

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA DE LA QUEBRADA  
EL BOHÍO, SAN PABLO NARIÑO, MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS  
ACUÁTICOS**



**ANDRÉS CAMILO LASSO ORTEGA  
YURY DALILA URBANO LÓPEZ**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA  
POPAYÁN  
2019**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA DE LA QUEBRADA  
EL BOHÍO, SAN PABLO NARIÑO, MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS  
ACUÁTICOS**

**Trabajo de grado en la modalidad de investigación presentado como  
requisito parcial para optar por el título de Biólogo**

**ANDRÉS CAMILO LASSO ORTEGA  
YURI DALILA URBANO LOPEZ**

**Directora  
María Cristina Gallego Roperó, Ph.D.**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA  
POPAYÁN  
2019**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

Director \_\_\_\_\_

**DR. MARÍA CRISTINA GALLEGO ROPERO**

Jurado \_\_\_\_\_

**Mg. DANIEL FERIZ**

Jurado \_\_\_\_\_

**Bio. ALBERTO MONCAYO**

Lugar y fecha de sustentación: Popayán, 30 de enero de 2019

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad del Cauca, nuestra alma máter.

A nuestra directora de tesis, María Cristina Gallego Roperó, por todo el apoyo brindado en el desarrollo de la investigación.

A nuestros profesores de la Universidad del Cauca, que de una u otra manera han contribuido a nuestro crecimiento, a nuestra formación profesional y enriquecimiento intelectual.

A nuestros padres, por la confianza, la paciencia y el apoyo incondicional en cada paso de nuestra formación profesional y personal.

A nuestros amigos, que nos han acompañado y brindado su amistad de manera desinteresada en muchos momentos difíciles durante estos años.

A nuestros familiares y a todas a aquellas personas que están y estuvieron acompañándonos durante esta etapa de nuestra vida.

Finalmente, a Popayán, esta tierra hermosa que nos ha recibido como hijos propios.

## TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE ANEXOS .....	8
RESUMEN .....	9
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
3. JUSTIFICACIÓN .....	3
4. OBJETIVOS .....	4
4.1 Objetivo general.....	4
4.2 Objetivos específicos.....	4
5. MARCO TEÓRICO.....	4
5.1 Las quebradas.....	4
5.2 Factores de contaminación.....	5
5.3 Los macroinvertebrados acuáticos .....	5
5.4 Bioindicación.....	6
5.5 La bioindicación en Colombia .....	7
5.6 El método BMWP para Colombia (BMWP/col) .....	8
5.7 Factores que alteran la distribución de los macroinvertebrados acuáticos ....	8
6. ANTECEDENTES .....	9
7. METODOLOGÍA.....	12
7.1 Área de estudio.....	12
7.2 Muestreo de macroinvertebrados y calidad biológica del agua .....	12
7.2.1 Colecta de Macroinvertebrados .....	12
7.2.2 Calidad Físico-Química del agua .....	14

7.2.3 Análisis de datos.....	14
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	15
8.1 Comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la quebrada El Bohío.....	15
8.2 Riqueza, abundancia y composición de macroinvertebrados en las cuatro estaciones de muestreo sobre la quebrada El Bohío. ....	18
8.3 Caracterización de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en las cuatro estaciones de muestreo.....	19
8.3.1 Estación 1 .....	19
8.3.2 Estación 2 .....	21
8.3.3 Estación 3 .....	24
8.3.4 Estación 4 .....	27
8.4 Variación temporal de los macroinvertebrados presentes en la quebrada El Bohío .....	28
8.5 Índices de diversidad, dominancia, equitabilidad y riqueza verdadera .....	30
8.6 Curva de acumulación de