivos del suelo y agua	Animales en descomposición	Sangre de otros animales

Realizado por: Katherine Chacón V. 2017





Fuente: (Medina *et al.*, 2009, p. 18), Determinación de la calidad del agua del río Malacatos mediante fauna bentónica como bioindicadora y alternativas de mitigación de la contaminación.

1.8.4. Formas de los macroinvertebrados

Los macroinvertebrados presentan formas muy variadas, lo que les permite desarrollarse óptimamente en diferentes hábitats. Pueden ser estos redondos, espiralados, ovalados, entre otros.

Véase Tabla 2-1

Tabla 2-1: Formas que presentan los macroinvertebrados acuáticos





			
Redondeados	Ovalados	Alargados	Espiralados

Realizado por: Katherine Chacón V. 2017

Fuente: (Carrera *et al.*, 2001, p. 29), Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua.

En lo referente al número de extremidades, varía desde los que no poseen hasta los que tienen 10 patas, como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 3-1: Número de extremidades de los macroinvertebrados acuáticos

			
10 patas	8 patas	6 patas	Sin patas

Realizado por: Katherine Chacón. V. 2017

Fuente: (Carrera *et al.*, 2001, p.29), Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua.

1.8.5. Hábitats de los macroinvertebrados

Estos organismos presentan hábitats muy variados, lo cual los hace diferir a unos de otros; por ello, es aconsejable que para diagnosticar la calidad del agua empleando estas técnicas biológicas, se consideren todos los hábitats del área de muestreo.

Unos pueden estar adheridos a piedras, troncos, vegetación, otros prefieren habitar en las orillas, pueden enterrarse en sustratos arenosos o fangosos, o simplemente se encuentran nadando o sobre la superficie. Algunos organismos prefieren las corrientes rápidas desarrollando adaptaciones corporales como ganchos, ventosas y cuerpos aplanados, con la finalidad de resistir la velocidad de la corriente, mientras que otros prefieren los remansos de los ríos, debido a que no desarrollan mecanismos de resistencia a la corriente. (Medina *et al.*, 2009, pp. 19-20) En síntesis, los macroinvertebrados pueden vivir en:

- Hojas flotantes o en sus restos
- Troncos caídos y en descomposición
- Sustratos arenosos o lodosos
- Sobre o debajo de las piedras
- Sitios correntosos
- Aguas estancadas (lagos, lagunas, pozas, charcos)

1.8.6. Modos de vida de los macroinvertebrados

Los macroinvertebrados acuáticos pueden estar distribuidos en diferentes superficies, sea en el fondo de los cursos hídricos o nadando libremente, sobre arena o rocas, adheridos a troncos o en la vegetación, etc.

Para poder distinguirlos se plantean los siguientes modos de vida:

1.8.6.1. Neuston.

Engloba a los organismos que sobreviven en la superficie del agua, bien sea caminando, patinando o brincando. Presentan impermeabilidad, ya que sus uñas, patas y exoesqueleto están recubiertos con una cera, lo cual evita que se hundan, venciendo así la tensión superficial.

Las familias que lo representan son *Gerridae*, *Hidrometridae* y *Mesoveliidae*. (Roldan, 2003, p. 12)

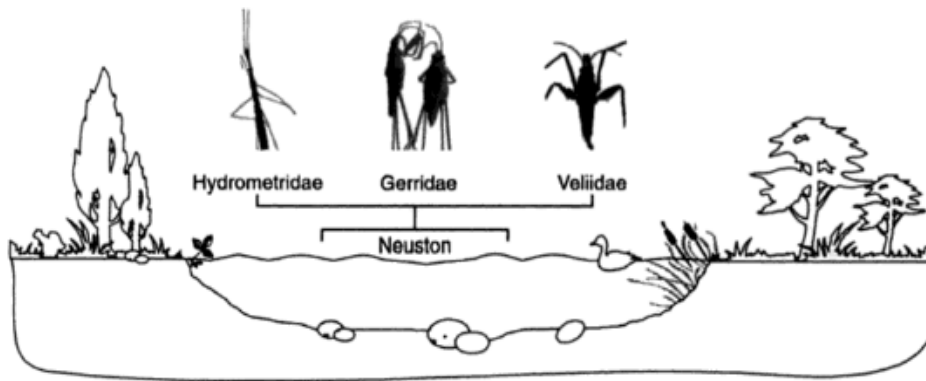


Figura 3-1: Neuston de un ambiente acuático

Fuente: (Roldan, 2003, pág. 12), Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col

1.8.6.2. Necton.

Son aquellos organismos que están nadando libremente en el agua. Algunos organismos del orden Hemiptera (*Corixidae*), Coleoptera (*Gyrinida*) y Ephemeroptera (*Baetidae*) integran esta clasificación. (Roldan, 2003, p.12)

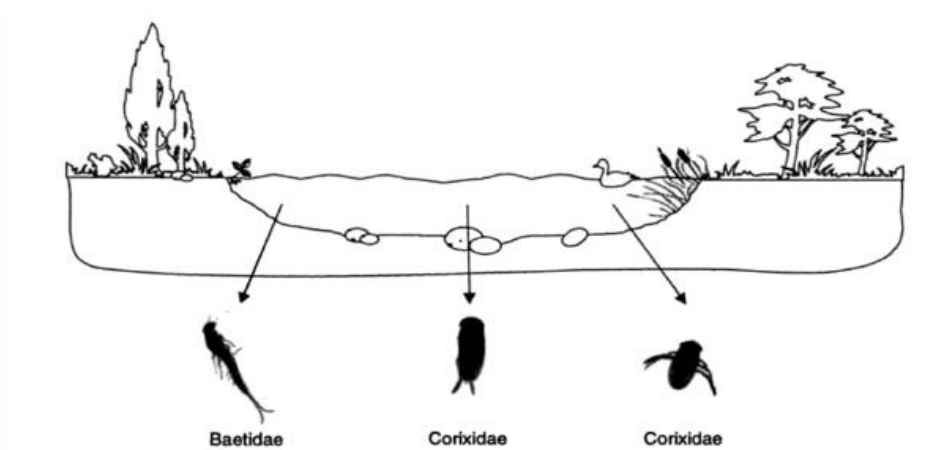


Figura 4-1: Necton de un ambiente acuático

Fuente: (Roldan, 2003, pág.13), Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col

1.8.6.3. Bentos.

Son los organismos que viven en las profundidades de los sistemas hídricos (lóticos y lénticos), adheridos a piedras, rocas, troncos, restos vegetales y otros sustratos similares, siendo estos de las órdenes Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Megalóptera y Díptera. Otros, organismos pertenecientes a la familia de las Euthyplociidae, pueden permanecer enterrados en los medios arenosos o fangosos. Las familias Blephariceridae perteneciente al orden de los Dípteros, se adhieren a rocas, gracias a su sistema de ventosas, y las del orden Odonata se encuentran adheridas bien sea a vegetación sumergida o emergente. (Medina *et al.*, 2009, pp. 22-23)

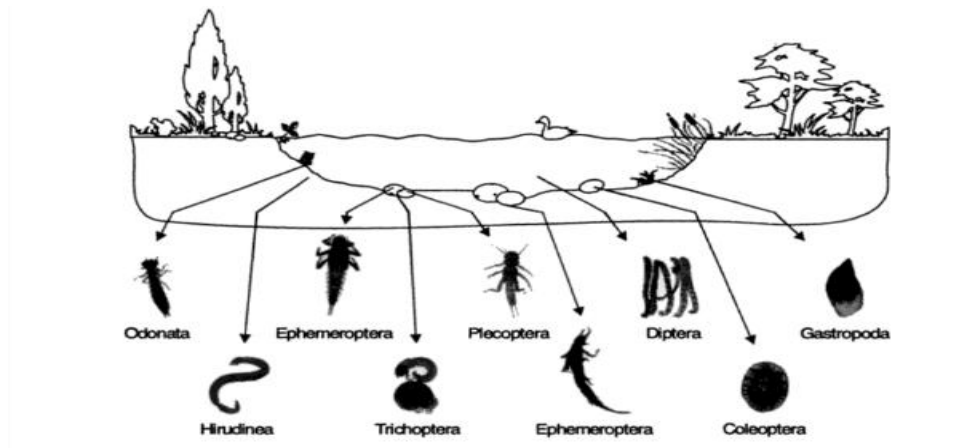


Figura 5-1: Bentos de un ambiente acuático

Fuente: (Roldan, 2003, pág. 13), Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col

1.9. Factores que controlan la distribución de macroinvertebrados

Según Arce *et al.*, (2009, pp. 13-14), los factores más importantes para la distribución de macroinvertebrados en los cauces de agua son:



- **Velocidad de corriente:** A mayor velocidad de corriente, mayor variación de la fauna bentónica con respecto a ambientes lénticos; es decir, cuando los hábitats tienen sustratos pedregosos, este factor aumenta. De igual forma, la velocidad de corriente interviene sobre la diversidad de organismos indicadores, pues afecta a la distribución y abundancia de hábitats y refugios. (Pozo *et al.*, 2009, pp. 133-138)
- **Tipo de sustrato:** Se relaciona con el parámetro anterior, debido que cuando la velocidad de corriente es mayor, el sedimento que se presenta en el fondo del lecho del río o en sus alrededores, presenta mayor granulometría, dificultando la retención de sedimentos y de nutrientes, por lo que albergarán pocas especies.
- **Factores físico-químicos:** La alteración de estos factores influye sobre la fauna bentónica, principalmente sobre la riqueza taxonómica. Con respecto al oxígeno disuelto, cuando sus niveles de saturación son bajos, disminuye la riqueza taxonómica, lo cual afecta a los grupos con respiración branquial como efemerópteros, plecópteros y tricópteros. (Moya, 2006, pp. 5-6)
- **Factores bióticos:** Referido a la disponibilidad de alimento principalmente.




1.10. Descripción morfológica de ciertos macroinvertebrados





Los macroinvertebrados, al ser especies con alta variedad, presentan ciertos rasgos morfológicos que permiten clasificarlos en diferentes clases, órdenes y familias; los mismos que son empleados como indicadores de la calidad del agua.

Según Ramírez (2009) y MMAYA (2012), las características de las principales órdenes de macroinvertebrados son las que se detallan en la tabla 5-1:

Tabla 4-1: Descripción morfológica de algunas órdenes de macroinvertebrados

NOMBRE COMÚN	ORDEN	CARACTERÍSTICAS	
Moscas de Mayo	Ephemeroptera 	Las ninfas son acuáticas y los adultos voladores	
		Las fases de su desarrollo son: Ninfa-Subimago (estado intermedio entre imago y ninfa) - Imago (estado adulto)	
		Poseen de 2 a 3 colas filiformes	
		Los adultos tienen 2 pares de alas	
		Presentan el abdomen con un par de cercos alargados	
		Tienen uñas tarsales únicas	
		Generalmente son ovíparos	
		Viven en aguas corrientes y oxigenadas	
		Fase indicadora: Ninfas	
		Familias más comunes: Baetidae, Caenidae, Leptohephyidae	
		Ninfas	Cabeza prognata
			Ojos compuestos
			Boca de tipo masticador
	El abdomen termina en 2 cercos		
	Posee de 4 a 7 pares de traqueobranquias		
Adultos	Piezas bucales vestigiales		
Moscas de Piedra	Plecoptera 	Las ninfas son acuáticas y los adultos voladores	
		Las fases de su desarrollo son: Imago-Ninfa	
		Poseen 4 alas membranosas	
		Presenta piezas bucales masticadoras y de algunos adultos Vestigiales	
		Abdomen con un par de cercos sencillos	
		Uñas tarsales pares	
		Viven en aguas rápidas, turbulentas, frías y oxigenadas.	
		Fase indicadora: Ninfas	
		Familia común: Perlidae	
		Ninfas	Ausencia de alas
			Presencia de traqueobranquias
			Perecen en su desarrollo porque son alimento de peces
			Emigran al barro para verter sus pieles
Adultos	Algunas especies son ovovivíparas		
	Su cabeza es prognata, con un par de ojos compuestos y con antenas largas y filiformes.		

Libélulas/ Caballitos del diablo	 <p style="text-align: center;">Odonata</p>	Las ninfas son acuáticas y los adultos voladores		
		Presentan colores llamativos de utilidad para camuflarse		
		Se desarrollan en aguas limpias y bien oxigenadas, con poca o ninguna corriente		
		Son depredadores de régimen insectívoro		
		Fase indicadora: Larvas		
		Familias más comunes: Libellulidae, Coenagrionidae, Calopterygidae, Gomphidae		
		Ninfas	Cabeza prognata con antenas reducidas	
			Aparato bucal con estructura similar a una máscara. Se extiende y captura las presas	
			Patas marchadoras	
		Adultos	La copula se prolonga entre 5 y 30 minutos	
Las hembras tienden a ovopositar en aguas no contaminadas				
Chinches de agua	 <p style="text-align: center;">Hemiptera</p>	Las fases de su desarrollo son: Ninfa-Adulto		
		Poseen 4 alas, el primer par es engrosado y membranoso, y el segundo par es membranoso		
		Sus piezas bucales son succionadoras		
		Su aparato bucal tiene un pico que aloja a 2 pares de estiletes		
		Sus ojos son prominentes y bien desarrollados		
		Casi todos son ovíparos		
		La postura de huevos se realiza sobre el suelo o las plantas		
		Respiran por tubos anales, canales abdominales o reservorios dorsales		
		Son depredadores de insectos acuáticos		
		Se desarrollan en remansos de corriente o en aguas estancadas.		
		Familias comunes: Corixidae, Gerridae, Macroveliidae, Veliidae		
		Polillas de agua	 <p style="text-align: center;">Trichoptera</p>	Solo las formas larvales son acuáticas, los adultos son voladores
				Las fases de su desarrollo son: Larva-Pupa-Adulto
Las larvas son de 2 tipos: Campodeiforme y Eruciforme				
Campodeiforme:	Cuerpo comprimido y cabeza prognata			
	No tienen traqueobranquias			
Eruciforme	Cuerpo cilíndrico y cabeza hipognata			
	Poseen traqueobranquias			
	Construyen estuches para desarrollarse y vivir			
Poseen una estructura curva, con abdomen segmentado y con pequeñas patas saliendo del torax.				
Tienen reproducción sexual anfigónica				
La mayoría habita en ríos y arrollos de aguas limpias y bien oxigenadas				
Fase indicadora: Ninfas				
Familias más comunes: Hydropsychidae, Leptoceridae, Philopotamidae				

Ciempiés de agua	Megaloptera 	Solo las formas larvales son acuáticas	
		Poseen tamaños grandes y colores oscuros	
		Cuerpo alargado	
		Dos pares de ganchos en la parte terminal del cuerpo	
		Viven en aguas corrientes limpias	
		Son depredadores	
		Familias comunes: Sialidae, Corydalidae.	
Escarabajos	Coleóptera 	Reproducción anfigónica	
		Las fases de su desarrollo son: Huevo-Larva-Pupa-Adulto.	
		Son ovíparos	
		Los huevos son ovoides y se depositan en sitios resguardados	
		La mayoría de familias viven en aguas lólicas y lénticas, limpias y oxigenadas, mientras que otras prefieren aguas estancadas.	
		Pueden ser herbívoros, carnívoros o dentívoros	
		Fase Indicadora: Larvas	
		Familias más comunes: Elmidae, Psephenidae, Dytiscidae, Hydrophilidae	
		Adultos	Alas anteriores en forma de estuche y endurecidas
		Larvas	Poseen una cápsula esclerotizada en la cabeza
Moscas/ Zancudos	Diptera 	Es el orden más numerosos y diversificado del mundo.	
		Solo las formas inmaduras son acuáticas, y se desarrollan en líquidos putrefactos; las pupas y los adultos son voladores	
		Producen enfermedades como la malaria, enfermedad del sueño, elefantiasis y fiebre amarilla.	
		Presentan una cabeza bien desarrollada	
		Cuerpo alargado y blando, cubierto de cerdas	
		Son de coloración amarillenta, blanca o negra	
		Las fases de su desarrollo son: Huevo-Larva-Pupa-Adulto	
		Algunas especies son ovovivíparas y otras son vivíparas	
		Son diurnos y realizan sus actividades en días soleados	
		Fase indicadora: Larvas	
Familias más comunes: Simuliidae, Tipuliidae, Dixidae, Chironomidae			
Mariposas	Lepidoptera 	De tamaño mediano a pequeño y colores oscuros	
		Cuerpo alargado	
		Poseen branquias ramificadas	
		Fabrican capullos para que habite la larva	
		Viven en sistemas lólicos con sustratos pedregosos y aguas oxigenadas	
		Familia más común: Pyralidae	

Realizado por: Katherine Chacón V. 2017

Fuente: (MMAYA, 2012, pp. 26-83), Guía para la evaluación de la calidad acuática mediante el índice BMWP/Col; (Ramírez, 2009, pp. 55-93), Bioindicadores de la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Tolantongo, Hidalgo

1.11. Impactos que alteran la comunidad de macroinvertebrados

1.11.1 Contaminación del agua

Los vertidos procedentes de núcleos urbanos e industriales generan un fuerte impacto a los ecosistemas fluviales, pues las sustancias que llegan a los ríos provocan la disminución del oxígeno disuelto y la incorporación de ciertas sustancias químicas ajenas al medio, generando perturbaciones y desaparición de ciertas comunidades de macroinvertebrados y especies que ahí se desarrollaban, siendo reemplazados por especies tolerantes a condiciones extremas.

1.11.2 Eutrofización

Es un fenómeno que ocurre como consecuencia del aumento de nutrientes en el agua, principalmente nitratos (por actividades agropecuarias) y fosfatos (procedentes de detergentes). Esto repercute en el crecimiento desmesurado de organismos fotosintéticos (algas), que debido a su acumulación excesiva, pueden consumir el oxígeno disuelto del agua, afectando directamente a las especies acuáticas, entre ellas los macroinvertebrados.

1.11.3 Alteraciones morfológicas

Son los cambios que sufre el río en su apariencia interna y externa (profundidad, ancho, caudal, flujos de agua, hábitats, color, etc.). Dichos cambios pueden ser ocasionados por la construcción de represas, captación de caudales para riego u otros usos, y actividades de extracción minera, ocasionando que los diferentes hábitats de los macroinvertebrados se pierdan y como consecuencia directa disminuya la diversidad de los mismos.

1.11.4 Especies invasoras

Este fenómeno hoy en día se ha convertido en una gran amenaza para los ecosistemas tanto terrestres como acuáticos. Muchas especies alóctonas son capaces de adaptarse a las nuevas condiciones, desplazando a las especies autóctonas y alterando los hábitats física y químicamente. En este contexto, las especies invasoras ponen en riesgo la existencia y permanencia de los macroinvertebrados de los ríos.

1.11.5 Alteración de la vegetación ribereña

La vegetación de estos sitios cumplen cierta funcionalidad en los ecosistemas acuáticos, entre estas se destacan: la estabilización de los márgenes, retención de sedimentos, nutrientes y contaminantes, además contribuye al desarrollo de hábitats propicios para el crecimiento de macroinvertebrados, puesto que proporcionan alimentos y regula la temperatura del agua, favoreciendo al desarrollo de microclimas. Por lo tanto, cualquier afectación sobre éste factor, incidiría negativamente en las comunidades de macroinvertebrados. (Ladrera, 2012, pp.28-29)

1.12. Métodos de recolección de macroinvertebrados

Según Medina *et al.*, (2009, pp. 24-28), los métodos de recolección se clasifican en:

1.12.1 Cualitativos

- **Red de tipo D-net:** Se emplea para realizar barridos en las orillas o en lugares complejos de muestrear, por ejemplo en aguas profundas. Por la forma triangular que posee, se adapta perfectamente a superficies irregulares (Samanez *et al.*, 2014, p. 39). Tras cada redada, se coloca el material sobre un cedazo para eliminar los sustratos, y los bioindicadores se colocan en frascos con alcohol para su posterior revisión. Véase figura 6-1, literal a).
- **Red de mano o pantalla:** Es útil para aguas poco profundas, que posean corriente o se encuentren estancadas. Requiere de dos personas para el muestreo donde una se coloca en contracorriente sosteniendo la red y realizando movimientos oscilatorios (izquierda-derecha), mientras que la otra persona ubicada en dirección a la corriente, remueve el fondo bien sea con los pies o manos. Para el muestreo con esta red, se recomienda el análisis del material in-situ, caso contrario se procede de igual forma que el método anterior (Samanez *et al.*, 2014, p. 39). Véase figura 6-1, literal b).
- **Recolección manual:** A diferencia de los métodos anteriores, este requiere mayor tiempo para su ejecución, puesto que consiste en levantar ciertos materiales donde se encuentran los macroinvertebrados (piedras, troncos, ramas, etc.). La captura debe ser cuidadosa, empleando pinzas para evitar dañar la estructura de los bioindicadores (Samanez *et al.*, 2014, p. 39). El material recolectado es almacenado en frascos que contienen alcohol, y se considera que el muestreo finaliza cuando la presencia de organismos es repetitiva.

1.11.6 Cuantitativos

- **Red Surber:** Consta de una red sujeta entre dos marcos metálicos. Al igual que la red de mano, esta se coloca en contracorriente, mientras se remueve el fondo del lecho del río con la mano; de esta forma, el material que emerge queda atrapado en la red, la cual debe ser vaciada en un recipiente que contendrá preservante (alcohol) para su análisis posterior. Esta red puede emplearse para una recolección cualitativa, colocándose sobre varios puntos del recurso en estudio. Véase figura 6-1, literal c).
- **Draga Ekman:** Es óptima para el muestreo de fondos blandos, posee un montaje peculiar, pues está formada por dos estructuras que tienen forma de pala y que se cierran tras una plomada. Véase figura 6-1, literal d).

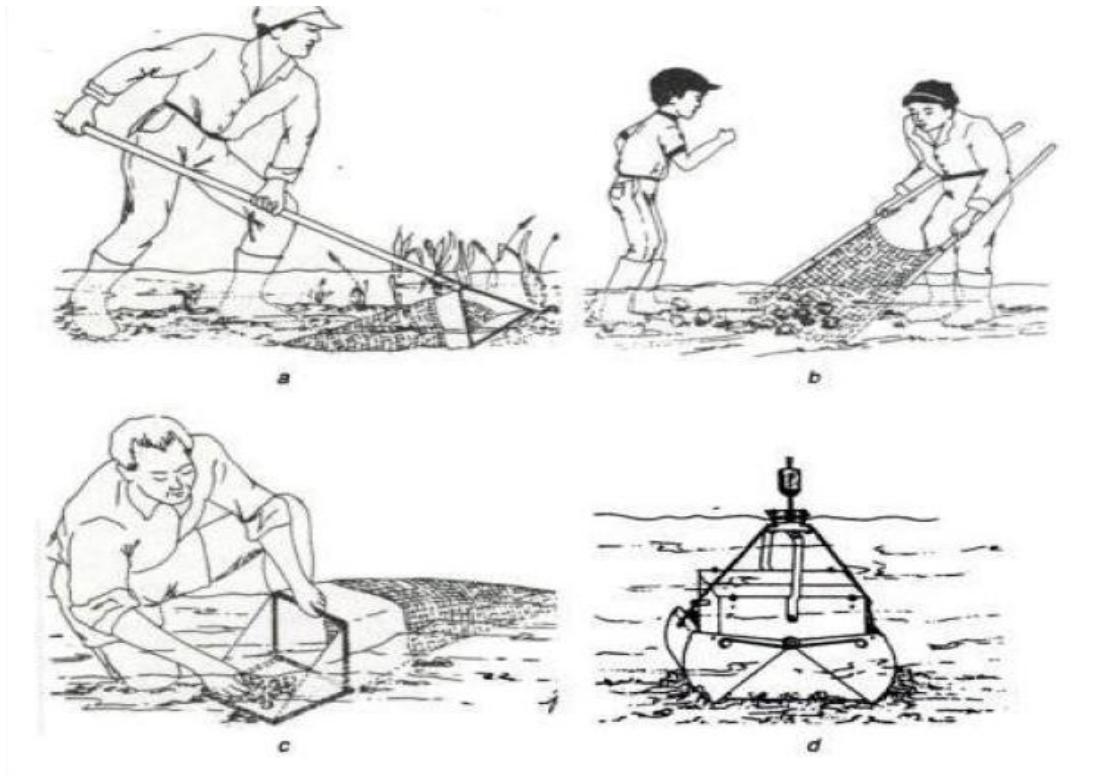


Figura 6-1: Métodos para la recolección de macroinvertebrados: a) Red D-net; b) Red de pantalla; c) Red Surber; d) Draga Ekman

Fuente: (Medina *et al.*, 2009, p. 27), Determinación de la calidad del agua del Río Malacatos mediante fauna bentónica como bioindicadora y alternativas de mitigación de la contaminación

1.13. Índices Biológicos

Son herramientas de valoración que se emplean como alternativa para establecer la calidad biológica de los ríos. Un índice biológico consiste en la combinación de la diversidad de los grupos taxonómicos y la tolerancia/intolerancia de éstos a la polución, en un solo valor (Arce *et al.*, 2009, p.17); es decir, se asigna valores a los organismos de acuerdo a la tolerancia o intolerancia que posean, posteriormente se suman los valores, y el resultado determinará la calidad del agua.

Según Carrera (2011, pp. 14-15), actualmente existe una gran diversidad de índices que determinan la calidad de sistemas hídricos, entre ellos tenemos:

- **Índices Sapróbicos:** Proporcionan información acerca de los efectos que produce la contaminación orgánica y su descomposición sobre los organismos.
- **Índices de diversidad:** Considera las variaciones que presenta la comunidad de organismos, es decir, a mayor biodiversidad, mejor calidad del agua.
- **Índices bióticos:** Consisten en la clasificación de organismos y la asignación de valores en base a su tolerancia a la contaminación. En la actualidad son los más usados.

1.13.1 *Biological Monitoring Working Party para Colombia (BMWP/Col)*

También es conocido como índice de Alba. Es recomendado por la Asociación Española de Limnología por su sencillez, precisión y eficacia. (Segnini, 2003, p. 49)

Es un índice fácil de emplear y aplicar, pues solo requiere de datos cualitativos (presencia/ausencia). Es útil para determinar la calidad del agua, debido a que requiere únicamente asignar valores a los diferentes macroinvertebrados identificados hasta el nivel taxonómico de *familia*.

La puntuación, de acuerdo a la tolerancia de la contaminación, oscila entre 1 y 10, donde las familias más sensibles son las que reciben una puntuación de 10 y las más tolerables a la contaminación, un valor de 1, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 5-1: Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el Índice BMWP/Col

FAMILIAS	PUNTUACIÓN
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hydridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oliigoneuridae, 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, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae, Corduliidae	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossossomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae, Gammaridae	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae, Dugesidae	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolichopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydrometridae, Noteridae, Limoniidae	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae, Bithyniidae	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae	2
Tubificidae, Oligochaeta	1

Realizado por: Katherine Chacón V. 2017

Fuente: (Roldan, 2003, pág. 31), Bioindicación de la calidad del agua en Colombia- Uso del método BMWP/Col

Una de las limitantes de este método, es el hecho que no permite emitir un juicio de valor con respecto a la calidad del agua, para ello se correlacionaron los valores obtenidos del BMWP/Col con cinco grados de contaminación los cuales poseen sus respectivos significados. (Alba-Tercedor, 1996, pp. 211-212) Véase tabla 5-1.

Tabla 6-1: Clases de calidad de agua según el índice BMWP/Col y colores para representaciones cartográficas

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

Realizado por: Katherine Chacón V. 2017

Fuente: (Roldan, 2003, pág. 32), Bioindicación de la calidad del agua en Colombia- Uso del método BMWP/Col

1.11.7 Ephemeropteros, Plecopteros y Trichopteros (EPT)

El análisis de éste índice se logra a través del empleo de estos tres grupos de macroinvertebrados, puesto que se desarrollan en ambientes poco intervenidos. Debido a la sensibilidad frente a cualquier tipo de contaminación, son excelentes bioindicadores de aguas limpias. (Álvarez *et al.*, 2007, p. 20)

Al igual que el índice anterior, requieren bajo nivel taxonómico (Familia), y es una metodología rápida y económica, pues requiere una mínima inversión de tiempo y dinero.

Para determinar la calidad del agua, es necesario evaluar la presencia o ausencia de los órdenes mencionados en las muestras a analizar, una vez identificados se asignan valores y se cuantifica determina la calidad del agua en base a la tabla de calificaciones descrita continuación:

Tabla 7-1: Clases de calidad de agua según el índice EPT

Clase	Índice EPT (%)	Calidad del agua	Características
1	75-100	Muy Buena	Sin impacto
2	50-74	Buena	Levemente impactado
3	25-49	Regular	Moderadamente impactado
4	0-24	Mala	Severamente impactado

Realizado por: Katherine Chacón V. 2017

Fuente: (Carrera *et al.*, 2001, pág. 43), Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Área de estudio

2.1.1. Ubicación cartográfica y geográfica

El presente estudio se desarrolló en un tramo del río Copueno, comprendido entre el Sector Paccha y el barrio Jardín del Upano, tomando como referencia la propiedad del Señor Rosendo Abelino Abril Roales y el puente de la Avenida Francisco Flor Santillán, ubicado en el ingreso de la ciudad de Macas.

2.1.2. Macrolocalización

La investigación se desarrolló en la provincia de Morona Santiago, cantón Morona, parroquias Macas y General Proaño. Ambas parroquias son las más pequeñas del cantón y por la conurbación que presentan, comparten muchas características, entre ellas condiciones climáticas y recursos hídricos como el Río Copueno, sobre el cual se ejecutó el presente estudio. El río en mención aporta sus aguas hacia la subcuenca del río Upano, el cual forma parte de la cuenca del Río Santiago.

El cantón Morona, donde se desarrolló el presente estudio, limita al Norte con los cantones Pablo Sexto y Huamboya, al Sur con los cantones Sucúa y Logroño, al Oeste con la provincia de Chimborazo y al Este con el cantón Taisha.

2.1.3. Microlocalización

El estudio de la Calidad del Agua con macroinvertebrados bentónicos se desarrolló a lo largo del Río Copueno, en el tramo comprendido entre el sector de Paccha y el barrio Jardín del Upano, con una longitud cercana a los 2km. El tramo en mención se encuentra localizado entre los siguientes puntos:

Tabla 1-2: Coordenadas inicial y final del tramo seleccionado para el estudio

PUNTO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD m.s.n.m.
Inicial	9749372N	820154E	1070
Final	9748372N	820424E	1066

Realizado por: Katherine Chacón V. 2017

Fuente: Katherine Chacón

2.2. Metodología

2.2.1. Determinación de las estaciones de monitoreo

En la determinación de las estaciones de monitoreo, se utilizó la cartografía del sitio, utilizando para ello el programa ArcView 10.1, que a partir de los datos tomados con un GPS (GARMIN 2 Seg), se georreferenciaron utilizando el sistema UTM WGS 84. Las cartas se obtuvieron del portal del IGM y otras fueron facilitadas por los técnicos del GAD del cantón Morona.

De acuerdo al tramo considerado del río Copueno, se establecieron 5 estaciones de muestreo, donde la primera estación se ubicó en la zona alta del río. Al tratarse de un punto con poca accesibilidad, el curso hídrico no presenta mayor intervención antrópica, pudiendo ser considerado como un punto de referencia (blanco) en el estudio en cuestión.

Las estaciones restantes fueron establecidas a lo largo del río, considerando para ello los siguientes aspectos:

- Accesibilidad al sitio,
- Criterio del analista,
- Sugerencia de profesionales
- Ubicación de los focos de contaminación y
- Entrevistas con los moradores del sector, sobre la ubicación de los puntos de monitoreo.

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

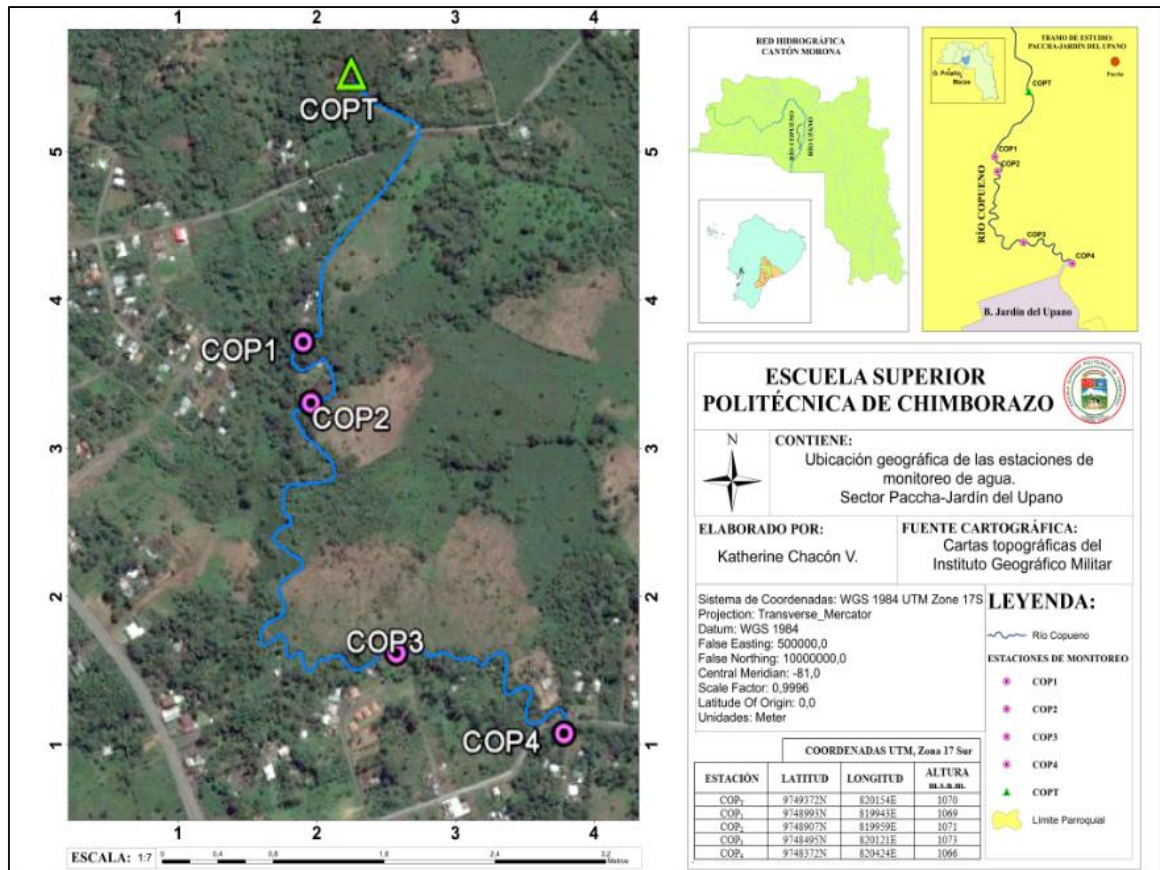


Gráfico 1-2: Ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo de agua. Tramo Paccha-Jardín del Upano






Realizado por: Katherine Chacón. V. 2017

- El punto inicial o blanco se ubicó en la parte alta de la microcuenca, donde la perturbación del medio es escasa, lo cual se evidencia en la cobertura vegetal de la ribera. El punto corresponde a una poza, con condiciones organolépticas aceptables.
- Tres puntos se localizaron a lo largo del curso hídrico, el cual atraviesa centros poblados, por lo que, la calidad del río puede verse afectada. Cada una de las estaciones se ubican en zonas de corriente, quedando situadas de la siguiente manera:
 - El segundo punto se sitúa cerca a la propiedad de la señora María Rivadeneira Palacios, siendo un sector importante para la valoración del cambio de calidad del agua, debido que en este tramo existe intervención antrópica (agropecuaria), evidenciada en la pérdida de la vegetación de ribera, además del aporte de descargas domiciliarias, ocasionando que las condiciones organolépticas sean poco aceptables.

- El tercer punto se localiza en la finca de la señora Cecilia Palacios, donde se evidencia la pérdida de la vegetación de ribera, y se produce la unión del Río Alonso al Copueno, cuyo cauce bordea algunas fincas del sector y las condiciones organolépticas mejoran.
- En el cuarto punto, la presión antrópica es mayor, debido al asentamiento del Barrio San Juan, convirtiéndose en un posible foco de contaminación, en este tramo, la vegetación ribereña es escasa, lo que incide en una mayor alteración del curso hídrico. Se observa un importante aporte de desechos sólidos, así como la modificación del curso de agua por la existencia de estructuras colapsadas.
- El último punto se localizó en la zona baja del tramo en estudio, siendo éste el sitio idóneo para verificar el estado actual del río. Este punto corresponde a un rápido, y conserva gran parte de vegetación. En la zona alta del tramo, el Río es empleado por familias para beber, cocinar, bañarse, lavado de ropa y fines recreativos. Ulterior al punto, son pocas las actividades desarrolladas, pues se presenta muros naturales con una fuerte pendiente que imposibilita la presión antrópica.

De este modo, los puntos de monitoreo quedaron localizados en las coordenadas UTM que se registran a continuación:

Tabla 2-2: Ubicación de las estaciones de monitoreo

ESTACIÓN		COORDENADAS UTM, Zona 17 Sur			
		LATITUD	LONGITUD	ALTURA m.s.n.m.	SIMBOLOGÍA
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN				
COP _T	Copueno Testigo	9749372N	820154E	1070	
COP ₁	Copueno Pto. 1	9748993N	819943E	1069	
COP ₂	Copueno Pto. 2	9748907N	819959E	1071	
COP ₃	Copueno Pto. 3	9748495N	820121E	1073	
COP ₄	Copueno Pto. 4	9748372N	820424E	1066	

Realizado por: Katherine Chacón V. 2017

Fuente: Katherine Chacón

2.2.2. Determinación del caudal en las estaciones de monitoreo

El caudal es una variable que define de forma importante la morfología, estructura y diversidad de un recurso hídrico, ésta fluctuación altera directamente la diversidad de los macroinvertebrados, afectando la distribución de sus hábitats (Encalada, 2010, p. 40).

Por las razones antes citadas, es importante determinar la variación de los caudales, cuyos métodos son diversos y su elección depende del muestreador.

El método seleccionado en este trabajo fue el del flotador, cuyo principio consiste la determinación de la velocidad que presenta un objeto, con capacidad de flotar y no presentar resistencia con el aire, y el área de la sección transversal del curso en estudio, para determinar el caudal (Aguirre, 2011, p. 36).

Según Sánchez *et al.* (2010, pp. 15-19), para determinar el caudal se procede de la siguiente manera:

- Se selecciona un tramo del río para el estudio, donde el curso no presente mayores interferencias (piedras, troncos, etc.). El tramo y la sección transversal, deberán ser uniformes y la longitud del mismo puede oscilar entre 10 a 30 metros.



Figura 1-2: Selección del tramo del río para la medición de caudales

Fuente: (Sánchez *et al.*, 2010, pp. 15-16), Evaluación de los recursos hidroenergéticos.

- Una vez seleccionado el tramo, se procede a determinar los puntos de inicio y de llegada, los cuales servirán para estimar la distancia entre los puntos y el tiempo que demora el flotador en recorrer dicho trayecto. Con estos valores se procedió a determinar la velocidad del curso en estudio, aplicando la siguiente formula:

$$v = \frac{\text{Distancia AB (metros)}}{\text{Tiempo promedio (segundos)}} \quad \text{Ecuación 1}$$

- Para la determinación del área de la sección media del tramo en estudio, se mide el ancho y la profundidad promedio del tramo seleccionado, utilizando para ello un flexómetro y una regleta graduada, tal como se muestra en la figura 2-2.



Figura 2-2: Medición del ancho y profundidad media del río

Fuente: (Sánchez *et al.*, 2010, pp. 17-18), Evaluación de los recursos hidroenergéticos.

Una vez obtenidos dichos valores, se procede a aplicar la siguiente ecuación:

$$A_T = \text{Ancho(metros)} * \text{Profundidad promedio(metros)} \quad \text{Ecuación 2}$$

- Con los valores de la velocidad y del área parcial, se calculó el caudal empleando la siguiente fórmula:

$$Q = k * v * A_T \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

k: Factor de corrección (se elige de acuerdo al tipo de río y su profundidad)

v: Velocidad

A_T: Área de la sección transversal

(Sánchez, y otros, 2010)

Tabla 3-2: Factor de corrección (k) de acuerdo al tipo de río en estudio

TIPO DE RÍO	FACTOR <i>k</i>
Canal revestido en concreto, profundidad del agua mayor a 15cm	0,8
Canal de tierra, profundidad del agua mayor a 15cm	0,7
Río o riachuelo, profundidad del agua mayor a 15cm	0,5
Ríos o canales de tierra, profundidad menor a 15cm	0,5 a 0,15

Realizado por: Katherine Chacón V. 2017

Fuente: (Sánchez *et al.*, 2010, pág. 19), Evaluación de los recursos hidroenergéticos.

2.2.3. Metodología para determinar el estado del agua del Río Copueno a través de macroinvertebrados

2.2.3.1. Fase I: Trabajo de campo.

2.2.3.1.1. Recolección de muestras.

Para la recolección de bioindicadores se emplearon las redes de Pantalla y Surber, pues son las que mejor se acoplan a las condiciones que presenta el río que se evalúa (poca profundidad y turbulencia). La red de Pantalla es muy útil para aguas estancadas con fondos lodosos o arenosos, mientras que la red Surber responde mejor en aguas corrientes. (Carrera *et al*, 2001, pp. 36-38)

Se eligieron dos tipos de redes debido a que el muestreo se realizó en un multihábitat (piedras, arena, lodo, hojas, troncos, raíces, etc.), donde cada red permite mejores recolecciones en base a las características del sitio de muestreo (poza, corriente o rápido).



Figura 3-2: Redes para recolección de macroinvertebrados (a. Pantalla; b. Surber)

Fuente: (Carrera *et al*, 2001, pp. 36-38), Manual de monitoreo: Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua

2.2.3.1.2. Muestreo de bioindicadores.

Para macroinvertebrados se empleó el método de lavado, que consiste en colocar la red de muestreo contra corriente y por acción del movimiento del agua, todo el material removido se deposita en la red. Para obtener resultados confiables, previo al muestreo, se agita el fondo del punto sea con la mano o por zapateo (kick sampling), permitiendo el movimiento y la captura de los bioindicadores. Este proceso se realizó por el lapso de un minuto (Arce *et al*, 2009, p. 28); posterior a ello se fijó un tiempo prudente para la colecta de bioindicadores (30 min a 1 hora), el mismo que culminó cuando la presencia de los mismos fue mínimo. La metodología de muestreo varía en función al hábitat, donde de acuerdo a la profundidad, velocidad del agua, naturaleza del sustrato, vegetación, etc., se efectuaron de la siguiente forma:

- **Muestreo en orillas:** el muestreo se realizó en ambas orillas para notar la variación de la microfauna, para ello se empleó la red Surber. Previo al proceso de agitación de los materiales aledaños a las orillas del curso en estudio, se recolectaron los macroinvertebrados que se encontraban en la superficie.
- **Muestreo en sustratos duros**
 - **Zonas lóxicas:** Por ser zonas en donde el agua circula rápidamente, se empleó la red Surber, donde se realizó además, la remoción, volteo y agitación de sustratos (piedras, troncos, vegetación, etc.), con la finalidad de captar la mayor cantidad de bioindicadores. (Alba-Tercedor *et al.*, 2005, p. 19)
 - **Zonas lénticas:** Al ser zonas de calma, la corriente no introduce organismos en la red, por lo que se agita intensamente el fondo del río y además se remueve el material adherido en las piedras; utilizándose la red de pantalla que brinda mejores resultados. (Alba-Tercedor *et al.*, 2005, p. 20)
- **Muestreo en vegetación acuática:** Para dicho muestreo se emplearon dos redes, la red Surber cuando la profundidad no supera los 45 cm, y la de Pantalla cuando se supera dicho valor. La red viene introducida entre la vegetación, removiéndose además el sustrato con las botas, favoreciendo la recolección de los organismos y el material suspendido.
- **Muestreo en arena, grava o fango:** Como se mencionó anteriormente, la red adecuada en este medio es la de pantalla, que permitió recolectar los macroinvertebrados posterior a la agitación del fondo del lecho con las manos y/o pies.

2.2.3.1.3. Limpieza y conservación de las muestras.

Para evitar que la red de muestreo se sature y que los bioindicadores escapen, el sedimento recogido en cada redada se lo colocó en un contenedor blanco, donde se retiraron a mano los restos orgánicos e inorgánicos, hasta que únicamente permanezcan los macroinvertebrados (Alba-Tercedor *et al.*, 2005, pp. 21-22). Posteriormente, con una pinza entomológica, se colocaron los bioindicadores en viales de plástico con alcohol al 70%, para su preservación durante el traslado hacia el *Laboratorio de Biotecnología (Reproducción Bovina)*. Las muestras de cada punto de muestreo fueron etiquetadas, con información referente al sitio, fecha y condiciones ambientales.

2.2.3.2. Fase II: Trabajo de laboratorio.

2.2.3.2.1. Tratamiento de muestras.

Durante el análisis de las muestras, se procedió al lavado de las mismas, donde se empleó agua destilada hasta que desaparezca tanto el olor del alcohol como los restos vegetales y sedimentos, que permanecieron tras muestreo.

Posterior al lavado se colocaron los bioindicadores de cada frasco en diferentes cajas Petri, donde se procedió al reconocimiento de los diferentes especímenes de macroinvertebrados, según su Grupo Taxonómico hasta la Familia a la cual pertenece, empleándose para ello un estereoscopio y láminas de identificación pertenecientes a los autores: Subramanian K.A. *et al* (2007, pp. 22-24), Osoz, *et al* (2011, pp. 43-61), Osoz, *et al* (2009, pp. 56-75), Escudero J. (2009, pp. 13-122) y Tachet, *et al* (2000, pp. 53-539).

Es importante que los bioindicadores estén en líquido mientras se los identifica para observar todas sus partes. Posterior a la identificación y a la cuantificación de los especímenes, se procedió a la determinación de la calidad del agua con los índices BMWP/Col y EPT.

2.2.3.2.2. Cálculo del índice BMWP/Col.

Éste índice toma en consideración la sensibilidad de las familias de macroinvertebrados a los contaminantes, clasificados en 10 niveles, con puntuaciones que fluctúan de 1 a 10, donde las familias intolerantes a la pérdida de la calidad del agua, presentan los máximos valores, mientras que las familias que presentan cierta tolerancia, van disminuyendo paulatinamente su valoración., tal como se citó en la tabla 5-1 (Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col).

Para calcular el índice se elabora una matriz, donde se ubican las familias encontradas y el valor correspondiente al nivel de tolerancia del espécimen. Este proceso se aplicó en cada punto de muestreo. Seguidamente se sumaron los valores de tolerancia, tal como se muestra en la ecuación detallada a continuación:

$$BMWP/Col = T_1 + T_2 + T_3 + \dots T_n \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

T: nivel de tolerancia de cada familia

1, 2, 3...n: familias

El resultado obtenido se compara con los valores asignados en la tabla 6-1 (Clase de calidad de agua según el índice BMWP/Col) permitiendo la interpretación y la determinación de la calidad del agua.

2.2.3.2.3. Cálculo del índice EPT.

Al igual que el índice anterior, se elaboró una matriz con tres columnas (*Ver anexo B*), donde se ubicaron a los individuos encontrados, la abundancia de cada organismo (es decir la cantidad total encontrada) y el número de EPT presentes. Posterior a esta clasificación, los EPT presentes se dividieron para la ABUNDANCIA TOTAL, y se multiplica por cien para obtener un porcentaje, tal como se muestra en la siguiente ecuación:

$$EPT = \frac{EPT_{Total}}{Abundancia_{Total}} * 100\% \quad \text{Ecuación 5}$$

Para interpretar el resultado, se comparó el dato obtenido de la ecuación 5, con los valores establecidos en la tabla 7-1 (Clases de calidad de agua según el índice EPT), el mismo que servirá para establecer la calidad del agua.

2.2.3.3. Fase III: Manejo de la información

2.2.3.3.1. Socialización.

El manejo de la información permitió “hacer visible” el trabajo realizado en un tramo del Río Copueno, que consistió en evaluar la calidad del agua de dicho recurso hídrico, considerando que en muchos de sus puntos, el líquido es empleado para actividades que ponen en riesgo el bienestar social así como el ambiental. A través de este trabajo, se logró establecer un espacio de diálogo entre la ciudadanía y los organismos involucrados en la conservación y control de las emisiones en el río Copueno (Municipio de Morona, Juntas Parroquiales, MAE, entre otros), el mismo que favoreció a la transferencia de los resultados obtenidos durante la fase de monitoreo.

Durante la socialización se realizó además foros con los asistentes, que permitieron recolectar evidencias del estado Actual y Previo del Río Copueno, los diferentes usos que se han venido realizando y los puntos de emisión actual que altera la calidad del recurso agua, dicho proceso participativo tuvo lugar en la Junta Parroquial de General Proaño el día 01 de Agosto del año en curso, y se efectuó en dos etapas:

1. Transferencia de conocimientos y resultados.

Dentro de este proceso se dio a conocer conceptos principales, que orientaron a la ciudadanía a comprender todo lo referente a la evaluación de la calidad de un recurso hídrico a través del empleo de bioindicadores. Para ello fue necesario contar con herramientas tecnológicas, fotografías, videos, y otros materiales que despertaron el interés de los participantes.

De igual manera, se trataron temas orientados al cuidado de los recursos hídricos y al manejo de los residuos, que fueron los principales elementos encontrados en el tramo de estudio.

Por otro lado, los participantes tuvieron la oportunidad de conocer y practicar la metodología aplicada en el presente trabajo, para que en un futuro, sean ellos los que evalúen la calidad del recurso cuando haya la sospecha que está siendo alterado, y de esa manera comuniquen a las autoridades locales para los trabajos pertinentes.

Finalmente se dieron a conocer los resultados de la investigación, cuyos datos fueron esenciales para lograr que la ciudadanía saque sus propias conclusiones referentes a la calidad del agua que consumen o generan y despierte su interés por fomentar una cultura de conservación sostenible y sustentable de los recursos hídricos.

2. Participación ciudadana

En esta etapa se elaboraron mesas de trabajo con todos los participantes, uno de los objetivos fue fomentar un diálogo acerca de los conocimientos y resultados adquiridos. Posteriormente, se identificaron los potenciales focos de contaminación del Río Copueno que los ciudadanos consideraron importantes, para la elaboración de estrategias de prevención, mitigación y control de los impactos generados en dichas fuentes y que contó con la participación de la comunidad en general.

Al finalizar, un representante de cada mesa de diálogo, socializó el conversatorio que mantuvo con el resto de los integrantes y propuso las alternativas sugeridas, para lograr la conservación del recurso hídrico. Todas las propuestas planteadas por la ciudadanía durante esta actividad, se pusieron a consideración de las instituciones responsables del manejo y cuidado de recursos hídricos.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados del caudal en las estaciones de monitoreo

La determinación del caudal se lo realizó durante el proceso de muestreo de los macroinvertebrados, considerando la estacionalidad de la zona (lluviosa y soleada), con la finalidad de evaluar la variabilidad de la calidad biológica del agua, obteniéndose los resultados descritos en la tabla 1-3

Tabla 1-3: Registro de caudales en todos los puntos de monitoreo, durante las épocas secas y lluviosas.

CAUDAL (l/s)						
Punto de Monitoreo	CONDICIÓN CLIMÁTICA				PROMEDIOS	
	Soleado	Lluvia	Lluvia	Soleado	Época Soleada	Época Lluviosa
	17/Dic/16	27/Ene/17	25/Mar/17	14/Jul/17		
COP _T	99,4	363,2	406,0	117,7	108,6	384,6
COP ₁	69,7	359,0	429,9	87,8	78,8	394,45
COP ₂	154,0	542,6	488,1	181,2	167,6	515,35
COP ₃	309,7	656,8	570,5	305,0	307,4	613,65
COP ₄	460,8	1093,6	632,0	372,4	416,6	862,80

Realizado por: Katherine Chacón V. 2017

Fuente: Katherine Chacón V. 2017

En relación a la tabla 1-3, el primer y cuarto muestreo fueron ejecutados en época soleada, mientras que el segundo y tercero en época invernal. Esta distribución se da en base a la estacionalidad de la zona durante el lapso del estudio, siendo la época lluviosa la que registra los mayores caudales.

Adicionalmente, se observa que a partir del punto COP₂, tanto en la estación lluviosa como en la seca, se incrementa notoriamente el caudal del tramo en estudio, debido principalmente al drenaje proveniente de fincas y propiedades aledañas al curso del río, además de un importante aporte del Río Alonso que desemboca en el Copueno.

En el punto COP₄, se genera un nuevo incremento de los caudales, producto de las aportaciones provenientes de cunetas de la Avenida Francisco Flor Santillán, la misma que conecta el barrio Jardín del Upano con la carretera Macas-Proaño, registrándose niveles máximos y deterioro de la calidad del agua. En el trayecto comprendido por los dos primeros puntos de monitoreo (COP_T-COP₁) no se presenta mayor variabilidad, pues el cauce está formado por bancos que permiten la canalización del recurso de una forma uniforme; de igual manera, al no existir gran cantidad de asentamientos humanos, la alteración de la calidad es mínima.

Finalmente, para la determinación del caudal en la época lluviosa, la profundidad promedio y el área transversal del río se ven afectadas, principalmente por el incremento del agua y la consecuente erosión de los bancos del tramo en estudio, lo que ocasiona un aumento de la sección transversal del río; en cambio, durante la temporada seca, el curso se reduce y los depósitos de materiales genera bancos de sedimentos que se convierten en el hábitat idóneo de los macroinvertebrados.

3.2 Resultados de los bioindicadores acuáticos

Durante el presente estudio, se ejecutaron 4 muestreos (2 en cada estación), en cada uno de los puntos de monitoreo (COP_T, COP₁, COP₂, COP₃, COP₄), dispuestos a lo largo del tramo en estudio, tal como se indicó en la gráfica 1-2.

3.2.1 Análisis de las órdenes taxonómicas de macroinvertebrados colectados a lo largo del estudio

En el tramo de estudio Paccha-Jardín del Upano, se recolectaron alrededor de 3122 especímenes, repartidos en 8 clases, 18 órdenes y 52 familias, como se detalla en las tablas 2-3 y 3-3.

Tabla 2-3: Abundancia total de las diferentes órdenes de macroinvertebrados

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LOS MACROINVERTEBRADOS		NÚMERO DE INDIVIDUOS	PORCENTAJE (%)	PORCENTAJE EPT (%)
CLASE	ORDEN			
Aracnida	Trombidiforme	4	0,13	
Bivalvia	Veneroida	16	0,51	
Gastropoda	Archaeogastropoda	1	0,03	
	Bassomatophora	1	0,03	
	Mesogastropoda	421	13,48	
Hirudinea	Rhynchobdellida	95	3,04	
Insecta	Coleoptera	108	3,46	
	Diptera	279	8,94	
	Ephemeroptera	753	24,12	24,12
	Hemiptera	45	1,44	
	Lepidoptera	17	0,54	
	Megaloptera	17	0,54	
	Odonata	246	7,88	
	Trichoptera	546	17,49	17,49
Malacostraca	Amphipoda	3	0,10	
	Decapoda	6	0,19	
Oligochaeta	Oligochaeta	72	2,31	
Turbellaria	Seriata	492	15,76	
TOTAL		3122	100	41,61

Realizado por: Katherine Chacón V. 2017

Fuente: Katherine Chacón V. 2017

Dentro de las clases encontradas tenemos la Arácnida, que representa un 0,13% del total de especímenes encontrados, además de Bivalvia (0,51%), Gastrópoda (13,55%), Hirudinea (3,04%), Malacostraca (0,29%), Oligochaeta (2,31%), Turbellaria (15,76%) e Insecta (64,41%), siendo esta última la de mayor abundancia por el número de órdenes y familias que posee.

Dentro de las órdenes encontradas figuran: Trombidiforme, Veneroida, Archaeogastropoda, Bassomatophora, Mesogastropoda, Rhynchobdellida, Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, Hemiptera, Lepidoptera, Megaloptera, Odonata, Trichoptera, Amphipoda, Decapoda, Oligochaeta, Seriata. Las ordenes que alcanzaron mayor abundancia durante este estudio corresponden a la Ephemeroptera, Trichoptera, y Seriata; donde la primera presentó mayor número de individuos, con un total de 753 especímenes recolectados, lo cual representa el 24,12% de la abundancia total encontrada; la segunda con un total de 546 individuos, que representa el 17,49%, y finalmente la orden Seriata, con un total de 492 organismos, que corresponde al 15,76%.

Todo lo contrario ocurre con las órdenes Archaeogastropoda y Bassomatophora, que representan tan solo el 0,03% del total, pues solo un organismo de cada orden pudo ser identificado; esta información se puede evidenciar con mayor detalle en el gráfico 1-3.

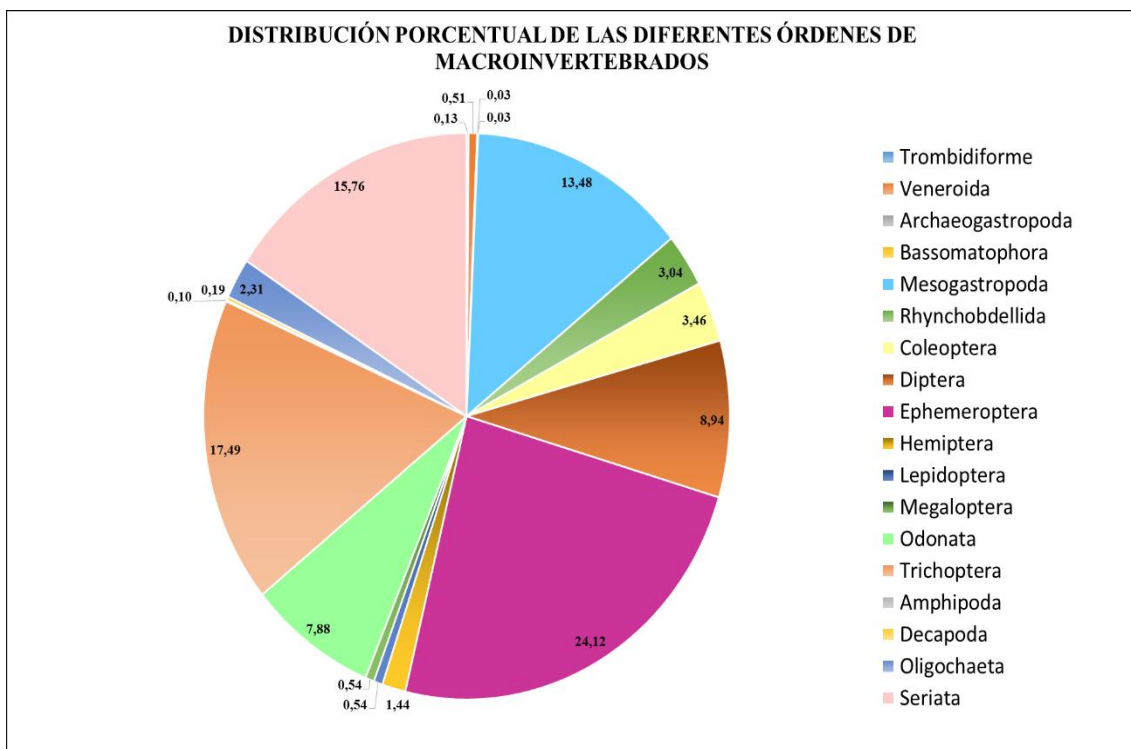


Gráfico 1-3: Distribución porcentual de las órdenes de macroinvertebrados recolectadas durante el presente estudio

Realizado por: Katherine Chacón V. 2017

Es importante recalcar que durante el estudio, no se encontraron organismos pertenecientes a la orden Plecóptera, por lo que, para el empleo del índice EPT (índice con indicadores de buena calidad), se consideraron únicamente las ordenes Ephemeroptera y Trichoptera, las cuales representan una abundancia de 1299 individuos (41,61%), mucho mayor a la de los Dípteros, (indicadores de mala calidad del agua), con un total de 279 individuos, lo cual representa el 8,94% del total de especímenes.

3.2.2 Análisis de las familias taxonómicas de macroinvertebrados colectados a lo largo del estudio

Durante el muestreo realizado, se recolectaron un total de 52 familias taxonómicas, donde la de mayor presencia corresponde a la familia de *Leptohyphidae*, perteneciente a la orden de las Ephemeropteras, y se caracteriza por ser indicadora de buena calidad del agua. Del total de individuos encontrados, 731 corresponden a la familia antes citada, lo que equivale al 23,41% de la abundancia total, seguido muy de cerca por las familias *Dugesiidae* (O. Seriata) e *Hydropsychidae* (O. Trichoptera), indicadores de mediana y buena calidad (tolerancia de 3 y 7 o 9), y cuyos porcentajes oscilan entre el 15,76% y 12,52% respectivamente.

La familia *Chironomidae*, perteneciente a la orden Díptera, es un indicador de aguas en mal estado, y alcanza un total de 186 organismos, lo cual representa al 5,96% del total de especímenes. Es importante resaltar que la mayor abundancia de organismos en el tramo de estudio, pertenecen a la familia de las Ephemeropteras, lo que en teoría indicaría que el tramo en estudio, presenta una calidad del agua aceptable. Véase tabla 3-3.

Tabla 3-3: Abundancia de especímenes por familia taxonómica

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LOS MACROINVERTEBRADOS			NÚMERO DE INDIVIDUOS	ABUNDANCIA (%)
CLASE	ORDEN	FAMILIA		
Aracnida	Trombidiforme	Hydracarina	4	0,13
Bivalvia	Veneroida	Sphaeriidae	16	0,51
Gastropoda	Archaeogastropoda	Neritidae	1	0,03
	Bassomatophora	Lymnaeidae	1	0,03
	Mesogastropoda	Bithyniidae	372	11,92
		Hydrobiidae	14	0,45
		Viviparidae	35	1,12
Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	95	3,04
Insecta	Coleoptera	Elmidae	65	2,08
		Lampyridae	1	0,03
		Psephenidae	39	1,25
		Scirtidae	2	0,06
		Staphylinidae	1	0,03
		Ceratopogonidae	1	0,03
	Diptera	Chironomidae	186	5,96
		Culicidae	5	0,16
		Dixidae	13	0,42
		Empididae	2	0,06
		Ephydriidae	1	0,03
		Limoniidae	1	0,03
		Simuliidae	67	2,15
		Tipulidae	3	0,10
		Baetidae	10	0,32
	Ephemeroptera	Caenidae	4	0,13
		Euthyplociidae	6	0,19
		Leptohyphidae	731	23,41
		Leptophlebiidae	2	0,06
		Aphelocheiridae	1	0,03
	Hemiptera	Gerridae	10	0,32
		Mesoveliidae	1	0,03
		Naucoridae	29	0,93
		Veliidae	4	0,13
		Pyralidae	17	0,54
	Lepidoptera	Pyralidae	17	0,54
	Megaloptera	Corydalidae	17	0,54
		Calopterygidae	78	2,50
		Coenagrionidae	32	1,02
		Corduliidae	25	0,80
		Gomphidae	35	1,12
		Libellulidae	57	1,83
		Megapodagrionidae	8	0,26
		Polythoridae	11	0,35
		Trichoptera	Calamoceratidae	19
	Ecnomidae		12	0,38
	Hydropsychidae		391	12,52
	Hydroptilidae		1	0,03
	Leptoceridae		71	2,27
	Philopotamidae		52	1,67
Malacostraca	Amphipoda	Gammaridae	3	0,10
	Decapoda	Palaemonidae	3	0,10
		Pseudothelphusidae	3	0,10
Oligochaeta	-	Oligochaeta	72	2,31
Turbellaria	Seriata	Dugesidae	492	15,76
TOTAL			3122	100,00

Realizado por: Katherine Chacón V. 2017

Fuente: Katherine Chacón V.

Por otro lado, las familias *Neritidae* (O. Archaeogastropoda), *Lymnaeidae* (O. Bassomatophora), *Lampyridae*, *Sthaphylinidae* (O. Coleoptera), *Ceratopogonidae*, *Ephydriidae*, *Limoniidae* (O. Diptera), *Aphelocheiridae*, *Mesoveliidae* (O. Hemiptera), e *Hydroptilidae* (O. Trichoptera), fueron las de menor abundancia, con tan solo 1 espécimen por familia, lo cual representa el 0,03% de la población total, tal como se evidencia en la tabla 3-3 y gráfica 2-3.

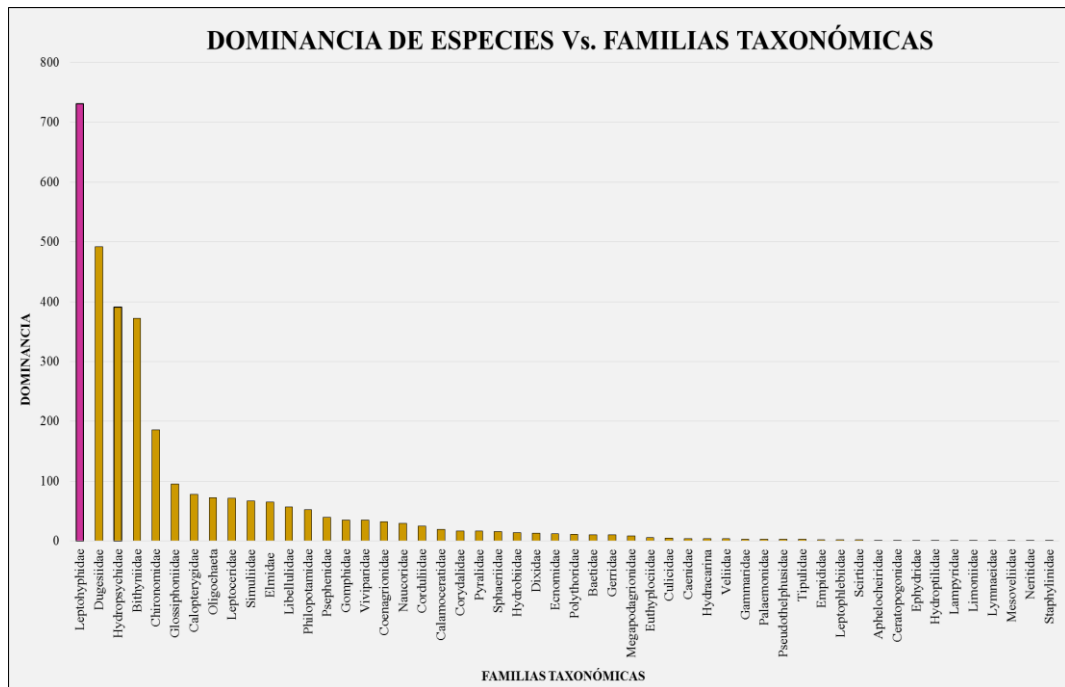


Gráfico 2-3: Abundancia total de familias taxonómicas a lo largo del período de muestreo
Realizado por: Katherine Chacón. V. 2017

Frente a esto, y de acuerdo a Prat *et al.*, (2006, p. 1-2), las perturbaciones de una comunidad biológica son consecuencia de las alteraciones del medio en donde los bioindicadores habitan; en este sentido, si la perturbación es elevada, las especies que se desarrollen serán tolerantes; en contraste, cuando la perturbación es intermedia, la comunidad biológica puede favorecer al desarrollo de especies tolerables, y que puede reducir la presencia de ciertas especies nativas, pudiéndose generar incluso la aparición de nuevas familias tolerantes al estrés del medio. Por último, las perturbaciones ligeras no modifican la estructura de una comunidad biológica, pero si puede provocar cambios a nivel individual. Un claro ejemplo es lo que ocurre con la presencia de tóxicos en el agua, que a bajas concentraciones no necesariamente alteran la presencia o abundancia de una especie, pero sí induce a respuestas metabólicas en la misma, lo cual es de importancia para detectar un factor estrés (Prat *et al.*, 2006, p. 1-2)

3.2.3 Análisis de las órdenes taxonómicas de macroinvertebrados colectados en diferentes épocas (lluviosa-seca)

Como se señaló anteriormente, los muestreos se realizaron en épocas lluviosas, donde se observó que las condiciones del río sufren variaciones, especialmente en lo referente a los caudales y al transporte de sedimentos, producto del lavado y escorrentías de la superficie entorno al río. Dichas modificaciones inciden en la carga de compuestos orgánicos e inorgánicos, presentes en el curso, provocando cambios en la calidad biológica del tramo de estudio, tal como se detalla en los siguientes párrafos:

- Durante la época lluviosa se recolectaron un total de 1731 macroinvertebrados, donde la estación de mayor abundancia representa el punto COP₁, con un total de 473 individuos. Por otro lado, en los puntos COP₂, COP₃, COP₄ y COP_T, se identificaron 403, 347, 241 y 267 especímenes respectivamente.

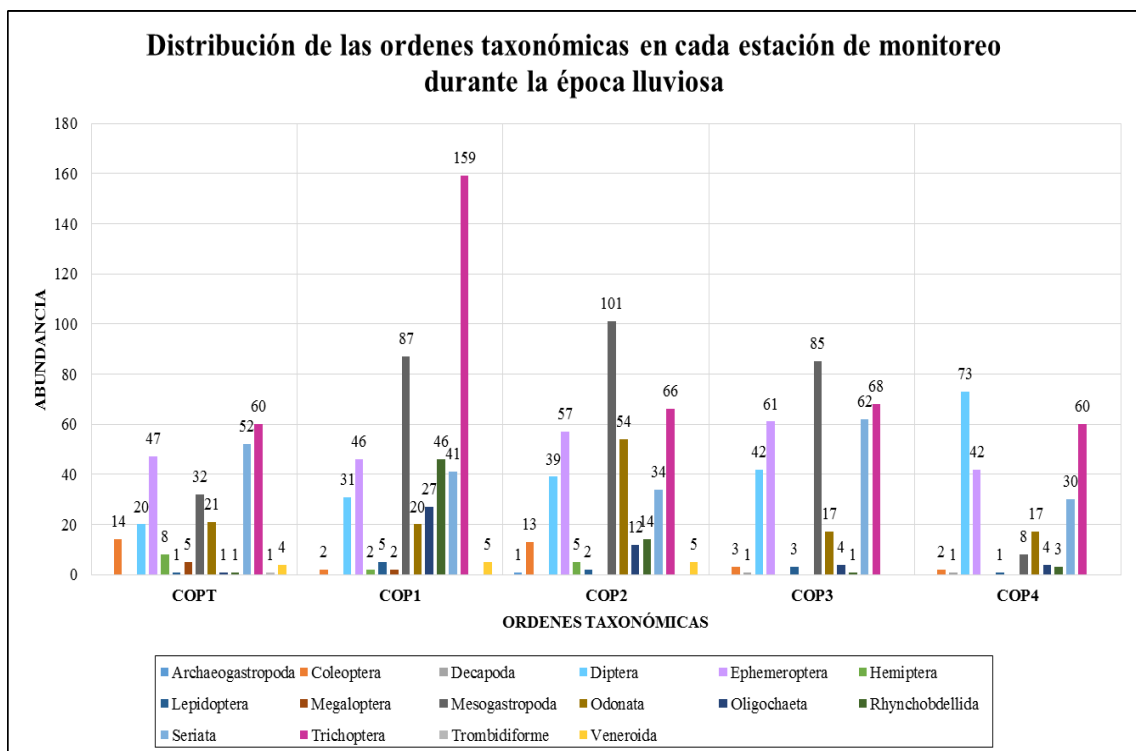


Gráfico 3-3: Órdenes de macroinvertebrados recolectados en cada punto de monitoreo durante la época de invierno

Realizado por: Katherine Chacón. V. 2017

Tal como se puede evidenciar en la gráfica 3-3, la orden de mayor abundancia encontrada durante la época lluviosa corresponde a Trichoptera, con un total de 413 individuos, cuyo máximo valor se evidenció en la estación de monitoreo COP₁ con 159 individuos. Mientras tanto, en los puntos COP_T, COP₂, COP₃ y COP₄ se identificaron 60, 66, 68 y 60 organismos respectivamente, siendo predominante en el punto COP_T, lo que indican que la calidad del agua en COP_T y COP₁ es aceptable gracias a la baja alteración del río y a la escasa presencia de asentamientos humanos.

Por otro lado, los organismos que presentaron mayor abundancia en los puntos COP₂ y COP₃, fueron del orden de las Mesogastropodas, con un total de 101 y 85 individuos respectivamente, mostrando un nivel de tolerancia igual a 3, lo que significa que la calidad del agua disminuye, debido al arrastre de contaminantes desde la zona alta del río, sumado al aporte de las aguas del Río Alonso que bordea fincas ganaderas y que desembocan en el Copueno, escorrentías generadas en el entorno y al incremento de los asentamiento humanos apostados alrededor de las zonas de amortiguamiento, lo que genera una mayor presencia de compuestos orgánicos e inorgánicos, dificultando el proceso de autodepuración del río debido al consumo del oxígeno disuelto del mismo (Barba, 2002, p.22). Finalmente, en el punto COP₄, la mayor cantidad de especímenes fueron de la orden Díptera, con un total de 73 individuos, lo que evidencia un notable deterioro de la calidad del agua, debido a la cercanía a vías de comunicación y asentamientos humanos. Ver gráfica 3-3

- A diferencia de la época lluviosa, en donde el río pasa por procesos de “limpieza”, durante la época estiva se genera la estabilización de las comunidades biológicas, además de la adaptación de las mismas a las condiciones imperantes del recurso; por lo tanto, durante esta temporada se estimó con mayor precisión la calidad biológica del tramo en estudio, obteniendo los siguientes datos:

En el tramo en estudio se recolectó un total de 1391 bioindicadores, donde el punto de monitoreo con mayor abundancia corresponde a COP₄, con un total de 378 individuos; mientras que en los puntos COP₂, COP₃, COP_T y COP₁, se identificaron 323, 270, 240 y 180 organismos respectivamente, distribuidos tal como se observa en el gráfico 4-3.

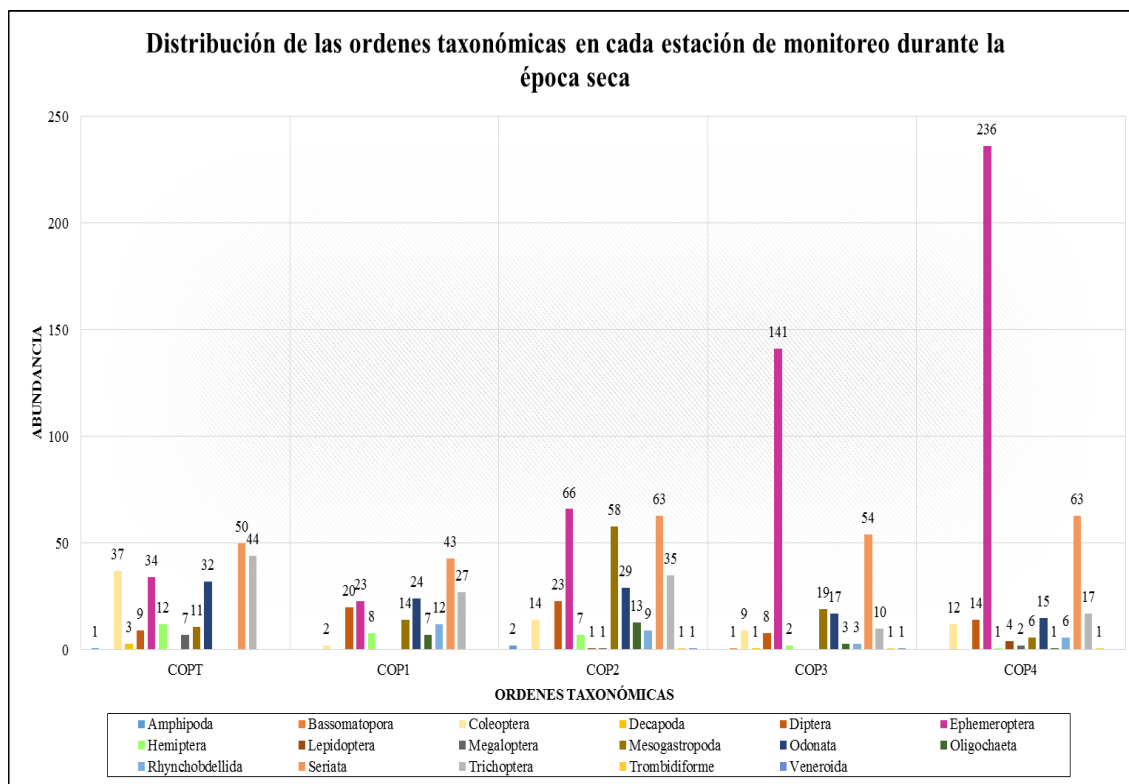


Gráfico 4-3: Ordenes de macroinvertebrados recolectados en cada punto de monitoreo durante la época de verano

Realizado por: Katherine Chacón. V. 2017

Como se muestra en la gráfica citada, la orden de mayor abundancia encontrada durante la época seca corresponde a Ephemeroptera (*F. Leptoxyphidae*), con un total de 500 individuos, cuyo máximo valor se evidenció en la estación de monitoreo COP₄ con 236 organismos; mientras que, en los puntos COP₃, COP₂, COP_T y COP₁ se identificaron 141, 66, 34 y 23 organismos de la misma orden respectivamente. Se observa también que la predominancia de los *Leptoxyphidae* en las estaciones COP₂ y COP₃ además de COP₄, permitiría tener un primer criterio de calidad, donde el agua sería aparentemente buena, debido a la estabilización de los caudales de la estación húmeda, a la disminución de nutrientes y sedimentos producto de la crecidas del río, y a la generación de hábitats propicios para la anidación de los diferentes especímenes.

Por otro lado, los organismos que presentaron mayor abundancia en los puntos COP_T y COP₁, fueron de la orden de la Seriata (*F. Dugesiidae*), con un total de 50 y 43 individuos respectivamente, evidenciando una alteración de la calidad del agua; donde el nivel de tolerancia de dichos especímenes es de 5, debido al incremento de actividades antrópicas en los márgenes del río (distracción, lavado de utensilios, aseo personal, etc.).

A diferencia de la época lluviosa, en el estiaje se genera una disminución de los caudales, lo que provoca una mayor concentración de ciertos contaminantes, disminuyendo así la presencia de indicadores de buena calidad del agua; sin embargo existen ciertos macroinvertebrados sensibles a la contaminación que desarrollan mecanismos de protección como la construcción de capuchones, lo que les permite desarrollarse en medios alterados. (González *et al.*, 2012, p. 136) (Medina *et al.*, 2009, pp. 19-20)

En resumen, durante la estación lluviosa, los puntos COP_T y COP₁, presentan comunidades biológicas de buena calidad (O. Trichoptera), a diferencia de la época seca donde se observan una mayor presencia de organismos pertenecientes a la orden Seriata. Las estaciones COP₂ y COP₃, por su parte, durante la época lluviosa albergan Mesogastrópodos, mientras que, en temporadas estivas, en ambos puntos predomina la orden Ephemeroptera. Finalmente, en el punto COP₄, las condiciones de calidad de agua presentan variaciones muy marcadas, donde en la temporada lluviosa, existe una dominancia de la orden Díptera, como se mencionó anteriormente, mientras que en la estiva, abundan organismos indicadores de buena calidad del agua como los Ephemeropteros, dicha variación se debe principalmente a los procesos de transición entre el período húmedo y seco, y al desarrollo de mecanismos de protección frente a la contaminación. (González *et al.*, 2012, p. 136) (Medina *et al.*, 2009, pp. 19-20)

3.2.4 *Análisis de las familias taxonómicas de macroinvertebrados colectados en diferentes épocas (lluviosa-seca)*

Tabla 4-3: Distribución de la presencia de organismos en épocas lluviosas y secas

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LOS MACROINVERTEBRADOS			ESTACIONES DE MONITOREO																											
CLASE	ORDEN	FAMILIA	V	V	I	I	V	V	I	I	V	V	I	I	V	V	I	I	V	V	I	I								
			COPT				COP1				COP2				COP3				COP4											
Aracnida	Trombidiforme	Hydracarina				●									●						●						●			
Bivalvia	Veneroida	Sphaeriidae			●					●	●	●																		
Gastropoda	Archaeogastropoda	Neritidae											●																	
		Lymnaeidae															●													
	Mesogastropoda	Bithyniidae	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hydrobiidae			●								●	●							●									
Insecta	Coleoptera	Viviparidae							●	●			●	●			●	●			●	●			●	●			●	●
		Glossiphoniidae				●			●	●			●	●			●	●			●	●			●	●			●	●
		Elmidae			●	●			●	●			●	●			●	●			●	●			●	●			●	●
		Lampyridae			●	●											●	●												
		Psephenidae	●	●	●								●	●													●			
	Diptera	Scirtidae											●	●																
		Staphylinidae								●																				
		Ceratopogonidae												●																
		Chironomidae		●	●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Culicidae				●								●							●				●					
		Dixidae			●				●	●			●	●								●			●	●			●	●
		Empididae												●													●			
		Ephydriidae																				●								
		Limoniidae																									●			
		Simuliidae				●			●	●			●	●	●	●	●	●				●					●			●
		Tipulidae				●								●															●	
Ephemeroptera	Baetidae		●										●								●							●		
	Caenidae												●													●				
	Euthyphlebiidae		●		●								●															●		
	Leptohyphidae		●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Hemiptera	Leptophlebiidae		●																											
	Aphelocheiridae								●																					
	Gerridae	●						●																						
	Mesovelidae			●																										
	Naucoridae		●		●								●			●												●		
Lepidoptera	Velidae				●			●																				●		
	Pyralidae				●			●	●			●									●							●		
Megaloptera	Corydalidae		●	●	●				●	●	●															●	●			
	Odonata	Calopterygidae	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Coenagrionidae		●	●	●			●	●			●	●			●	●			●	●			●	●	●	●	●	●
		Cordulidae		●	●	●			●				●	●											●	●				
		Gomphidae		●	●	●			●	●			●	●			●	●			●	●			●	●	●	●	●	●
		Libellulidae		●	●	●			●	●			●	●			●	●			●	●			●	●	●	●	●	●
		Megapodagrionidae		●										●			●	●			●								●	●
	Trichoptera	Polythoridae												●			●	●				●								
		Calamoceratidae		●		●				●				●			●	●				●								
		Ecnomidae				●				●				●																
		Hydropsychidae	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Hydroptilidae													●																	
Malacostraca	Amphipoda	Leptoceridae		●	●	●			●	●			●	●			●	●			●	●			●	●	●	●	●	●
		Philopotamidae			●	●			●	●			●	●			●	●			●	●			●	●	●	●	●	●
	Decapoda	Gammaridae		●										●																
Oligochaeta	-	Palaemonidae		●																										
		Pseudothelphusidae																●			●								●	
Turbellaria	Seriata	Oligochaeta				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Dugesidae	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

● O. presentes en época lluviosa ● O. presentes en época seca ● O. con mayor presencia en época lluviosa y seca

Realizado por: Katherine Chacón V. 2017
Fuente: Katherine Chacón

De acuerdo a la distribución espacial de las familias taxonómicas a lo largo de los muestreos se observa que, tanto en la estación seca como lluviosa, la familia de las *Dugesiidae*, se encuentran en los cinco puntos de muestreo; mientras que la familia *Bithyniidae*, estuvo ausente únicamente en el primer muestreo de época estiva en COP₄. Por su parte, no se encontraron especímenes de la familia *Hydropsychidae*, en el segundo muestreo de la época estiva en COP₃, ni en el primer muestreo realizado en COP₄, como se observa en la tabla 4-3; razón por la cual, se consideran a estas tres comunidades biológicas, como las más representativas, siendo evidente su distribución a lo largo del tramo en estudio.

Es importante destacar que 8 familias fueron localizadas únicamente en períodos lluviosos, dichos organismos corresponden a las familias *Neritidae*, *Lampyridae*, *Scirtidae*, *Staphylinidae*, *Ceratopogonidae*, *Ephydriidae*, *Aphelocheiridae* y *Mesoveliidae*. A excepción de la *Scirtidae*, las familias antes citadas únicamente se encontraron en un punto de monitoreo, durante los meses de Enero o Marzo, convirtiéndose en las familias menos representativas. Ver tabla 4-3

En lo que respecta a las condiciones estivas, las 9 familias que fueron localizadas, únicamente en esta época, corresponden a *Lymnaeidae*, *Empididae*, *Limoniidae*, *Caenidae*, *Leptophlebiidae*, *Gerridae*, *Hydroptilidae*, *Gammaridae*, y *Palaemonidae*; las mismas que poseen menor abundancia y distribución espacial, encontrándose únicamente en uno o dos puntos de monitoreo. Las familias restantes, mantuvieron una distribución equitativa, en los diferentes muestreos realizadas en la estación lluviosa y seca, tal como se observa en la tabla 4-3.

3.2.5. Abundancia de organismos encontrados por punto de monitoreo

3.2.5.1. Estación COP_T

3.2.5.1.1. Temporada seca.

Durante el primer muestreo de verano, ejecutado en el mes de Diciembre del año 2016, se recolectaron apenas 6 familias taxonómicas, que alcanzaron un total de 30 especímenes, del cual 8 individuos le corresponden a la familia *Hydropsychidae*, por lo cual se convierte en la familia más abundante, a diferencia de *Calopterydidae* y *Psephenidae* que poseen tan solo 2 organismos cada una. Para la determinación de la calidad del agua, a través del índice EPT, se trabajó únicamente con la familia *Hydropsychidae*, pues fue la única identificada que permite determinar dicho cálculo. Ver tabla 5-3.

En el segundo muestreo realizado se obtuvieron 21 familias taxonómicas que alcanzaron una abundancia de 210 especímenes, de los cuales 44 individuos corresponden a la familia *Dugesiidae*, convirtiéndola en la familia más abundante, seguida por *Leptohyphidae* y *Psephenidae* con 29 y 24 organismos respectivamente, a diferencia de las familias *Baetidae*, *Gammaridae* y *Megapodagrionidae*, de las cuales solo se obtuvo un indicador respectivamente. Del total de familias encontradas, solamente 7 permitieron calcular el índice EPT (*Baetidae*, *Calamoceratidae*, *Euthyplociidae*, *Hydropsychidae*, *Leptoceridae*, *Leptohyphidae* y *Leptophlebiidae*), pertenecientes a los órdenes Trichoptera y Ephemeroptera, como se observa en la tabla 5-3.

Tabla 5-3: Abundancia de organismos recolectados en el punto COP_T, durante la época seca (Diciembre- Julio)

ABUNDANCIA DE ORGANISMOS DURANTE LA ÉPOCA SECA EN LA ESTACIÓN COPT				
Clasificación Taxonómica de Macroinvertebrados			NÚMERO DE INDIVIDUOS	
			I VERANO: DICIEMBRE	II VERANO: JULIO
<i>Clase</i>	<i>Orden</i>	<i>Familia</i>		
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	-	1
Gatropoda	Mesogastropoda	Bithyniidae	7	4
Insecta	Trichoptera	Calamoceratidae	-	3
Insecta	Odonata	Calopterygidae	2	7
Insecta	Diptera	Chironomidae	-	9
Insecta	Odonata	Coenagrionidae	-	4
Insecta	Odonata	Corduliidae	-	2
Insecta	Megaloptera	Corydalidae	-	7
Turbellaria	Seriata	Dugesiidae	6	44
Insecta	Coleoptera	Elmidae	-	11
Insecta	Ephemeroptera	Euthyplociidae	-	2
Malacostraca	Amphipoda	Gammaridae	-	1
Insecta	Hemiptera	Gerridae	5	-
Insecta	Odonata	Gomphidae	-	16
Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	8	10
Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	-	23
Insecta	Ephemeroptera	Leptohyphidae	-	29
Insecta	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	-	2
Insecta	Odonata	Megapodagrionidae	-	1
Insecta	Hemiptera	Naucoridae	-	7
Malacostraca	Decapoda	Palaemonidae	-	3
Insecta	Coleoptera	Psephenidae	2	24
ABUNDANCIA TOTAL			30	210

Realizado por: Katherine Chacón V. 2017

Fuente: Katherine Chacón

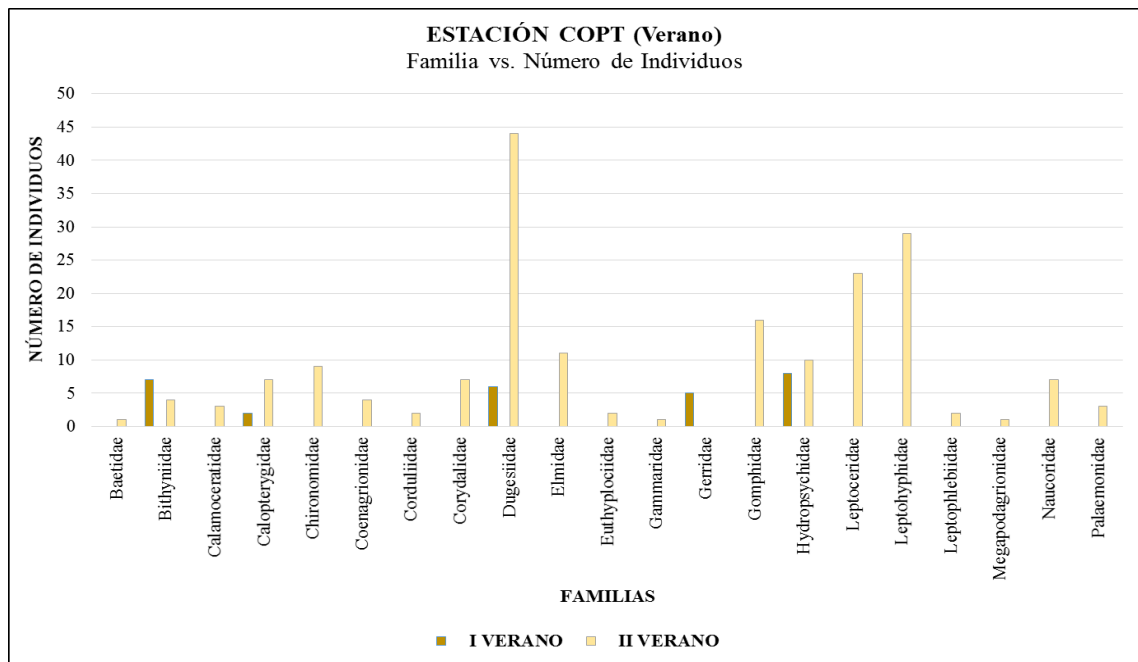


Gráfico 5-3: Distribución de macroinvertebrados recolectados en COP_T durante la temporada seca (Diciembre-Julio)

Realizado por: Katherine Chacón. V. 2017

3.2.5.1.2. Temporada lluviosa.

Durante el primer muestreo de la época lluviosa (Enero) se recolectaron 19 familias taxonómicas, que alcanzaron un total de 118 especímenes. Del total de familias, las más abundante fueron la *Bithyniidae* con 25 individuos, seguida por la *Dugesidae* con 24 bioindicadores, y *Leptohyphidae* y *Chironomidae*, cada una con 12 organismos respectivamente. Las familias de menor abundancia fueron las *Dixidae*, *Elmidae*, *Hydrobiidae*, *Leptoceridae* y *Mesoveliidae*, con apenas un organismo en cada una, tal como se observa en la gráfica 6-3.

En este punto, las familias encontradas y empleadas para el cálculo del índice EPT fueron, *Hydropsychidae*, *Leptoceridae* y *Philopotamidae* pertenecientes a la orden O. Trichoptera, y la familia *Leptohyphidae*, de la orden Ephemeroptera.

Por otro lado, en el segundo muestreo de época lluviosa, ejecutado en el mes de Marzo, en COP_T se obtuvieron un total de 149 indicadores, y se convirtió en una de las estaciones de análisis con mayor variedad de familias taxonómicas, las mismas que alcanzaron un total de 26 clasificaciones, de las cuales, la más numerosa resultó ser la familia *Hydropsychidae* con 36 organismos, seguidas de las *Leptohyphidae* con 34 indicadores y *Dugesidae* con 28. En contraste, las de menor abundancia fueron las *Coenagrionidae*, *Curduliidae*, *Euthyplociidae*, *Glossiphoniidae*, *Gomphidae*, *Hydracarina*, *Libellulidae*, *Oligochaeta*, *Pyralidae*, *Simuliidae*, *Tipulidae* y *Veliidae*, con un organismo cada una. Ver gráfica 6-3

En resumen, durante este muestreo, se recolectaron 7 familias que permitieron el cálculo del índice EPT, las mismas corresponden a *Calamoceratidae*, *Ecnomidae*, *Euthyplociidae*, *Hydropsychidae*, *Leptoceridae*, *Leptohiphidae* y *Philopotamidae*, pertenecientes a las ordenes Trichoptera y Ephemeroptera, como se observa en la tabla 6-3

Tabla 6-3: Abundancia de organismos recolectados en el punto COP_T, durante la época lluviosa (Enero-Marzo)

ABUNDANCIA DE ORGANISMOS DURANTE LA ÉPOCA LLUVIOSA EN LA ESTACIÓN COPT				
Clasificación Taxonómica de Macroinvertebrados			NÚMERO DE INDIVIDUOS	
<i>Clase</i>	<i>Orden</i>	<i>Familia</i>	I INVIERNO: ENERO	II INVIERNO: MARZO
Gatropoda	Mesogastropoda	Bithyniidae	25	6
Insecta	Odonata	Calopterygidae	4	2
Insecta	Trichoptera	Calamoceratidae	-	2
Insecta	Diptera	Chironomidae	12	3
Insecta	Odonata	Coenagrionidae	4	1
Insecta	Odonata	Cordulidae	2	1
Insecta	Megaloptera	Corydalidae	3	2
Insecta	Diptera	Culicidae	-	2
Insecta	Diptera	Dixidae	1	-
Turbellaria	Seriata	Dugesidae	24	28
Insecta	Trichoptera	Ecnomidae	-	5
Insecta	Coleoptera	Elmidae	1	5
Insecta	Ephemeroptera	Euthyplociidae	-	1
Hirudínea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	-	1
Insecta	Odonata	Gomphidae	2	1
Aracnida	Trombidiforme	Hydracarina	-	1
Gastropoda	Mesogastropoda	Hydrobiidae	1	-
Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	8	36
Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	1	4
Insecta	Ephemeroptera	Leptohiphidae	12	34
Insecta	Odonata	Libellulidae	3	1
Insecta	Hemiptera	Mesoveliidae	1	-
Insecta	Hemiptera	Naucoridae	-	6
Oligochaeta	-	Oligochaeta	-	1
Insecta	Trichoptera	Philopotamidae	2	2
Insecta	Lepidoptera	Pyralidae	-	1
Insecta	Coleoptera	Psephenidae	8	-
Insecta	Diptera	Simuliidae	-	1
Bivalvia	Veneroidea	Sphaeriidae	4	-
Insecta	Diptera	Tipulidae	-	1
Insecta	Hemiptera	Veliidae	-	1
ABUNDANCIA TOTAL			118	149

Realizado por: Katherine Chacón V. 2017

Fuente: Katherine Chacón

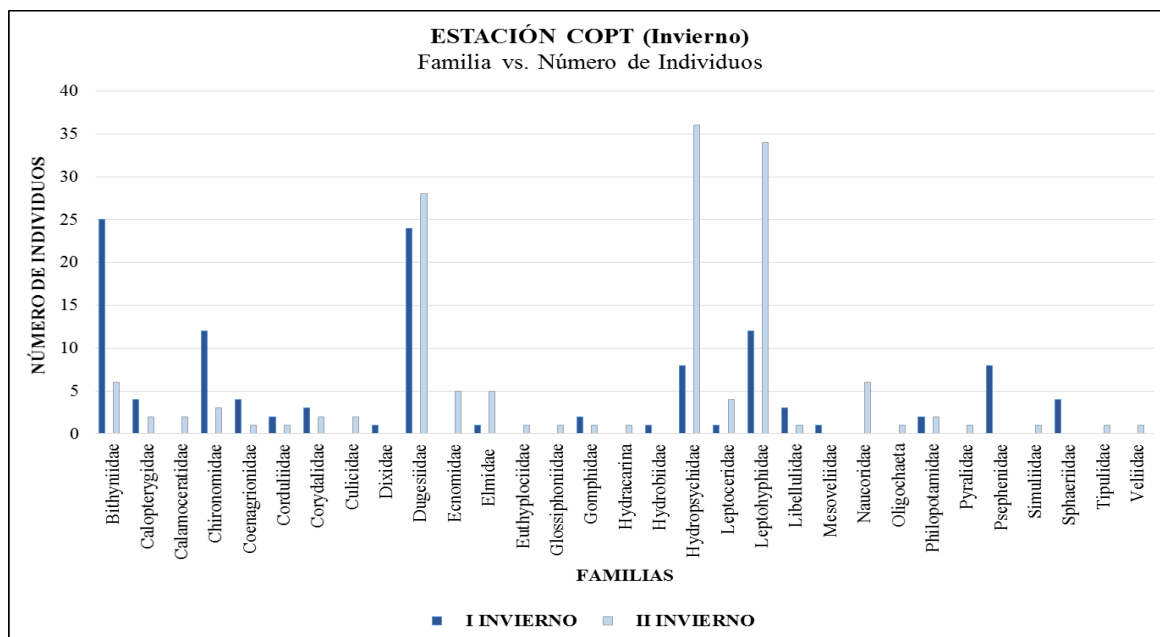


Gráfico 6-3: Distribución de macroinvertebrados recolectados en COP_T durante la temporada lluviosa (Enero-Marzo)

Realizado por: Katherine Chacón. V. 2017

3.2.5.2. Estación COP₁

3.2.5.2.1. Temporada seca.

Al igual que en el punto de monitoreo anterior, en el punto COP₁, durante el primer muestreo de ésta temporada (Diciembre), se recolectaron solamente 10 familias taxonómicas, cuya abundancia total fue de 29 especímenes, siendo la familia *DugesIIDae* la que mayor cantidad de organismos presenta, con un total de 8 individuos; a diferencia de las familias *Calopterygidae*, *Ecnomida*, *Hydropsychidae* y *Psephenidae* que solamente presentan un organismo cada una, como se observa con mayor detalle en la gráfica 7-3.

En este período de muestreo, se recolectaron 3 familias que permitieron el cálculo del índice EPT y posterior determinación de la calidad del agua, estas familias fueron *Ecnomidae*, *Hydropsychidae* y *Philopotamidae*, todas pertenecientes a la orden Trichoptera. Ver tabla 7-3.

Por su lado, en el segundo muestreo ejecutado en el mes de Julio se obtuvo un total de 20 familias taxonómicas, las mismas que alcanzaron una abundancia total de 151 organismos. De este total, 35 especímenes le correspondieron a la familia *DugesIIDae*, convirtiéndola en la más numerosa, al igual que las familias *Leptohyphidae* e *Hydropsychidae*, cada una con 22 y 13 organismos respectivamente. Dentro de las familias menos abundantes constan las *Baetidae*, *Elmidae*, *Veliidae* y *Viviparidae*, pues de cada familia solo se reportó un individuo. Ver gráfica 7-3.

Para la determinación del índice EPT, se trabajó con las 5 familias identificadas, las mismas que corresponden a la orden Trichoptera (*Hydropsychidae*, *Leptoceridae* y *Philopotamidae*) y a la orden Ephemeroptera (*Baetidae* y *Leptohyphidae*) como se observa con mayor detalle en la tabla 7-3.

Tabla 7-3: Abundancia de organismos recolectados en el punto COP₁, durante la época seca (Diciembre- Julio)

ABUNDANCIA DE ORGANISMOS DURANTE LA ÉPOCA SECA EN LA ESTACIÓN COP1				
Clasificación Taxonómica de Macroinvertebrados			NÚMERO DE INDIVIDUOS	
			I VERANO: DICIEMBRE	II VERANO: JULIO
<i>Clase</i>	<i>Orden</i>	<i>Familia</i>		
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	-	1
Gatropoda	Mesogastropoda	Bithyniidae	3	10
Insecta	Odonata	Calopterygidae	1	4
Insecta	Diptera	Chironomidae	3	12
Insecta	Odonata	Coenagrionidae	-	3
Insecta	Odonata	Cordulidae	-	10
Insecta	Diptera	Dixidae	-	2
Turbellaria	Seriata	Dugesidae	8	35
Insecta	Trichoptera	Ecnomidae	1	-
Insecta	Coleoptera	Elnidae	-	1
Insecta	Hemiptera	Gerridae	5	-
Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	-	12
Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	1	13
Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	-	3
Insecta	Ephemeroptera	Leptohyphidae	-	22
Insecta	Odonata	Libellulidae	-	6
Insecta	Hemiptera	Naucoridae	-	2
Oligochaeta	-	Oligochaeta	3	4
Insecta	Trichoptera	Philopotamidae	3	6
Insecta	Coleoptera	Psephenidae	1	-
Insecta	Diptera	Simuliidae	-	3
Insecta	Hemiptera	Veliidae	-	1
Gastropoda	Mesogastropoda	Viviparidae	-	1
ABUNDANCIA TOTAL			29	151

Realizado por: Katherine Chacón V. 2017

Fuente: Katherine Chacón

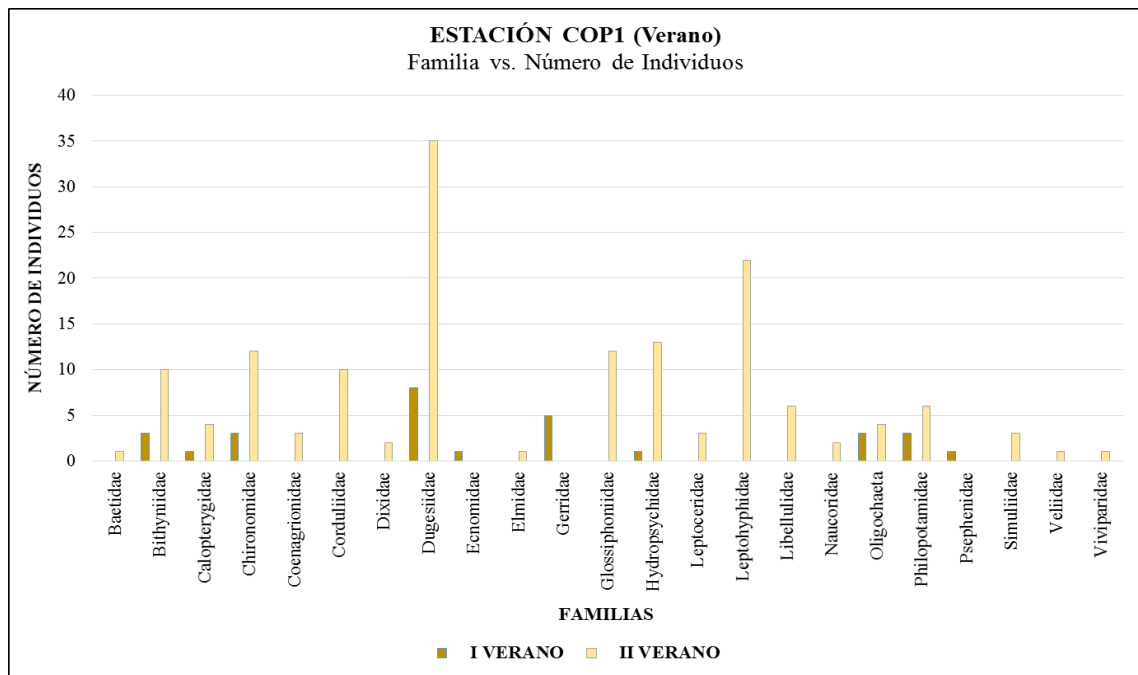


Gráfico 7-3: Distribución de macroinvertebrados recolectados en COP1 durante la temporada seca (Diciembre-Julio)

Realizado por: Katherine Chacón V. 2017

3.2.5.2.2. Temporada lluviosa.

A lo largo de este muestreo, ejecutado en el mes de Enero, se recolectaron 19 familias taxonómicas, que alcanzaron una abundancia total de 216 especímenes; de ésta cantidad, la mayoría de organismos, es decir 65 indicadores, pertenecieron a la familia *Bithyniidae*, seguida por las familias *Glossiphoniidae* y *DugesIIDae* con 30 y 28 organismos respectivamente. Por otro lado, las familias de menor abundancia fueron las *Aphelocheiridae*, *Calamoceratidae*, *Coenagrionidae*, *Corydalidae*, *Gomphidae* y *Pylalidae*, encontrándose un solo organismo de cada una, tal como se observa en la gráfica 8-3.

En este punto y bajo la condición climática antes señalada, se encontraron tan solo 4 familias que permiten el cálculo del índice EPT, las mismas corresponden a *Calamoceratidae*, *Hydropsychidae*, *Leptoceridae*, y *Leptohyphidae*, pertenecientes tanto a la orden Trichoptera como Ephemeroptera. Ver tabla 8-3

En lo referente al segundo muestreo de invierno, se recolectaron 21 familias taxonómicas, con un total de 257 especímenes, por lo que se convirtió en el punto de monitoreo con mayor abundancia durante la temporada lluviosa, siendo las *Hydropsychidae* la familia de mayor presencia con 128 organismos, seguidas por las familias *Leptohyphidae* y *Bithyniidae* con 23 y 19 individuos respectivamente.

Por otro lado, las familias menos abundantes fueron las *Calopterygidae*, *Corydalidae*, *Dixidae*, *Elmidae*, *Philopotamidae*, *Sphaeriidae*, *Staphylinidae* y *Veliidae*, con un solo organismo identificado. Ver gráfica 8-3

Para el cálculo del índice EPT se recolectaron 5 familias correspondientes a las orden Trichoptera (*Ecnomidae*, *Hydropsychidae*, *Leptoceridae* y *Philopotamidae*) y Ephemeroptera (*Leptohiphidae*). Ver tabla 8-3

Tabla 8-3: Abundancia de organismos recolectados en el punto COP₁, durante la época lluviosa (Enero-Marzo)

ABUNDANCIA DE ORGANISMOS DURANTE LA ÉPOCA LLUVIOSA EN LA ESTACIÓN COP1				
Clasificación Taxonómica de Macroinvertebrados			NÚMERO DE INDIVIDUOS	
			I INVIERNO: ENERO	II INVIERNO: MARZO
Clase	Orden	Familia		
Insecta	Hemiptera	Aphelocheiridae	1	-
Gatropoda	Mesogastropoda	Bithyniidae	65	19
Insecta	Trichoptera	Calamoceratidae	1	-
Insecta	Odonata	Calopterygidae	4	1
Insecta	Diptera	Chironomidae	3	18
Insecta	Odonata	Coenagrionidae	1	-
Insecta	Megaloptera	Corydalidae	1	1
Insecta	Diptera	Dixidae	-	1
Turbellaria	Seriata	Dugesiiidae	28	13
Insecta	Trichoptera	Ecnomidae	-	3
Insecta	Coleoptera	Elnidae	-	1
Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	30	16
Insecta	Odonata	Gomphidae	1	2
Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	19	128
Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	3	4
Insecta	Ephemeroptera	Leptohiphidae	23	23
Insecta	Odonata	Libellulidae	4	7
Oligochaeta	-	Oligochaeta	22	5
Insecta	Trichoptera	Philopotamidae	-	1
Insecta	Lepidoptera	Pyalidae	1	4
Insecta	Diptera	Simuliidae	2	7
Bivalvia	Veneroida	Sphaeriidae	4	1
Insecta	Coleoptera	Staphylinidae	-	1
Insecta	Hemiptera	Veliidae	-	1
Gastropoda	Mesogastropoda	Viviparidae	3	-
ABUNDANCIA TOTAL			216	257

Realizado por: Katherine Chacón V. 2017

Fuente: Katherine Chacón

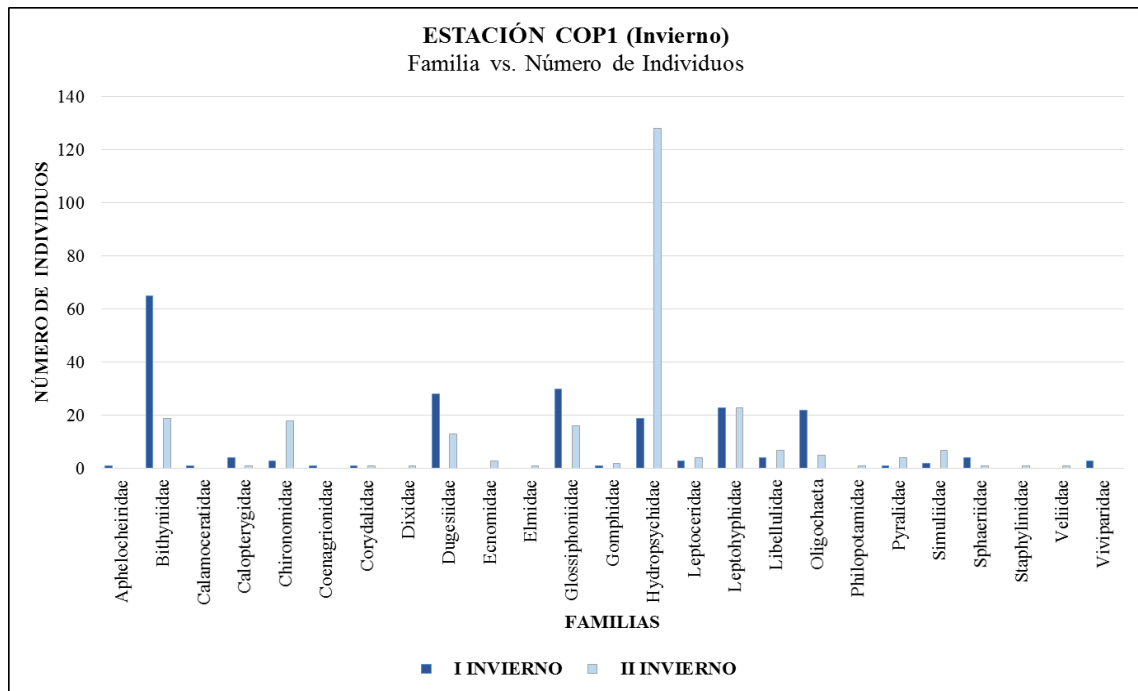


Gráfico 8-3: Distribución de macroinvertebrados recolectados en COP₁ durante la temporada lluviosa (Enero-Marzo)

Realizado por: Katherine Chacón. V. 2017

3.2.5.3. Estación COP₂

3.2.5.3.1. Temporada seca.

En el muestreo realizado durante el mes de Diciembre se identificaron 11 familias taxonómicas, con un total de 54 especímenes; en el que 13 individuos pertenecen a la familia *Bithyniidae*, convirtiéndose en la de mayor abundancia, seguida por las *Dugesidae* e *Hydropsychidae* con 10 indicadores cada una. Por otro lado, las familias *Polythoridae* y *Pyralidae* son las de menor abundancia durante este período, obteniéndose un solo individuo en cada una, tal como se observa en la gráfica 9-3.

Para la determinación de la calidad del agua aplicando el índice EPT en este punto, se utilizaron individuos de las familias *Caenidae*, *Ecnomidae*, *Hydropsychidae*, *Leptohyphidae* y *Philopotamidae*, pertenecientes a la orden Trichoptera como Ephemeroptera, tal como se observa en la tabla 9-3.

Mientras tanto, en el segundo muestreo de época seca (Julio), se recolectaron 29 familias taxonómicas, por lo que se convierte en el punto de análisis con mayor variedad de familias en dicha temporada. Este muestreo permitió la obtención de 269 individuos, de los cuales, 54 pertenecen a la familia *Leptohyphidae*, convirtiéndola en el grupo de mayor abundancia, seguida muy de cerca por la familia *Dugesidae* con un total de 53 organismos.

Todo lo contrario a lo que ocurre con las familias *Calamoceratidae*, *Corydalidae*, *Empididae*, *Hydracarina*, *Hydrobiidae*, *Hydroptilidae*, *Sphaeriidae*, *Tipuliidae* y *Viviparidae*, identificándose tan solo un organismo de cada una, como se observa en la gráfica 9-3.

Finalmente, en este muestreo se trabajaron con 6 familias para la determinación del índice EPT, las mismas que corresponden a *Baetidae*, *Calamoceratidae*, *Hydropsychidae*, *Hydroptilidae*, *Leptoceridae* y *Leptohyphidae*, pertenecientes a las órdenes Trichoptera y Ephemeroptera. Ver tabla 9-3

Tabla 9-3: Abundancia de organismos recolectados en el punto COP₂, durante la época seca (Diciembre- Julio)

ABUNDANCIA DE ORGANISMOS DURANTE LA ÉPOCA SECA EN LA ESTACIÓN COP₂				
Clasificación Taxonómica de Macroinvertebrados			NÚMERO DE INDIVIDUOS	
<i>Clase</i>	<i>Orden</i>	<i>Familia</i>	I VERANO: DICIEMBRE	II VERANO: JULIO
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	-	3
Gatropoda	Mesogastropoda	Bithyniidae	13	43
Insecta	Ephemeroptera	Caenidae	3	-
Insecta	Trichoptera	Calamoceratidae	-	1
Insecta	Odonata	Calopterygidae	-	2
Insecta	Diptera	Chironomidae	-	17
Insecta	Odonata	Coenagrionidae	3	-
Insecta	Odonata	Corduliidae	-	6
Insecta	Megaloptera	Corydalidae	-	1
Insecta	Diptera	Dixidae	-	2
Turbellaria	Seriata	Dugesiiidae	10	53
Insecta	Trichoptera	Ecnomidae	3	-
Insecta	Coleoptera	Elmidae	2	10
Insecta	Diptera	Empididae	-	1
Malacostraca	Amphipoda	Gammaridae	-	2
Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	-	9
Insecta	Odonata	Gomphidae	-	7
Aracnida	Trombidiforme	Hydracarina	-	1
Gastrópoda	Mesogastropoda	Hydrobiidae	-	1
Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	10	6
Insecta	Trichoptera	Hydroptilidae	-	1
Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	-	12
Insecta	Ephemeroptera	Leptohyphidae	6	54
Insecta	Odonata	Libellulidae	-	8
Insecta	Odonata	Megapodagrionidae	-	2
Insecta	Hemiptera	Naucoridae	-	7
Oligochaeta	-	Oligochaeta	-	13
Insecta	Coleoptera	Psephenidae	-	2
Insecta	Trichoptera	Philopotamidae	2	-
Insecta	Odonata	Polythoridae	1	-
Insecta	Lepidoptera	Pyralidae	1	-
Insecta	Diptera	Simuliidae	-	2
Bivalvia	Veneroidea	Sphaeriidae	-	1
Insecta	Diptera	Tipuliidae	-	1
Gastropoda	Mesogastropoda	Viviparidae	-	1
ABUNDANCIA TOTAL			54	269

Realizado por: Katherine Chacón V. 2017

Fuente: Katherine Chacón

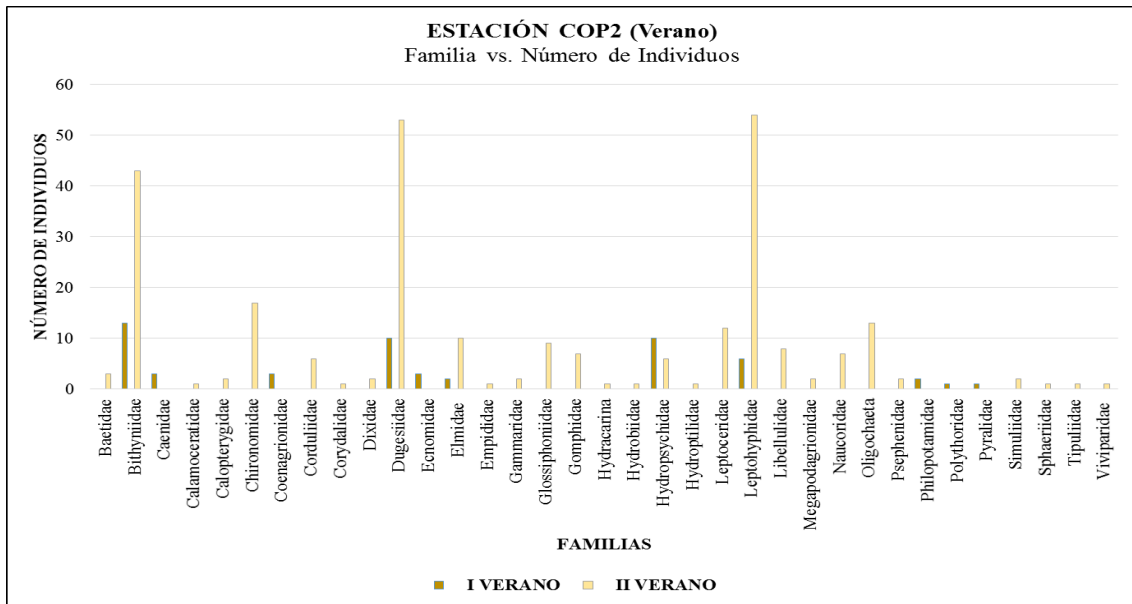


Gráfico 9-3: Distribución de macroinvertebrados recolectados en COP₂ durante la temporada seca (Diciembre-Julio)

Realizado por: Katherine Chacón V. 2017

3.2.5.3.2. Temporada lluviosa.

Durante esta temporada presente en el mes de Enero, COP₂ es el punto con mayor variedad de familias taxonómicas, donde se identificaron 28 de éstas, con un total de 183 organismos, de los cuales 31 indicadores pertenecen a la familia *Bithyniidae* la de mayor abundancia, seguidas por las *Dugesidae* y *Leptohephyidae* con 26 y 16 especímenes respectivamente. Por otro lado, las familias de menor abundancia fueron las *Ceratopogonidae*, *Culicidae*, *Neritidae*, *Psephenidae*, y *Scirtidae*, cada una con un solo espécimen. Ver gráfica 10-3

Para el cálculo del índice EPT se identificaron 5 familias taxonómicas que corresponden a *Euthyplociidae*, *Hydropsychidae*, *Leptoceridae*, *Leptohephyidae*, y *Philopotamidae*. Ver tabla 10-3.

Durante el segundo muestreo, ejecutado en el mes de Marzo, se recolectaron 23 familias taxonómicas, las mismas que alcanzaron una abundancia de 220 especímenes. De este total, la mayoría de organismos pertenece a la familia *Bithyniidae* con 47 individuos, seguida por las familias *Leptohephyidae* con 39 organismos e *Hydropsychidae* con 38 organismos. En contraste, las de menor abundancia, con apenas un individuo encontrado, pertenecen a las familias de las *Elmidae*, *Gomphidae*, *Lampyridae*, *Leptoceridae*, y *Scirtidae*. Ver gráfica 10-3

Finalmente, se identificaron 5 familias que permitieron el cálculo del índice EPT, las mismas corresponden a la orden Trichoptera (*Calamoceratidae*, *Hydropsychidae*, *Leptoceridae* y *Philopotamidae*) y a la orden Ephemeroptera (*Leptohiphidae*). Ver tabla 10-3

Tabla 10-3: Abundancia de organismos recolectados en el punto COP₂, durante la época lluviosa (Enero-Marzo)

ABUNDANCIA DE ORGANISMOS DURANTE LA ÉPOCA LLUVIOSA EN LA ESTACIÓN COP2				
Clasificación Taxonómica de Macroinvertebrados			NÚMERO DE INDIVIDUOS	
<i>Clase</i>	<i>Orden</i>	<i>Familia</i>	I INVIERNO: ENERO	II INVIERNO: MARZO
Gatropoda	Mesogastropoda	Bithyniidae	31	47
Insecta	Trichoptera	Calamoceratidae	-	9
Insecta	Odonata	Calopterygidae	13	12
Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	1	-
Insecta	Diptera	Chironomidae	7	12
Insecta	Odonata	Coenagrionidae	3	2
Insecta	Odonata	Corduliidae	2	-
Insecta	Diptera	Culicidae	1	-
Insecta	Diptera	Dixidae	-	2
Turbellaria	Seriata	Dugesidae	26	8
Insecta	Coleoptera	Elmidae	8	1
Insecta	Ephemeroptera	Euthyplociidae	2	-
Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	10	4
Insecta	Odonata	Gomphidae	2	1
Gastropoda	Mesogastropoda	Hydrobiidae	2	-
Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	5	38
Insecta	Coleoptera	Lampyridae	-	1
Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	3	1
Insecta	Ephemeroptera	Leptohiphidae	16	39
Insecta	Odonata	Libellulidae	6	2
Insecta	Odonata	Megapodagrionidae	2	-
Insecta	Hemiptera	Naucoridae	-	5
Gatropoda	Archaeogastropoda	Neritidae	1	-
Oligochaeta	-	Oligochaeta	10	2
Insecta	Trichoptera	Philopotamidae	4	6
Insecta	Odonata	Polythoridae	4	5
Insecta	Coleoptera	Psephenidae	1	-
Insecta	Lepidoptera	Pyralidae	2	-
Insecta	Coleoptera	Scirtidae	1	1
Insecta	Diptera	Simuliidae	12	4
Bivalvia	Veneroida	Sphaeriidae	3	2
Gastropoda	Mesogastropoda	Viviparidae	5	16
ABUNDANCIA TOTAL			183	220

Realizado por: Katherine Chacón V. 2017

Fuente: Katherine Chacón

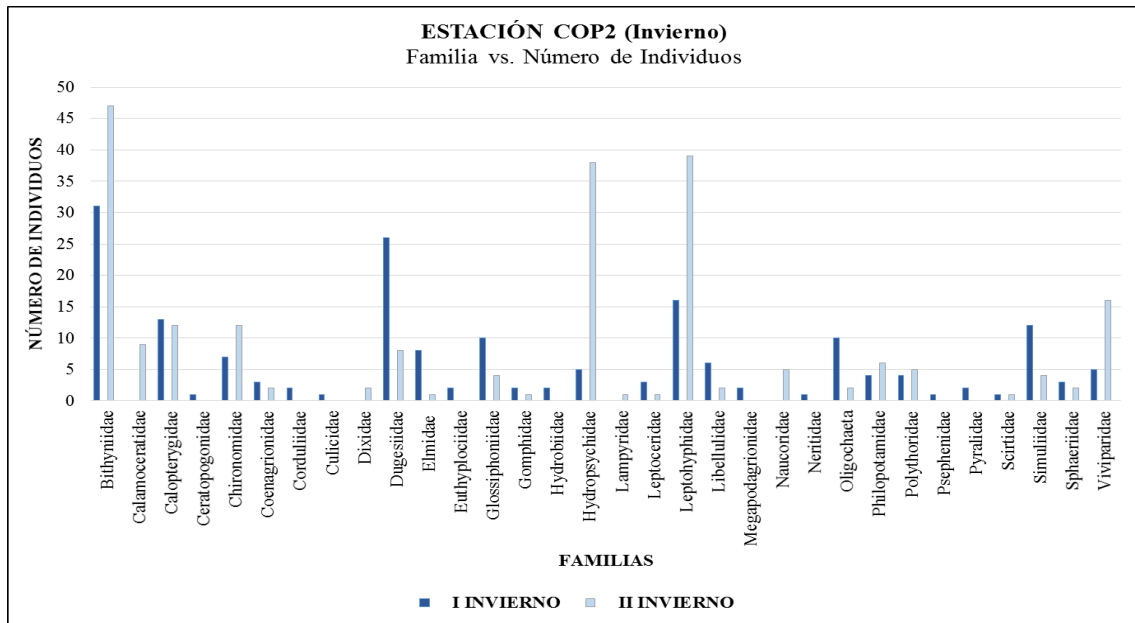


Gráfico 10-3: Distribución de macroinvertebrados recolectados en COP₂ durante la temporada lluviosa (Enero-Marzo)

Realizado por: Katherine Chacón. V. 2017

3.2.5.4. Estación COP₃

3.2.5.4.1. Temporada seca.

En el muestreo realizado durante el mes de Diciembre, se recolectaron apenas 7 familias taxonómicas, cuya abundancia total fue de 28 organismos, de los cuales, 11 pertenecieron a la familia *Dugesiidae*, convirtiéndola en la clasificación más abundante, al igual que *Elmidae*, e *Hydropsychidae*, cada una con 9 y 4 individuos respectivamente; mientras que las familias *Bithyniidae*, *Leptohyphidae*, *Lymnaeidae* y *Pseudothephusidae*, fueron las menos abundantes, con tan solo un espécimen respectivamente. Ver gráfica 11-3.

Durante este mismo análisis, se localizaron únicamente 2 familias para la determinación de la calidad del agua a través del índice EPT, las mismas que corresponden a *Hydropsychidae* perteneciente a la orden Trichoptera y *Leptohyphidae* de la orden Ephemeroptera, como se observa con mayor detalle en la tabla 11-3.

En el segundo muestreo, ejecutado en el mes de Julio, se identificaron 17 familias taxonómicas, cuya abundancia total fue de 242 especímenes, de éstos, 140 organismos pertenecieron a la familia *Leptohyphidae*, razón por la cual se convirtió en la familia más abundante, seguida por la familia *Dugesiidae* que obtuvo 43 individuos. Todo lo contrario a las familias *Coenagrionidae*, *Culicidae*, *Gomphidae*, *Hydracarina* y *Sphaeriidae*, de las cuales solo se identificó tan solo un organismo. Ver gráfica 11-3

De las 17 familias antes mencionadas, 3 familias permitieron determinar la calidad del agua en dicho punto, empleando el índice EPT, estas corresponden a *Calamoceratidae* y *Leptoceridae* de la orden Trichoptera y *Leptohypidae* de la orden Ephemeroptera. Ver tabla 11-3

Tabla 11-3: Abundancia de organismos recolectados en el punto COP₃, durante la época seca (Diciembre- Julio)

ABUNDANCIA DE ORGANISMOS DURANTE LA ÉPOCA SECA EN LA ESTACIÓN COP3				
Clasificación Taxonómica de Macroinvertebrados			NÚMERO DE INDIVIDUOS	
			I VERANO: DICIEMBRE	II VERANO: JULIO
<i>Clase</i>	<i>Orden</i>	<i>Familia</i>		
Gatropoda	Mesogastropoda	Bithyniidae	1	18
Insecta	Trichoptera	Calamoceratidae	-	2
Insecta	Odonata	Calopterygidae	-	9
Insecta	Diptera	Chironomidae	-	7
Insecta	Odonata	Coenagrionidae	-	1
Insecta	Diptera	Culicidae	-	1
Turbellaria	Seriata	Dugesiidae	11	43
Insecta	Coleoptera	Elmidae	9	-
Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	-	3
Insecta	Odonata	Gomphidae	-	1
Aracnida	Trombidiforme	Hydracarina	-	1
Insecta	Tricoptera	Hydropsychidae	4	-
Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	-	4
Insecta	Ephemeroptera	Leptohypidae	1	140
Insecta	Odonata	Libellulidae	-	4
Gatropoda	Bassomatophora	Lymnaeidae	1	-
Insecta	Odonata	Megapodagrionidae	-	2
Insecta	Hemiptera	Naucoridae	-	2
Oligochaeta	-	Oligochaeta	-	3
Malacostraca	Decapoda	Pseudothelphusidae	1	-
Bivalvia	Veneroida	Sphaeriidae	-	1
ABUNDANCIA TOTAL			28	242

Realizado por: Katherine Chacón V. 2017

Fuente: Katherine Chacón

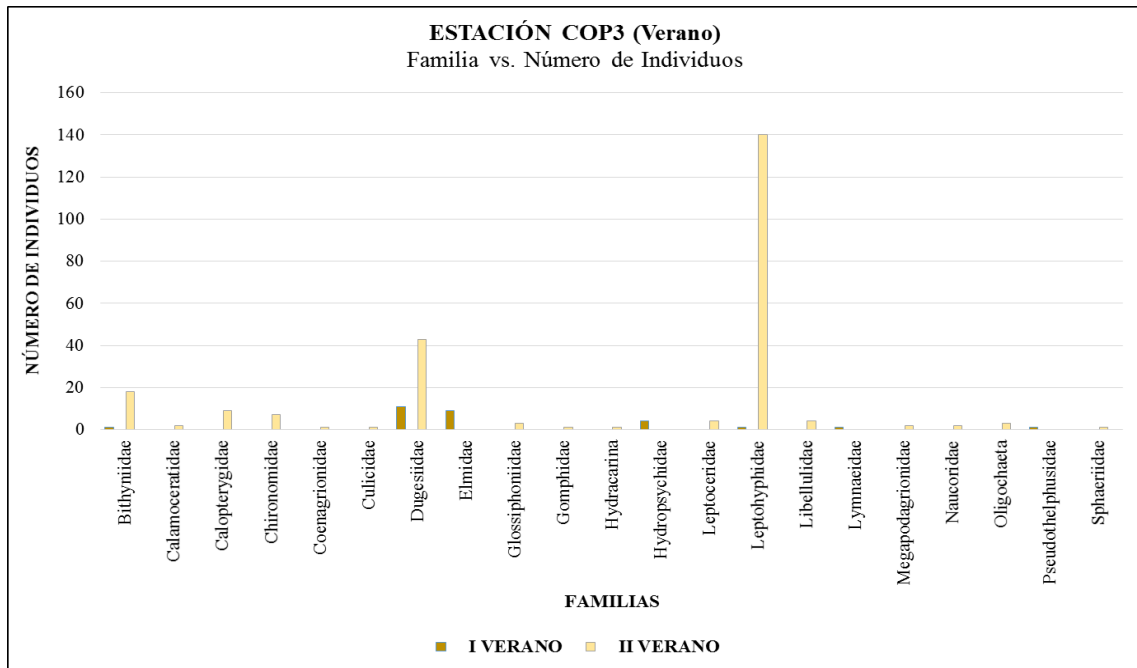


Gráfico 11-3: Distribución de macroinvertebrados recolectados en COP₃ durante la temporada seca (Diciembre-Julio)

Realizado por: Katherine Chacón V. 2017

3.2.5.4.2. Temporada lluviosa.

A lo largo de este muestreo, ejecutado en el mes de Enero, se recolectaron 17 familias taxonómicas, que alcanzaron un total de 161 indicadores; de éstos, la familia *Bithyniidae* se convirtió en la comunidad biológica con mayor cantidad de indicadores pues reunió un total de 45 organismos. Otras familias abundantes fueron las *Dugesidae* y *Leptohyphidae*, con 28 y 24 indicadores respectivamente; a diferencia de las familias *Baetidae*, *Ephydriidae*, *Leptoceridae*, *Polythoridae* y *Pseudothelphusidae* con un solo espécimen por cada familia. Ver gráfica 12-3.

Para determinar la calidad del agua empleando el índice EPT, se trabajó con 5 familias taxonómicas, las mismas que fueron *Baetidae*, *Hydropsychidae*, *Leptoceridae*, *Leptohyphidae* y *Philopotamidae*, pertenecientes a los órdenes Trichoptera y Ephemeroptera, como se observa en la tabla 12-3

Durante el segundo muestreo de invierno (Marzo) se obtuvieron 17 familias taxonómicas, con un total de 186 especímenes, de los cuales, la familia más numerosa resultó ser *Hydropsychidae*, reuniendo un total de 40 organismos. Así mismo, otras familias numerosas fueron las *Leptohyphidae* con 36 indicadores y *Dugesidae* con 34. Por otro lado las familias menos abundantes fueron las *Calamoceratidae*, *Culicidae*, *Elmidae*, *Glossiphoniidae* y *Oligochaeta*, con tan solo un organismo por familia. Ver gráfica 12-3

En este punto, se obtuvieron 5 familias de utilidad para el cálculo del índice EPT, las mismas que representan a las *Calamoceratidae*, *Hydropsychidae*, *Leptoceridae*, *Leptohiphidae* y *Philopotamidae*. Ver tabla 12-3

Tabla 12-3: Abundancia de organismos recolectados en el punto COP₃, durante la época lluviosa (Enero-Marzo)

ABUNDANCIA DE ORGANISMOS DURANTE LA ÉPOCA LLUVIOSA EN LA ESTACIÓN COP3				
Clasificación Taxonómica de Macroinvertebrados			NÚMERO DE INDIVIDUOS	
			I INVIERNO: ENERO	II INVIERNO: MARZO
<i>Clase</i>	<i>Orden</i>	<i>Familia</i>		
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	1	-
Gatropoda	Mesogastropoda	Bithyniidae	45	25
Insecta	Trichoptera	Calamoceratidae	-	1
Insecta	Odonata	Calopterygidae	8	2
Insecta	Diptera	Chironomidae	19	11
Insecta	Odonata	Coenagrionidae	-	3
Insecta	Diptera	Culicidae	-	1
Insecta	Diptera	Dixidae	-	3
Turbellaria	Seriata	Dugesidae	28	34
Insecta	Coleoptera	Elmidae	2	1
Insecta	Diptera	Ephydriidae	1	-
Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	-	1
Gastropoda	Mesogastropoda	Hydrobiidae	10	-
Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	4	40
Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	1	8
Insecta	Ephemeroptera	Leptohiphidae	24	36
Insecta	Odonata	Libellulidae	3	-
Oligochaeta	-	Oligochaeta	3	1
Insecta	Trichoptera	Philopotamidae	7	7
Insecta	Odonata	Polythoridae	1	-
Malacostraca	Decapoda	Pseudothelphusidae	1	-
Insecta	Lepidoptera	Pyralidae	3	-
Insecta	Diptera	Simuliidae	-	7
Gastropoda	Mesogastropoda	Viviparidae	-	5
ABUNDANCIA TOTAL			161	186

Realizado por: Katherine Chacón V. 2017

Fuente: Katherine Chacón

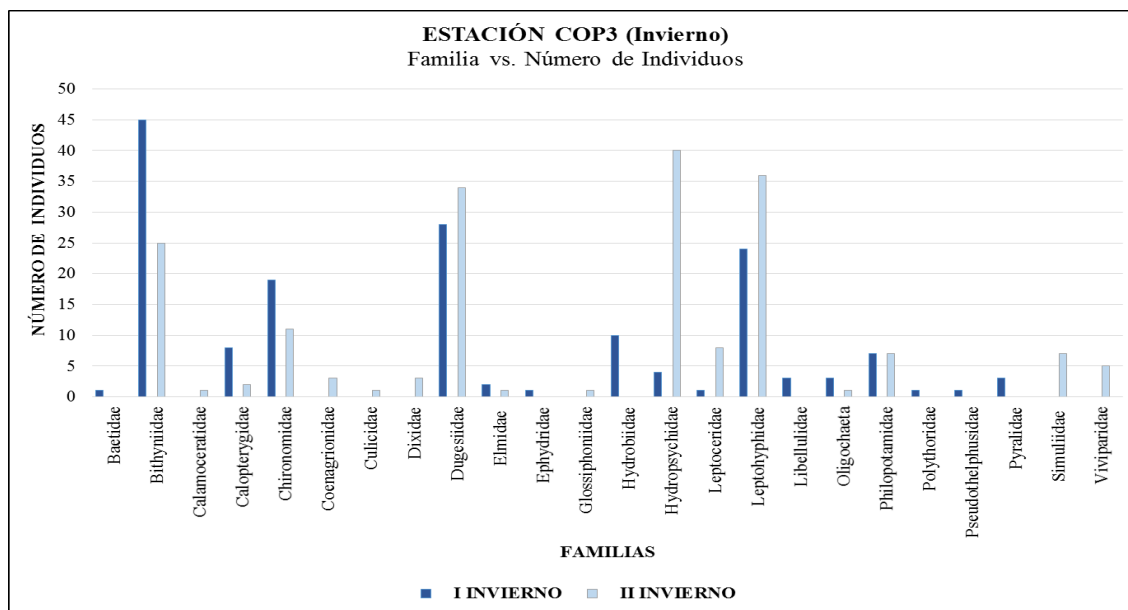


Gráfico 12-3: Distribución de macroinvertebrados recolectados en COP₃ durante la temporada lluviosa (Enero-Marzo)

Realizado por: Katherine Chacón V. 2017

3.2.5.5. Estación COP₄

3.2.5.5.1. Temporada seca.

En este muestreo ejecutado durante el mes de Diciembre, se recolectaron 7 familias taxonómicas, que alcanzaron una abundancia total de 33 especímenes, de los cuales 17 corresponden a la familia *DugesIIDae*, convirtiéndola en la familia más abundante del presente muestreo, seguida por *Elmidae* que alcanzó un total de 10 indicadores. Todo lo contrario a los resultados presentados por las familias *Caenidae*, *Corydalidae*, *Gomphidae* y *Viviparidae*, que reúnen a un organismo cada una, clasificándolas como las familias menos abundantes, tal como se observa en la gráfica 13-3.

Durante este mismo muestreo, se identificó apenas una familia para la determinación de la calidad del agua, a través del índice EPT, la misma que corresponde a *Caenidae* perteneciente a la orden Ephemeroptera. Ver tabla 13-3

Por su parte, el segundo muestreo desarrollado durante el mes de Julio, permitió la recolección de 21 familias taxonómicas, cuya abundancia total alcanzó un valor considerable de 345 individuos, convirtiéndola en la estación de monitoreo con mayor número de especímenes, de los cuales, 231 individuos pertenecen a la familia *Leptohyphidae*, considerándola como la de mayor abundancia, seguida de la *DugesIIDae* con 46 organismos.

Las familias menos abundantes fueron las *Coenagrionidae*, *Corydalidae*, *Dixidae*, *Elmidae*, *Empididae*, *Gomphidae*, *Hydracarina*, *Leptoceridae*, *Limoniidae*, *Oligochaeta*, *Philopotamidae*, *Psephenidae*, *Tipuliidae* y *Veliidae*, evidenciándose tan solo un indicador. Ver gráfica 13-3

Para determinar la calidad del agua, empleando el índice EPT, se trabajó con 5 familias identificadas, que corresponden a *Baetidae*, *Hydropsychidae*, *Leptoceridae*, *Leptohyphidae* y *Philopotamidae*, de las órdenes Ephemeroptera y Trichoptera, como se observa con mayor detalle en la tabla 13-3

Tabla 13-3: Abundancia de organismos recolectados en el punto COP₄, durante la época seca (Diciembre- Julio)

ABUNDANCIA DE ORGANISMOS DURANTE LA ÉPOCA SECA EN LA ESTACIÓN COP4				
Clasificación Taxonómica de Macroinvertebrados			NÚMERO DE INDIVIDUOS	
			I VERANO: DICIEMBRE	II VERANO: JULIO
<i>Clase</i>	<i>Orden</i>	<i>Familia</i>		
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	-	4
Gatropoda	Mesogastropoda	Bithyniidae	-	5
Insecta	Ephemeroptera	Caenidae	1	-
Insecta	Odonata	Calopterygidae	-	5
Insecta	Diptera	Chironomidae	-	10
Insecta	Odonata	Coenagrionidae	-	1
Insecta	Odonata	Cordulidae	2	-
Insecta	Megaloptera	Corydalidae	1	1
Insecta	Diptera	Dixidae	-	1
Turbellaria	Seriata	Dugesiiidae	17	46
Insecta	Coleoptera	Elmidae	10	1
Insecta	Diptera	Empididae	-	1
Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	-	6
Insecta	Odonata	Gomphidae	1	1
Aracnida	Trombidiforme	Hydracarina	-	1
Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	-	15
Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	-	1
Insecta	Ephemeroptera	Leptohyphidae	-	231
Insecta	Odonata	Libellulidae	-	5
Insecta	Diptera	Limoniidae	-	1
Oligochaeta	-	Oligochaeta	-	1
Insecta	Trichoptera	Philopotamidae	-	1
Insecta	Coleoptera	Psephenidae	-	1
Insecta	Lepidoptera	Pyralidae	-	4
Insecta	Diptera	Tipuliidae	-	1
Insecta	Hemiptera	Veliidae	-	1
Gatropoda	Mesogastropoda	Viviparidae	1	-
ABUNDANCIA TOTAL			33	345

Realizado por: Katherine Chacón V. 2017

Fuente: Katherine Chacón

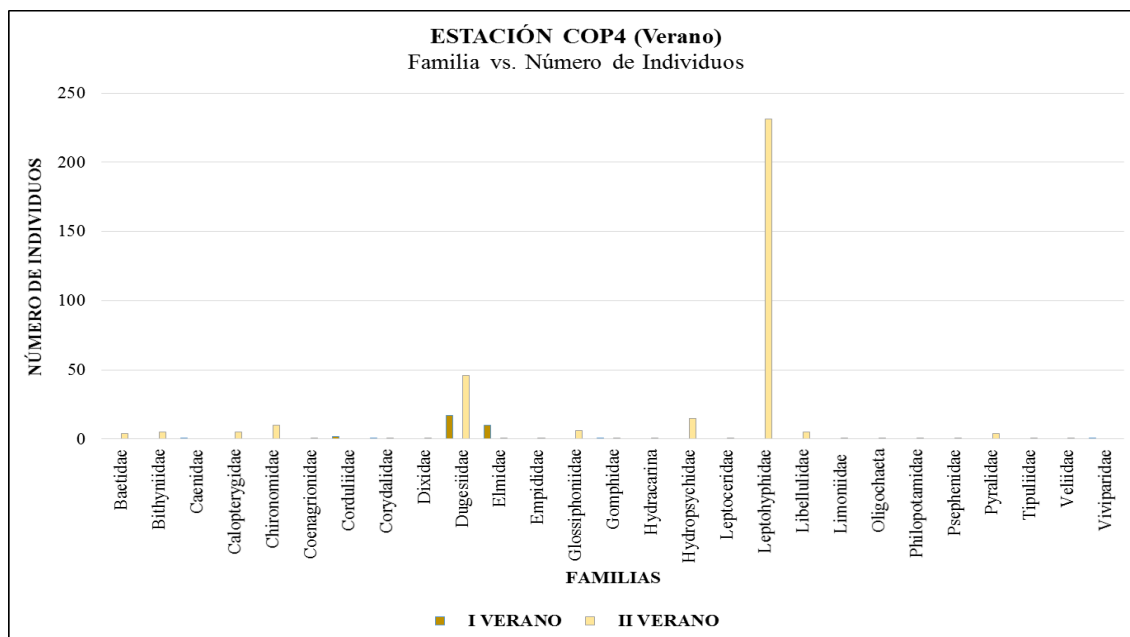


Gráfico 13-3: Distribución de macroinvertebrados recolectados en COP4 durante la temporada seca (Diciembre-Julio)

Realizado por: Katherine Chacón V. 2017

3.2.5.5.2. Temporada lluviosa.

En el muestreo realizado durante el mes de Enero, se obtuvieron 13 familias taxonómicas, con un total de 48 especímenes, donde la familia de mayor presencia fue la *Leptohyphidae* con 14 individuos, seguida por las *Dugesidae* y *Libellulidae*, cada una con 7 bioindicadores. A diferencia de las familias citadas, las *Euthyplociidae*, *Hydropsychidae*, *Leptoceridae*, *Philopotamidae* y *Pseudothelphusidae* fueron las de menor abundancia, cada una con un solo espécimen, tal como se observa en la gráfica 14-3.

De las 14 familias señaladas, 5 fueron de utilidad para la aplicación del índice EPT, las cuales corresponden a las *Euthyplociidae*, *Hydropsychidae*, *Leptoceridae*, *Leptohyphidae* y *Philopotamidae*, pertenecientes a los órdenes Trichoptera y Ephemeroptera, como se observa en la tabla 14-3.

Durante el segundo muestreo de invierno, se recolectaron 17 familias taxonómicas con un total de 193 especímenes, donde las de mayor abundancia fueron las *Hydropsychidae* (45 individuos), seguida por *Chironomidae* y *Simuliidae* con 38 y 29 indicadores respectivamente, mientras que las familias *Dixidae*, *Libellulidae*, *Megapodagrionidae*, y *Pyralidae*, son las de menor presencia con apenas un organismo respectivamente. Ver gráfica 14-3.

Por otro lado, se recolectaron 4 familias que son de utilidad para el cálculo del índice EPT, donde las *Hydropsychidae*, *Leptoceridae*, y *Philopotamidae* pertenecen a la orden Trichoptera y las *Leptohyphidae*, a las Ephemeroptera. Ver tabla 14-3

Tabla 14-3: Abundancia de organismos recolectados en el punto COP₄, durante la época lluviosa (Enero-Marzo)

ABUNDANCIA DE ORGANISMOS DURANTE LA ÉPOCA LLUVIOSA EN LA ESTACIÓN COP4				
Clasificación Taxonómica de Macroinvertebrados			NÚMERO DE INDIVIDUOS	
			I INVIERNO: ENERO	II INVIERNO: MARZO
<i>Clase</i>	<i>Orden</i>	<i>Familia</i>		
Gatropoda	Mesogastropoda	Bithyniidae	2	3
Insecta	Odonata	Calopterygidae	2	-
Insecta	Diptera	Chironomidae	5	38
Insecta	Odonata	Coenagrionidae	4	2
Insecta	Diptera	Dixidae	-	1
Turbellaria	Seriata	Dugesiidae	7	23
Insecta	Coleoptera	Elmidae	-	2
Insecta	Ephemeroptera	Euthyplociidae	1	-
Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	-	3
Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	1	45
Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	1	2
Insecta	Ephemeroptera	Leptohyphidae	14	27
Insecta	Odonata	Libellulidae	7	1
Insecta	Odonata	Megapodagrionidae	-	1
Oligochaeta	-	Oligochaeta	2	2
Insecta	Trichoptera	Philopotamidae	1	10
Malacostraca	Decapoda	Pseudothelphusidae	1	-
Insecta	Lepidoptera	Pyralidae	-	1
Insecta	Diptera	Simuliidae	-	29
Gastropoda	Mesogastropoda	Viviparidae	-	3
ABUNDANCIA TOTAL			48	193

Realizado por: Katherine Chacón V. 2017

Fuente: Katherine Chacón

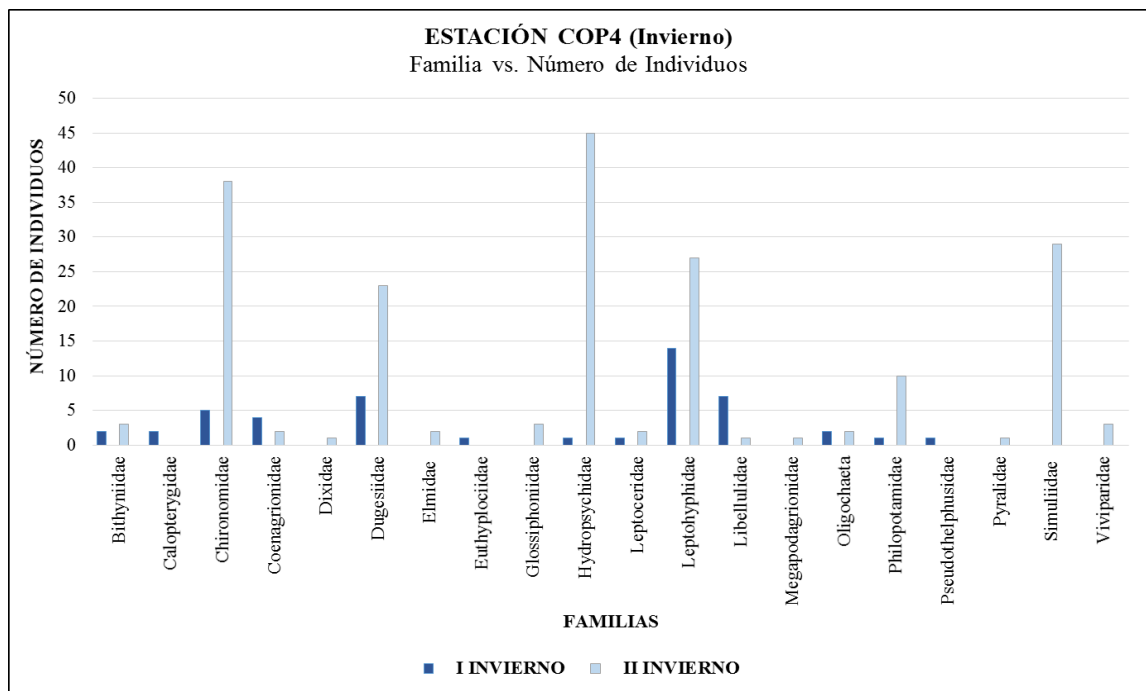


Gráfico 14-3: Distribución de macroinvertebrados recolectados en COP₄ durante la temporada lluviosa (Enero-Marzo)

Realizado por: Katherine Chacón V. 2017

3.2.6. Calidad del agua por punto de muestreo, según los índices BMWP/Col y EPT

Una vez finalizados los trabajos de identificación y clasificación de los macroinvertebrados recolectados a lo largo del tramo de estudio, se determinó la calidad del agua empleando los índices BMWP/Col y EPT. El nivel de tolerancia y los porcentajes de EPT alcanzados en cada punto, permitieron establecer la calidad del agua en el tramo Paccha-Jardín del Upano, tal como se muestra en la tabla 15-3. Otro índice utilizado en el presente estudio fue el BMWP/Col, debido a la flexibilidad que presenta con respecto al EPT, ya que incorpora todos los organismos encontrados dentro del río, a diferencia del EPT que es más estricto pues únicamente considera organismos de las órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera.

Es importante señalar que el tramo en estudio se encuentra ubicado en tres zonas bioclimáticas muy marcadas como son el Húmedo Sub-Tropical, Muy Húmedo Sub-Tropical, y Muy Húmedo Templado (Garbay *et al.*, 2012, pp. 27-28), por lo que los datos obtenidos durante los muestreos realizados en la temporada seca (Diciembre 2016 y Julio 2017), presentaron diferencias significativas debido a la inestabilidad climática presentada durante el estudio, donde las precipitaciones aún se manifiestan de forma esporádica y la transición entre la temporada lluviosa y la temporada seca se ha visto prolongada. Ver tabla 1-3

Tabla 15-3: Calidad del agua de las diferentes estaciones de monitoreo según: BMWP/Col y EPT

PUNTO DE MONITOREO	VERANO-1 (Diciembre)				VERANO-2 (Julio)				INVIERNO-1 (Enero)				INVIERNO-2 (Marzo)			
	Tolerancia (BMWP/Col)	EPT %	CALIDAD		Tolerancia (BMWP/Col)	EPT %	CALIDAD		Tolerancia (BMWP/Col)	EPT %	CALIDAD		Tolerancia (BMWP/Col)	EPT %	CALIDAD	
			BMWP/Col	EPT			BMWP/Col	EPT			BMWP/Col	EPT			BMWP/Col	EPT
COPT	40	26,67	DUDOSA	REGULAR	148	33,33	BUENA	REGULAR	125	19,49	BUENA	MALA	158	56,38	BUENA	BUENA
COPI	59	17,24	DUDOSA	MALA	122	29,80	BUENA	REGULAR	115	21,30	BUENA	MALA	125	61,87	BUENA	BUENA
COP2	73	44,44	ACEPTABLE	REGULAR	176	28,62	BUENA	REGULAR	173	16,39	BUENA	MALA	150	42,27	BUENA	REGULAR
COP3	40	17,86	DUDOSA	MALA	92	60,33	ACEPTABLE	BUENA	101	22,98	BUENA	MALA	98	49,46	ACEPTABLE	REGULAR
COP4	48	3,03	DUDOSA	MALA	139	73,04	BUENA	BUENA	79	37,50	ACEPTABLE	REGULAR	96	43,52	ACEPTABLE	REGULAR

Realizado por: Katherine Chacón V. 2017

Fuente: Katherine Chacón

Frente a esto, se realizó el análisis de los índices obtenidos (EPT y BMWP/Col) en cada uno de los puntos de muestreo considerados para el presente estudio, tal como se describe a continuación:

- **Estación COP_T**

En COP_T, el índice BMWP/Col indica que la mayor parte del tiempo (temporada seca y lluviosa), la calidad del agua es buena, mientras que el índice EPT señala que la calidad es regular (Ver gráfica 15-3 y 16-3). Dichas fluctuaciones de resultados (BUENA-REGULAR) se debe a que el segundo índice es mucho más estricto que el primero, pues trabaja únicamente con indicadores de buena calidad del agua, además de no considerar otros organismos como los coleópteros, que de acuerdo al BMWP/Col tienen un nivel de tolerancia igual a 10.

En lo que respecta al índice BMWP/Col, durante el primer muestreo de verano, las familias taxonómicas logran un nivel de tolerancia de 40, a diferencia del segundo muestreo, donde el nivel de tolerancia es de 148. Dichos valores clasifican al agua como DUDOSA, y BUENA respectivamente (Ver tabla 6-1). La variación de este criterio se debe a las actividades antrópicas desarrolladas alrededor del punto de muestreo durante el mes de Diciembre, lo que produjo una alteración temporal del Río; sin embargo, en los dos muestreos realizados durante la estación húmeda, se obtuvieron valores de 125 y 158 respectivamente, lo que de acuerdo a la clasificación, se consideran aguas de BUENA calidad (aguas muy limpias a limpias).

Con lo que respecta al EPT, durante los muestreos realizados en la temporada seca en los meses de Diciembre 2016 y Julio 2017, se obtuvieron porcentajes de 26,67% y 33,33%, lo que indica que de acuerdo a la tabla 7-1, la calidad del agua es REGULAR, siendo esto producto de las alteraciones de tipo antrópicas que se estarían produciendo en las zonas altas del río.

Durante la época lluviosa en cambio, se produce una variación en los resultados, pues en el mes de Enero del 2017, el porcentaje EPT fue de 19,49%, lo que indica que la calidad del agua es MALA, debido principalmente a la abundancia de especímenes de las familias *Bithyniidae* y *Dugesiidae* (Ver tabla 6-3), al incremento del caudal y arrastre de sustratos sólidos presentes en las riberas (truncos, ramas, piedras), convirtiéndose en el hábitat predilecto de dichos organismos (MMAYA, 2012, pp. 26-83). Finalmente, el muestreo realizado en el mes de Marzo presenta una población de EPT igual al 56,38%, lo que indica que la calidad del agua es BUENA, coincidiendo además con el BMWP/Col.

- **Estación COP₁**

De acuerdo al índice BMWP/Col, la calidad del agua durante gran parte del tiempo es buena, a diferencia del EPT que indica una mala calidad de agua (Ver gráfica 15-3 y 16-3). Estos resultados se deben al aporte de aguas residuales que recibe el río, provenientes de las viviendas aledañas al punto en estudio, lo cual perturba notoriamente la calidad del recurso. Durante la primera época estiva, los caudales registrados son relativamente bajos, incrementando las concentraciones de contaminantes presentes en las aguas de descarga, e influenciado notablemente en los bajos niveles de calidad. (Ver tabla 1-3)

Durante la temporada estiva y aplicando el BMWP/Col, se obtienen niveles de tolerancia de 59 y 122 respectivamente, que corresponden a aguas moderadamente contaminadas y aguas muy limpias a limpias, donde la calidad de la misma es DUDOSA y BUENA. (Tabla 6-1). La fluctuación se debe al aporte de materia orgánica que se deposita al interior del curso y que proviene de la fuente antes citada, además de los caudales reportados, producto de las condiciones climáticas y su variabilidad. En la época lluviosa se obtienen niveles de tolerancia de 115 y 125, lo que indica que la calidad del agua es BUENA, dicha estimación se debe al incremento del caudal del río producto de las escorrentías y a las descargas generadas en el Copueno.

Por otro lado, el índice EPT obtenido durante la temporada seca (primer y segundo muestreo) y parte de la lluviosa (primer muestreo), establece que la calidad del agua es MALA y REGULAR, lo que corresponde a aguas severamente y moderadamente impactadas. De acuerdo al índice EPT, durante los tres muestreos señalados, se registraron alrededor de 17,24%, 29,80% y 21,30% especímenes respectivamente, por lo que debido a la escasa presencia de EPT y a la abundancia de *Dugesiidae*, *Bithyniidae*, *Chironomidae*, *Glossiphoniidae* y *Oligochaetas*, la calidad del río tiende a decrecer.

El desarrollo de éstos organismo se da principalmente en aguas estancadas y con elevado contenido de materia orgánica; por lo que, la disminución de la calidad del agua en la estación COP₁ se debe a la presencia de descargas de aguas residuales provenientes de las viviendas aledañas al sitio de estudio. En contraste, el segundo muestreo de la época lluviosa presenta un porcentaje del 61,87%, indicando una BUENA calidad del agua, lo que se debe a los caudales alcanzados en ese muestreo, suficientes para generar la solubilización de cualquier tipo de contaminantes, sin que se genere una afectación a los organismos presentes en el río, permitiendo así la proliferación de EPT. (Ver tabla 15-3)

- **Estación COP₂**

De acuerdo a los índices BMWP/Col y EPT, la calidad del agua en este punto es BUENA y REGULAR (Ver gráfica 15-3 y 16-3), siendo uno de los principales causales el aporte de descargas de aguas residuales generadas por los pobladores de la localidad, además de la desembocadura del Río Alonso que atraviesa zonas donde se realizan actividades ganaderas, lo que perjudica la salud del río Copueno, pues las escorrentías trasportan compuestos eutrofizantes, lo cual incide en la reducción del oxígeno disuelto en el río.

En lo referente al índice BMWP/Col, en el primer muestreo realizado en época estiva se obtuvo un nivel de tolerancia de 73, mientras que durante el segundo muestreo una tolerancia de 176, por lo que la calidad es ACEPTABLE y BUENA respectivamente, tendiendo a ser aguas ligeramente contaminadas y aguas muy limpias a limpias (Ver tabla 6-1). Sin embargo, durante los dos muestreos realizados en la época lluviosa se obtuvieron niveles de tolerancia de 173 y 150 respectivamente, otorgándolos a ambos una calificación de BUENA; esto se debe a las aportaciones del Río Alonso que genera un incremento del caudal y la capacidad de dilución, con lo que incide en el incremento de macroinvertebrados de diferentes familias, siendo de utilidad para la determinación del BMWP/Col.

Mientras tanto, para la determinación del índice EPT durante la época estiva y húmeda, se identificaron un total de 44,44% de EPT en el primer muestreo, un 28,62% en el segundo muestreo de la temporada seca y un 42,27% en la segunda temporada lluviosa, por lo que la calidad del agua en COP₂ es REGULAR, indicativo de aguas moderadamente impactadas (Ver tabla 7-1); todo esto debido a las descargas de aguas residuales, al arrastre de partículas y minerales provocado por las escorrentías y las aportaciones del Río Alonso que reduce el crecimiento de especímenes de buena calidad y a la proliferación de organismos de las familias *Dugesiidae*, *Oligochaeta*, *Bithyniidae*, *Chironomidae*, entre otros.

En lo que se refiere al primer muestreo realizado en la estación húmeda, se identificó un total de 16,39% de EPT, lo que indica que en la estación COP₂, el agua del río presenta severos impactos y la calidad es MALA; dicha alteración se debe principalmente al arrastre de materia proveniente de las escorrentías y del Río Alonso, además de la zona alta del río Copueno, lo que incide en la reducción de EPT, al igual que lo ocurrido durante la primera época lluviosa.

- **Estación COP₃**

Según los resultados obtenidos con el índice BMWP/Col y EPT a lo largo de las dos estaciones, se pudo evidenciar que la calidad del agua es ACEPTABLE y MALA respectivamente (Ver gráfica 15-3 y 16-3). Esta fluctuación se debe a la incorporación de ciertos elementos derivados de las actividades antrópicas, visto que en los alrededores de la estación COP₃ se encuentra ubicado el Barrio San Juan, del cual se generan descargas de aguas residenciales, provocando alteraciones sobre el río en mención.

Según el índice BMWP/Col, en los muestreos realizados durante la temporada estiva se obtuvieron niveles de tolerancia de 40 y 92, lo que indica que las aguas presentan una moderada y ligera contaminación, lo que provoca que la calidad del agua en COP₃ sea DUDOSA y ACEPTABLE; dicha diferenciación se produce por la marcada estacionalidad presentada en el punto de estudio, debido a la presencia de lluvias dispersas durante la realización del segundo muestreo. Otro aspecto a considerar es la capacidad de adaptación que tienen ciertas especies de macroinvertebrados (entre estos, indicadores de buena calidad), que poseen la capacidad de desarrollar estructuras de recubrimiento durante el estado larvario (Capuchones), lo que les permite sobrevivir en condiciones desfavorables. (González *et al.*, 2012, p. 136)

Por otro lado, durante la época lluviosa, los especímenes presentan niveles de tolerancias de 101 y 98, lo que indica que las aguas sean consideradas como limpias o ligeramente contaminadas, y la calidad del agua sea BUENA y ACEPTABLE. Dicha diferenciación se debe fundamentalmente a las descargas provenientes del Barrio San Juan y al incremento de los niveles del río durante el período lluvioso, lo cual origina un mayor arrastre de sedimentos y sustrato, y la formación de empalizadas, lo cual reduce la velocidad de la corriente y favorece al desarrollo de macroinvertebrados. Cuando el nivel del río tiende a normalizarse, en COP₃ se observa la presencia de pozas, que sumadas a las descargas antes mencionadas, contribuyen a un incremento de compuestos orgánicos e inorgánicos, pudiendo incidir en la proliferación de organismos indicadores de mala calidad en este tramo. (Ramírez, 2009, pp. 85-86)

Por otro lado, aplicando el índice EPT, se obtiene que del total de especímenes encontrados durante el primer y segundo muestreo, el 17,86% y 60,33% corresponden a Ephemeropteros, Plecopteros y Trichopteros, lo que indica que la calidad del agua en el período estivo fue MALA y BUENA respectivamente. Dichos valores, al igual que el índice BMWP/Col se ven influenciados por la variación del caudal, considerándose además que durante el segundo muestreo, la acumulación de sedimentos transportados por el río y la formación de un dique natural, favoreció a la proliferación de Ephemeropteros. En lo que respecta a la época lluviosa, los EPT alcanzan porcentajes del 49,46% y 22,98%, otorgándole al agua una calidad REGULAR y MALA, debido principalmente al incremento del caudal, a las descargas provenientes de viviendas apostadas alrededor del río y al arrastre de materiales y sedimentos; todo esto incide en el incremento de la velocidad del río y en la reducción de sitios de anidación de EPT, favoreciendo el desarrollo de organismos bentónicos tolerantes que tienden a adherirse a rocas y empalizadas para evitar ser transportados hacia el valle. (Medina *et al.*, 2009, pp. 19-20)

- **Estación COP₄**

De acuerdo a los datos obtenidos de la aplicación de los índices BMWP/Col y al EPT la calidad del río en el punto COP₄ varía entre ACEPTABLE y REGULAR (Ver gráfica 15-3 y 16-3), lo que indica que la pérdida de la zona de amortiguamiento, las actividades antropogénicas realizadas alrededor del río y la cercanía de la carretera, afectan la calidad del agua en el punto en mención, perturbando además la estabilidad de las orillas del río.

Según el índice BMWP/Col, durante las épocas secas (primer y segundo muestreo), se obtuvo un valor de 48 y 139, lo que la clasifica como agua DUDOSA y BUENA. Con respecto al primer muestreo, el punto se vio influenciado principalmente por actividades recreativas y domésticas; mientras que durante el segundo monitoreo no se registró mayor actividad antrópica, debido a la variabilidad climática registrada en la región, sin embargo, la presencia de indicadores de buena calidad se debe a la generación de capuchones que les permite a los macroinvertebrados sobrevivir en condiciones desfavorables, por lo que puede el índice de calidad sufrir dichas interferencias. (González *et al.*, 2012, p. 136).

En los muestreos realizados durante la estación lluviosa, se obtuvieron niveles de tolerancia de 79 y 96 respectivamente, otorgándole al agua una calificación ACEPTABLE. Dicha afirmación se debe al incremento de los caudales provenientes de los afluentes del Río Copueno, que depositan sus aguas a lo largo del tramo en estudio, generando un proceso de dilución de contaminantes. (Ver tabla 15-3)

Por otro lado, aplicando el índice EPT en la temporada seca, se obtuvieron un total de 3,03% y 73,04% de EPT en los dos monitoreos realizados, dando como resultado una MALA y BUENA calidad del agua tanto en el primer como en el segundo muestreo respectivamente. La razón principal se expuso anteriormente, pero además, las actividades recreativas y de limpieza generan un impacto significativo sobre los sitios de anidación de estos especímenes. Sin embargo, durante el segundo muestreo realizado en el período seco, se registró mayor abundancia de Ephemeropteros, esto debido a la etapa de transición que se evidenció en el río, donde los caudales registrados en el segundo muestreo fueron superiores a los obtenidos en el primero. Otra de las causales de tal variación, fue la disminución de las actividades recreativas y el desarrollo de mecanismos de protección por parte de ciertos macroinvertebrados indicadores de buena calidad. (González *et al.*, 2012, p. 136).

Finalmente, durante las épocas lluviosas, del total de especímenes encontrados, el 37,50% y 43,52%, correspondieron a EPT, lo que permite establecer que la calidad del agua es REGULAR, debido principalmente a la cercanía con la carretera, donde las aguas lluvias que caen sobre la vía, son captadas en cunetas que desembocan en el Copueno, reduciendo la presencia de EPT y favoreciendo al desarrollo de *Chironomidae*, *Dugesiidae* y *Simuliidae*. Ver tabla 14-3

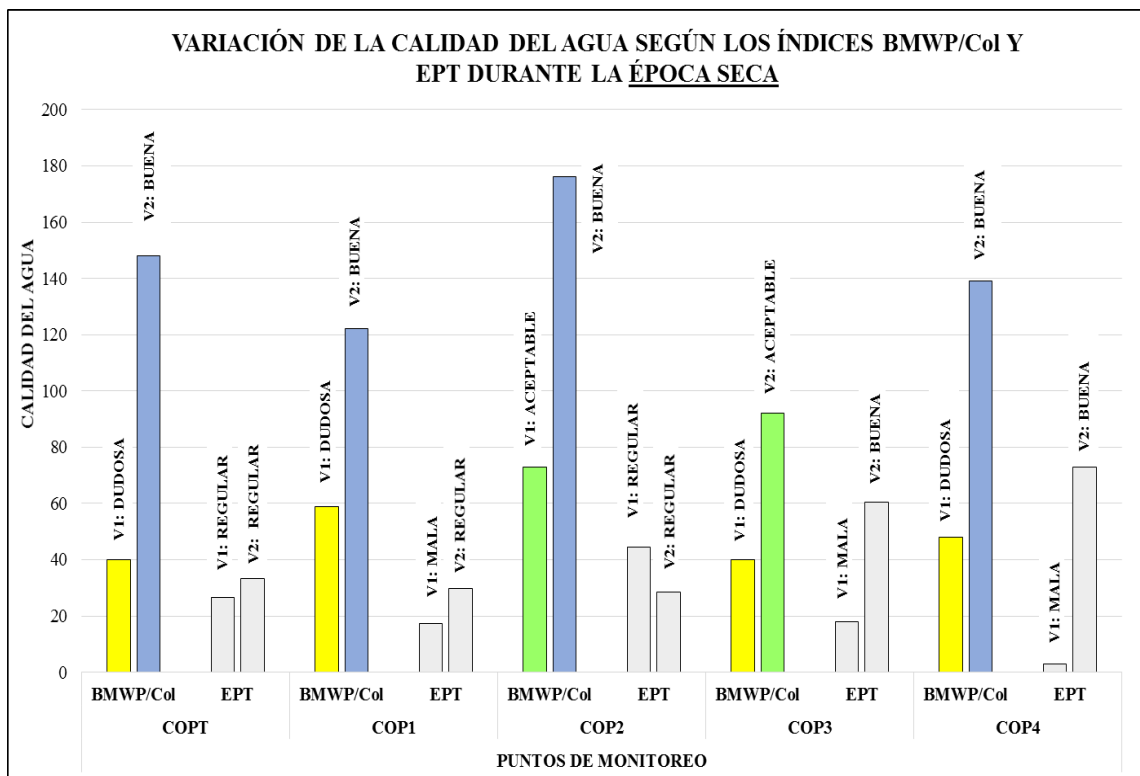


Gráfico 15-3: Calidad del agua en los diferentes puntos de monitoreo, durante la época seca.
Realizado por: Katherine Chacón V. 2017

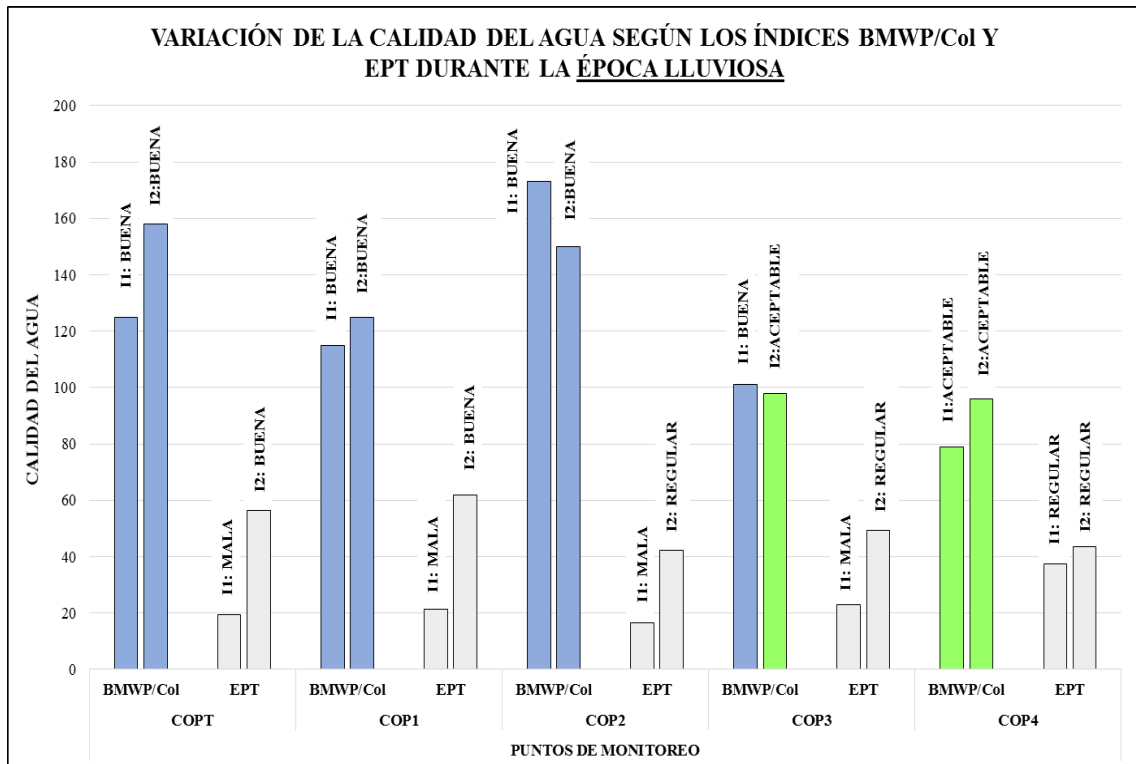


Gráfico 16-3: Calidad del agua en los diferentes puntos de monitoreo, durante la época lluviosa
 Realizado por: Katherine Chacón V. 2017

3.3. Resultados de la socialización de la investigación

Durante la etapa de socialización realizada el día Martes 1ro de agosto del año en curso, se contó con la participación de catorce moradores (*Ver anexo H (A)*) de los sectores Paccha, Copueno, Ciudadela N° 2, y del centro urbano de Proaño, apostados a lo largo del tramo de estudio. La invitación a dicha socialización se hizo extensiva a través del Presidente de la Junta Parroquial, Sr. Oswaldo Chacha, quien delegó a los señores Vicente Aguayo y Armando Rivadeneira la asistencia a este conversatorio, además de la participación del Sr. Saúl Jaramillo, funcionario del Departamento Ambiental del GADP Morona Santiago.

La reunión se desarrolló en dos partes, la primera que consistió en la presentación de resultados donde se dio a conocer la situación actual del Río Copueno, específicamente del tramo de estudio (Paccha- Jardín del Upano), lo cual tuvo una gran acogida por parte de los moradores. Posteriormente se realizó una plenaria con los asistentes, donde se recabó información sobre posibles fuentes de contaminación y de las diferentes inquietudes sobre la protección y cuidado del ambiente, particularmente de los ríos aledaños a la zona en estudio.

De acuerdo a los pobladores, las actividades que se desarrollaban anteriormente en el río (consumo, recreación y actividades domésticas), no representaba riesgo alguno para la población; sin embargo, en la actualidad, se han evidenciado el desarrollo de enfermedades en los pobladores a causa del contacto y de la exposición al Río Copueno. En la actualidad, los asistentes mencionan que en ciertas épocas del año, se evidencia la formación de espumas, algas y otros, los mismos que generan un impacto visual y malos olores, una clara evidencia de la contaminación en el mencionado río.

Durante la segunda parte de la reunión, se realizó la recopilación de información referente a las posibles fuentes de alteración del río, los moradores señalaron que existen lagunas de oxidación en el sector, pero por razones desconocidas no están en funcionamiento; de igual manera, considerando las consecuencias que trae el período invernal en la zona, se mencionó que no existe un manejo adecuado de desechos sólidos orgánicos e inorgánicos por parte de la ciudadanía, pues muchos de estos residuos son depositadas en los márgenes del río, lo que ocasiona el arrastre de los mismos, al igual que otros sustratos (troncos, ramas, hojas y sedimentos).

Frente a este escenario, se generan empalizadas y diques en algunas partes del río, producto del incremento de los niveles del caudal, ocasionando el empozamiento de las aguas y por ende la generación de malos olores, producto de la descomposición de la materia orgánica presente en el recurso hídrico, lo cual genera inseguridad en el uso del agua. Finalmente, los pobladores manifestaron que existen algunas granjas porcinas apostadas alrededor del río, que originan efluentes con elevadas cargas orgánicas, lo que incide en la proliferación de vectores y en la disminución de la calidad del agua en el sector.

3.3.1. Propuestas para la conservación de la calidad del agua del Río Copueno

Ante la problemática señalada, los moradores han realizado un sinnúmero de peticiones a las instituciones encargadas del cuidado y manejo de recursos hídricos, como son la Municipalidad del Cantón Morona, el Ministerio del Ambiente y la misma Junta Parroquial de General Proaño, donde se ha solicitado la intervención sobre el Río Copueno, pues muchos puntos de descarga de aguas servidas son depositados directamente, sin que se realice tratamiento alguno, ocasionando una pérdida de la calidad del agua del río.

Al no tener respuesta por parte de los organismos consultados, se realizaron mingas de limpieza con la finalidad de recuperar las márgenes del río, siendo necesaria la intervención de los ciudadanos para evacuar los residuos presentes en las orillas del mismo, de esta forma se busca evitar la generación de diques que obstaculicen el cauce natural y que representen un peligro para la población en la estación invernal.

Las intervenciones realizadas, según los moradores del sector, no son suficientes, pues se requiere de un monitoreo continuo y de la recuperación de las riberas del río, por lo que la participación técnica es prioritaria para evitar un incremento de la contaminación del río y el riesgo a desbordamientos.

Frente a esto, los moradores de la zona de estudio durante la socialización de los resultados obtenidos, sugirieron una serie de peticiones que serán puestas a consideración de las autoridades competentes bajo una propuesta formal, las mismas que se detalla a continuación:

- Mantener reuniones periódicas con las diferentes autoridades, tanto de la Alcaldía Consejo Provincial, Junta Parroquial y Ministerio del Ambiente, con la finalidad de elevar las inquietudes sobre el cuidado y conservación de los cursos hídricos y cuidado del ambiente de la zona.
- Solicitar a las autoridades la construcción de sistemas de alcantarillado y colectores para las aguas residuales generadas en el sector, además del rediseño o mantenimiento de la planta de tratamiento actual, que se encuentra ubicado en el sector, con la finalidad de garantizar el cumplimiento de los límites máximos permisibles de las descargas que son evacuadas hacia el Río Copueno.
- Solicitar al GAD Provincial a través de la Junta Parroquial, el dragado del Río Copueno desde el Puente de la Av. Francisco Flor Santillán hacia el sector de Paccha, pues a lo largo de este tramo existen numerosos asentamientos que han generado la reducción del cauce natural del Río; además de una limpieza continua de materiales arrastrados en épocas lluviosas.
- Solicitar al GAD Cantonal la elaboración o implementación de una ordenanza para la reforestación y conservación de las cuencas y microcuencas de la localidad, con la finalidad de recuperar las riberas de los ríos de la jurisdicción, además de la implementación de senderos ecológicos para fomentar el turismo de la zona.
- Sugerir la reubicación tanto de las lavanderías públicas así como de los contenedores de basura aledaños a los márgenes del Río, además de campañas de Educación Ambiental con la finalidad de que la ciudadanía se empodere del cuidado y preservación del Río.
- Finalmente, solicitar a los Organismos de Control el continuo monitoreo del Río Copueno, además de inspecciones en los márgenes del Río para la recuperación de estructuras hidráulicas en desuso, como la antigua captación hidroeléctrica, ubicada en el Barrio San Juan.

CONCLUSIONES

- Durante el presente estudio se realizó la evaluación de la calidad del agua del Río Copueno mediante el empleo de dos índices biológicos, el BMWP/Col y el EPT. El primero, al ser un índice que considera todas las familias taxonómicas, es más flexible al momento de dar un resultado de calidad del agua, a diferencia del EPT, que es un índice más estricto, pues solo considera organismos indicadores del buen estado de un recurso hídrico, por lo que se observó criterios diversos para cada uno de estos.
- Se realizó la caracterización de las diferentes especies de macroinvertebrados a lo largo de cinco puntos de monitoreo ubicados en el tramo Paccha-Jardín del Upano del Río Copueno, lográndose identificar un total 3122 individuos, repartidos en 8 clases, 18 órdenes y 56 familias; donde la familia con mayor número de individuos corresponde a *Leptohephyidae* de la orden Ephemeroptera (Clase Insecta), con un total de 731 individuos, seguida por las familias *Dugesiidae* e *Hydropsychidae* pertenecientes a las órdenes *Seriata* y *Trichoptera*, cuya abundancia asciende a 492 y 391 organismos respectivamente.
- Se comprobó mediante el cálculo de promedios totales de los índices biológicos empleados, que la calidad del agua del Río Copueno (Tramo Paccha-Jardín del Upano) es BUENA según el índice BMWP/Col y REGULAR según el índice EPT; mientras que, según promedios parciales de los mismos índices, obtenidos tanto en época seca como lluviosa, la calidad del agua según el BMWP/Col, es ACEPTABLE en la primera temporada (Seca) y BUENA en la segunda época (Lluviosa). Por otro lado, el índice EPT indica una calidad REGULAR en ambas estaciones climáticas.
- Se reconoció que el Río Copueno está influenciado por los cambios estacionales de la zona, lo cual favorece la presencia, diversidad y abundancia de comunidades biológicas acuáticas; en este contexto, durante la temporada lluviosa, se identificaron 1731 organismos, de los cuales, el 23,86% perteneció a la orden Trichoptera, mientras que, el 18,08% y el 14,62% correspondieron a las órdenes Mesogastrópoda y Ephemeroptera respectivamente, convirtiéndose en la estación climática con mayor abundancia de macroinvertebrados. En tanto, durante la época seca, se identificaron 1391 bioindicadores, de los cuales el 35,95% del total de individuos correspondieron a la orden Ephemeroptera, seguida por las órdenes *Seriata* y *Trichoptera* con un 19,63% y 9,56% respectivamente.

- Con los datos obtenidos, se evidenció que la calidad del agua decrece a medida que se acerca al casco urbano, lo cual se puede atribuir a las diferentes actividades antrópicas que se desarrollan alrededor o dentro del mismo recurso hídrico; por lo que es importante el empoderamiento y cuidado del Río Copueno por parte de la población y los organismos seccionales, siendo indispensable la ejecución de campañas de educación ambiental, la implementación de plantas de tratamiento de aguas residuales, sistemas colectores para aguas servidas, al igual que la recuperación y mantenimiento de las zonas de amortiguamiento.

RECOMENDACIONES

- Las instituciones responsables del manejo y cuidado de recursos hídricos, deben considerar evaluaciones periódicas de calidad del agua de los ríos, donde la utilización de índices biológicos se convierten en una alternativa técnica y viable para el monitoreo de los cursos hídricos, lo que representaría un ahorro de recursos y de tiempo, por la facilidad de su ejecución.
- Implementar campañas de concientización a la ciudadanía apostada a lo largo de la microcuenca del Río Copueno, con la finalidad de educar sobre los riesgos y las consecuencias del uso irracional de los ríos, además de los cuidados a considerar para la recuperación y conservación de los mismos.
- Se recomienda la limpieza y preservación a lo largo del Río Copueno, permitiendo el drenaje en las zonas bajas, además de la remoción y recolección de residuos como troncos, ramas, basura, entre otros, arrastrados durante la época invernal y que llegan a interferir en la dinámica del recurso, afectando por ende la calidad biológica del río.
- Sociabilización con los dueños de fincas o terrenos cercanos al recurso hídrico, para promover la recuperación de las zonas de amortiguamiento de los ríos, con la debida reforestación de especies acordes al clima y zona de intervención.
- Realizar un monitoreo continuo de la calidad del agua en diferentes puntos del Río Copueno, con la finalidad de verificar posibles alteraciones a lo largo del tiempo, evitando afectaciones sobre los seres vivos.
- Replicar la investigación en un tramo posterior al presente estudio, para mantener una fuente de información actualizada, que permita notar la variabilidad de las características del cauce y su calidad para futuros proyectos.
- Elaborar una guía de sensibilidad para análisis del BMWP y EPT, ajustada a las condiciones climáticas de la zona, puesto que la información utilizada en la presente investigación corresponden a referencias de bioindicadores de zonas templadas. Además de lograr un banco de información de familias y clases taxonómicas presentes en la zona.

- La extensión académica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, localizada en la provincia de Morona Santiago, debe gestionar la adquisición de equipos y reactivos que permitan a los estudiantes hacer valoraciones de la calidad de los recursos hídricos de la zona, pues de esa manera fomentamos una vinculación directa con la ciudadanía.

BIBLIOGRAFÍA

AGUIRRE ANDRADE, Jorge Fernando. Validación de los indicadores biológicos (macroinvertebrados) para el monitoreo de la cuenca del Río Yanuncay [En línea] (tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Ingeniería Ambiental. Cuenca, Ecuador. 2011. pp. 1-232. [Consulta: 2016-08-18]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1197/14/UPS-CT002208.pdf>

ALBA, J. “Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los Ríos”. *IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA)* [en línea], 1996. (España) Vol. II, pp. 203-213. [Consulta: 20 septiembre 2016]. Disponible en: <http://ocw.atiica.um.es/ciencias/ecologia/lectura-obligatoria-1/pubalbaj1996p203.pdf>

ALBA, J.; et al. Sapiens. *Metodología para el establecimiento el Estado Ecológico según la Directiva MARCO del Agua. Protocolos de muestreo y análisis para INVERTEBRADOS BENTONICOS* [en línea]. Barcelona: 2005. [Consulta: 23 agosto 2016]. Disponible en: http://195.55.247.234/webcalidad/estudios/indicadoresbiologicos/Manual_bentonicos.pdf

ALONSO, A., & CAMARGO, J. “Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles”. *Ecosistemas, Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente* [en línea], 2005, (España) Vol. XIV, pp. 87-99. [Consulta: 12 Julio 2016]. Disponible en: [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/7901/1/ECO_14\(3\)_11.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/7901/1/ECO_14(3)_11.pdf)

ÁLVAREZ CARRIÓN, Sergio Marcelo, & PÉREZ RIVERA, Lucilizabeth. Evaluación de la calidad de agua mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del Yeguaré, Honduras [En línea] (tesis de pregrado). Universidad Zamorano, Desarrollo Socioeconómico y Ambiente. Zamorano, Honduras. 2007. pp. 1-69. [Consulta: 2016-09-3]. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/524/1/IAD-2007-T001.pdf>

ARCE MONCADA, María Fernanda, & LEIVA CALDERÓN, Márllin Adrián. Determinación de la calidad de agua de los ríos de la ciudad de Loja y diseño de líneas generales de acción para su recuperación y manejo [En línea] (tesis de pregrado). Universidad Técnica Particular de Loja, Gestión Ambiental, Ciencias Biológicas y Ambientales. Loja, Ecuador. 2009. pp. 1-93. [Consulta: 2016-10-17]. Disponible en: [http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/474/3/Tesis Maria Fernanda Arce Moncada.pdf](http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/474/3/Tesis%20Maria%20Fernanda%20Arce%20Moncada.pdf)

BARBA HO, Luz Edith. Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición [En línea] (tesis de pregrado). Universidad de Valle, Facultad de Ingenierías, Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente. Santiago de Cali, Colombia. 2002. pp. 1-51. [Consulta: 2017-10-05]. Disponible en: <file:///C:/Users/USUARIO/Desktop/BIBLIOGRAFF%C3%8DA%20MACROINVERTEBRADOS/conceptos.pdf>

BOLIVIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y AGUA (MMAA). *Guía para la Evaluación de la Calidad Acuática Mediante el Índice BMWP / Bol.* [en línea]. La Paz-Bolivia: 2012. [Consulta: 20 febrero 2017]. Disponible en: http://www.cuencasbolivia.org/files/guia_bioindicadores_ver._1.pdf

CARRERA, C., & FIERRO, K. “Manual de monitoreo: Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua”. *EcoCiencia* [en línea], 2001, (Ecuador) Primera Edición, pp. 1-57. [Consulta: 20 septiembre 2016]. ISBN 9978419640. Disponible en: <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/ManualLosmacroinvertebradosacuaticos-10080.pdf>

CARRERA GONZÁLEZ, Gabriela del Carmen. Modelación de oxígeno disuelto y materia orgánica y su influencia en la distribución y diversidad de indicadores bentónicos de la cuenca del Río San Pedro en el tramo Amaguaña - Guangopolo [En línea] (tesis de pregrado). Escuela Politécnica del Ejército, Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente. Sangolquí, Ecuador. 2011. pp. 1-160. [Consulta: 2016-11-2]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3702/1/T-ESPE-031368.pdf>

ECUADOR. ASAMBLEA CONSTITUYENTE. *Constitución de la República del Ecuador* [en línea]. Quito: 2008. [Consulta: 23 julio 2016]. Disponible en: http://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/documents/old/constitucion_de_bolsillo.pdf

ENCALADA, A. “Funciones ecosistémicas y diversidad de los ríos: Reflexiones sobre el concepto de caudal ecológico y su aplicación en el Ecuador”. *Polemika* [en línea], 2010, (Ecuador), pp. 40-47. [Consulta: 10 diciembre 2016]. Disponible en: http://www.usfq.edu.ec/publicaciones/polemika/Documents/polemika005/polemika005_007_articulo004.pdf

ENDARA, A. “Identificación de macroinvertebrados bentónicos en los ríos: Pindo Mirador, Alpayacu y Pindo Grande; determinación de su calidad de agua”. *Enfoque UTE* [en línea], 2012. (Ecuador), pp. 33-41. [Consulta: 18 noviembre 2016]. ISSN 1390-6542. Disponible en: <http://oaji.net/articles/2015/1783-1426290825.pdf>

ESCUADERO, J. *Macroinvertebrados de la Cuenca del Ebro* [en línea]. España: 2009. [Consulta: 01 enero 2017]. Disponible en <http://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/materialesdidacticos/otros/guia-macroinvertebrados.pdf>

GARBAY, Javier; et al. Sapiens. *Plan Cantonal de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. Morona 2012-2010.* Macas- Ecuador: 2012, pp. 1-1444

GONZÁLEZ, G.; et al. Sapiens. “Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras del Municipio de Manizales”. *Boletín Científico museo de historia natural* [en línea], 2012, (Colombia) 16(2), pp. 135-148. [Consulta: 06 octubre 2017]. ISSN 0123-3068. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v16n2/v16n2a12.pdf>

LADRERA, R. “Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos”. *Páginas de Información Ambiental* [en línea], 2012. (España), pp. 24-29. [Consulta: 12 enero 2017]. Disponible en: [file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Dialnet-LosMacroinvertebradosAcuaticosComoIndicadoresDelEs-4015812 \(11\).pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Dialnet-LosMacroinvertebradosAcuaticosComoIndicadoresDelEs-4015812 (11).pdf)

MAFLA, M. Guía para Evaluaciones Ecológicas Rápidas con Indicadores Biológicos en Ríos de Tamaño Mediano Talamanca-Costa Rica [en línea]. Turrialba.-Costa Rica: Alexandra Cortés, 2005. [Consulta: 25 noviembre 2016] Disponible en: http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2267/Guia_para_evaluaciones_ecologicas_rapidas_con_indicadores_biologicos.pdf?sequence=1&isAllowed=y

MARTINEZ GARCIA, Nicolas. Macroinvertebrados acuaticos como sistema de evaluación de contaminación del Balneario Hurtado, Río Guatapuri, Valedupar-Cesar [En línea] (tesis de postgrado). Universidad Industrial de Santander, Ciencias Básicas, Escuela de Química. Bucaramanga, Colombia. 2010. pp. 1-126. [Consulta: 2016-09-04]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/314712527/Tesis-Rio-Guatapuri>

MEDINA MEDINA, Mercy Elizabeth, & ANDRADE RIASCOS, Marlon Augusto. Determinación de la calidad del agua del Río Malacatos mediante Fauna Bentónica como bioindicadora y alternativas de mitigación de la contaminación [En línea] (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Loja, Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente. Loja, Ecuador. 2009. pp. 1-111. [Consulta: 2016-09-06]. Disponible en: http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5046/1/DETERMINACIÓN_DE_LA_CALIDAD_DEL_AGUA_DEL_RÍO_MALACATOS.pdf

MOYA ARNEZ, Nabor. Índice multimétrico de integridad biótica para la Cuenca del Río Chipiriri, Cochabamba-Bolivia [En línea] (tesis de postgrado). (Maestría) Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. 2006. pp. 1-56. [Consulta: 2016-10-03]. Disponible en: http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers15-09/010039357.pdf

OSCOZ, J.; et al. Sapiens. “Macroinvertebrados de la Cuenca del Ebro: descripción de taxones y guía de identificación”. *Departamento Zoología y Ecología* [en línea], 2009, (España), pp. 1-78. [Consulta: 15 marzo 2017]. Disponible en: http://195.55.247.234/webcalidad/estudios/indicadoresbiologicos/2009_claves_dicotomicas.pdf

OSCOZ, J.; et al. Sapiens. *Clave dicotómica para la identificación de macroinvertebrados de la Cuenca del Ebro* [en línea]. Zaragoza-España: Confederación Hidrográfica del Ebro, 2011. [Consulta: 15 marzo 2017]. Disponible en: <http://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/materialesdidacticos/otros/clave-macroinvertebrados.pdf>

POZO, J., & ELOSEGI, A. *El marco físico: la cuenca* [en línea]. Primera Ed. Bilbao-España: Rubes Editorial, 2009. [Consulta: 18 enero 2017]. Disponible en: https://w3.grupobbva.com/TLFU/dat/DE_2009_conceptos_ecologia_fluvial.pdf

PRAT, N.; et al. Sapiens. "Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas". *Macroinvertebrados bentónicos Sudamericanos* [en línea], 2006, (Argentina), pp. 1-26. [Consulta: 29 septiembre 2017]. ISSN 0124177X. Disponible en: http://www.ub.edu/fem/docs/caps/2009_MacroIndLatinAmcompag0908.pdf

RAMÍREZ ACEVEDO, Anabel. Bioindicadores de la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Tolantongo, Hidalgo [En línea] (tesis de pregrado). Universidad Autónoma Chapingo, Ingeniería en Recursos Naturales Renovables. Chapingo, México. 2009. pp. 1-182 [Consulta: 2017-05-18]. Disponible en: <http://suelos.chapingo.mx/tesis/tesis/103.pdf>

REGISTRO OFICIAL 305. *Ley Orgánica de Recursos Hídricos, usos y Aprovechamiento del Agua.*

REGISTRO OFICIAL 387. *Acuerdos: 083-B Refórmese el Libro IX del Texto Unificado de Legislación Secundaria; 097-A Refórmese el Texto Unificado de Legislación Secundaria; 140 Expídese el Marco Institucional para Incentivos Ambientales.*

ROLDÁN, G. "Los Macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua". *Revista Academica Colombiana de Ciencias Exactas, Fisicas y Naturales* [en línea], 1999. (Colombia) XXIII (88), pp. 375-387. [Consulta: 20 noviembre 2016]. ISSN 0370-3908. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/66696971/Los-Macroinvertebrados-y-Su-Valor-Como-Indicadores-de-La-Calidad-Del-Agua>

ROLDAN, G. *Bioindicacion de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col* [en línea]. Primera Ed. Antioquia-Colombia: Editorial Universidad de Antioquia, 2003. [Consulta: 15 septiembre 2016]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=ZEjgIKZTF2UC&printsec=frontcover&hl=es&source=gs_bse_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

SAMANEZ, I.; et al. Sapiens. *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú.* [en línea]. Primera Ed. Lima- Perú: 2014. [Consulta: 15 Junio 2017]. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp-content/uploads/sites/21/2014/02/Métodos-de-Colecta-identificación-y-análisis-de-comunidades-biológicas.compressed.pdf>

SÁNCHEZ, T.; et al. Sapiens. *Evaluación de recursos hidroenergéticos* [en línea]. Primera Ed. Lima- Perú: 2010. [Consulta: 25 marzo 2017]. Disponible en: [file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/0591600001303337771 \(4\).pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/0591600001303337771%20(4).pdf)

SEGNINI, S. "El uso de macroinvertebrados béntonicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente". *Ecotropicos* [en línea], 2003, (Venezuela) Vol. 16, (2), pp. 45-63. [Consulta: 27 julio 2017]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Samuel_Segnini/publication/237591371_EL_USO_DE_LOS_MACROINVERTEBRADOS_BENTONICOS_COMO_INDICADORES_DE_LA_CONDICION_ECOLOGICA_DE_LOS_CUERPOS_DE_AGUA_CORRIENTE_BENTHIC_MACROINVERTEBRATES_AS_INDICATORS_IN_THE_ECOLOGICAL_ASS

SUBRAMANIAN, K., & SIVARAMAKRISHNAN, K. "Aquatic Insects for Biomonitoring Freshwater Ecosystems- A Methodology Manual". *Ashoka Trust for Research in Ecology and Environment (ATREE)* [en línea], 2007, (India). pp. 2-30. [Consulta: 18 julio 2017]. Disponible en: <http://indiabiodiversity.org/biodiv/content/documents/document-d5cc63b2-41e1-409a-aef6-83c3fa9840a5/205.pdf>

TACHET, Henri; et al. Sapiens: INVERTÉBRÉS D'EAU DOUCE. Paris: CNRS ÉDITIONS, 2000, pp. 9-539.

ANEXOS

ANEXO A. Etiqueta muestral

DESCRIPCIÓN:					
Nombre de la estación	COP _T	COP ₁	COP ₂	COP ₃	COP ₄
Fecha:	Hora:	Condición climática:			
Red de recolección					
Preservante					
Observaciones:					
Responsable:					

Realizado por: Katherine Chacón, 2017

ANEXO B. Fichas de campo para el índice EPT y BMWP/Col

ÍNDICE EPT (EPHEMEROPTERA, PLECOPTERA Y TRICHOPTERA)				
Río muestreado:			Estación de monitoreo:	
Fecha:	Condición climática:		Responsable:	
Clasificación Taxonómica de Macroinvertebrados			Abundancia (cantidad total encontrada)	EPT Presentes
<i>Clase</i>	<i>Orden</i>	<i>Familia</i>		
TOTAL				

Realizado por: Katherine Chacón, 2017

ÍNDICE BMWP (BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY)				
Río muestreado:			Estación de monitoreo:	
Fecha:	Condición climática:		Responsable:	
Clasificación Taxonómica de Macroinvertebrados			Sensibilidad	
<i>Clase</i>	<i>Orden</i>	<i>Familia</i>		
TOTAL				

Realizado por: Katherine Chacón, 2017

ANEXO C. Recorrido e identificación de puntos de monitoreo y fuentes de contaminación



Realizado por: Katherine Chacón, 2017



Realizado por: Katherine Chacón, 2017



Realizado por: Katherine Chacón, 2017



Realizado por: Katherine Chacón, 2017



Realizado por: Katherine Chacón, 2017



Realizado por: Katherine Chacón, 2017

ANEXO D. Materiales de campo y laboratorio



Realizado por: Katherine Chacón, 2017



Realizado por: Katherine Chacón, 2017

ANEXO E. Medición de variables Hidromorfológicas: Caudal, Área transversal y Profundidad



Realizado por: Katherine Chacón, 2017



Realizado por: Katherine Chacón, 2017



Realizado por: Katherine Chacón, 2017

ANEXO F. Muestreo multihábitad



Realizado por: Katherine Chacón, 2017



Realizado por: Katherine Chacón, 2017

ANEXO G. Tratamiento de muestras en laboratorio (Limpieza de muestras, selección, identificación)



Realizado por: Katherine Chacón, 2017



Realizado por: Katherine Chacón, 2017



Realizado por: Katherine Chacón, 2017

ANEXO H. Manejo de la información-Socialización

A) Registro de Asistencia

REGISTRO DE ASISTENCIA

SOCIALIZACIÓN:
 "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO COPUENO MEDIANTE
 MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS"

FECHA:
 01 DE Agosto del 2017

NOMBRE	N° CÉDULA	SECTOR	FIRMA
DIADCA CASTRO	140014473	PACCHA	<i>[Firma]</i>
Edwin Tucuri	140048147	Paccha	Edwin Tucuri
Antonio Chantala	1400003552	Copuleno	<i>[Firma]</i>
Araceli Ucho		Copuleno	<i>[Firma]</i>
ARMANDO PROVENIO	1400341572	COPUENO	<i>[Firma]</i>
Saul Jaramillo	1400429260	Paccha	<i>[Firma]</i>
Araceli Ucho	1400073100	Copuleno	<i>[Firma]</i>
Lucía Salazar	140004303-5	Copuleno	<i>[Firma]</i>
Saul Jaramillo	1400127260	Copuleno	<i>[Firma]</i>
Luis Vilmi	1400152273	Copuleno	<i>[Firma]</i>
Rued Barba	140028033-7	Paccha	<i>[Firma]</i>

REGISTRO DE ASISTENCIA

SOCIALIZACIÓN:

"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO COPUENO MEDIANTE
MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS"

FECHA:

01 DE Agosto del 2017

NOMBRE	N° CÉDULA	SECTOR	FIRMA
Abel Perilla	0102943388	Ciudad N° 2	
Maria Luján	0102442209	Ciudad N° 1	

B) Material Fotográfico de la Socialización



Transferencia de conocimientos y resultados
Realizado por: Katherine Chacón, 2017



Participación Ciudadana-Grupo de trabajo 1
Realizado por: Katherine Chacón, 2017



Participación Ciudadana-Grupo de trabajo 2
Realizado por: Katherine Chacón, 2017



Participantes-Beneficiarios directos
Realizado por: Katherine Chacón, 2017

ANEXO I. Principales especímenes recolectados



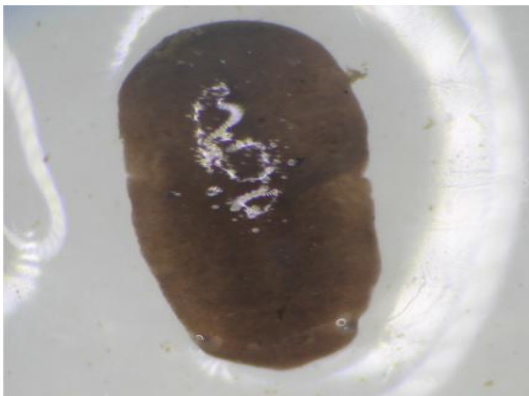
Leptohyphidae

Realizado por: Katherine Chacón, 2017



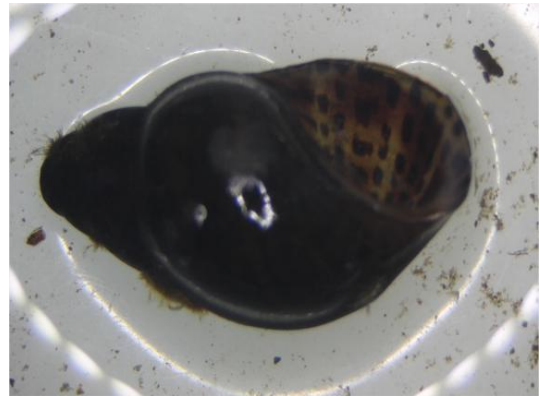
Hydropsychidae

Realizado por: Katherine Chacón, 2017



Dugesiidae

Realizado por: Katherine Chacón, 2017



Bithyniidae

Realizado por: Katherine Chacón, 2017



Euthyplociidae

Realizado por: Katherine Chacón, 2017



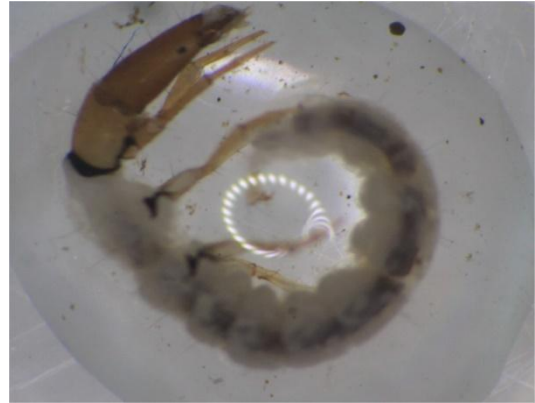
Calopterigydae

Realizado por: Katherine Chacón, 2017



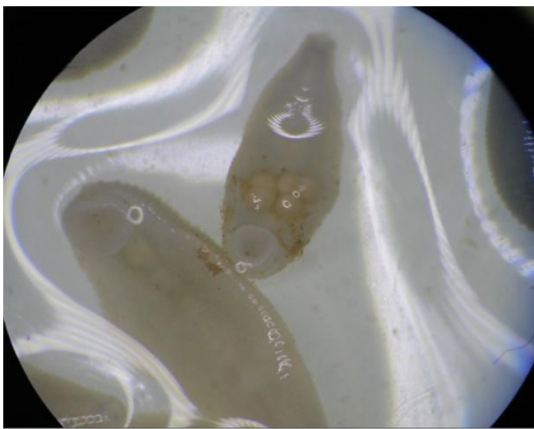
Leptoceridae

Realizado por: Katherine Chacón, 2017



Philopotamidae

Realizado por: Katherine Chacón, 2017



Glossiphoniidae

Realizado por: Katherine Chacón, 2017



Simuliidae

Realizado por: Katherine Chacón, 2017



Oligochaeta

Realizado por: Katherine Chacón, 2017



Chironomidae

Realizado por: Katherine Chacón, 2017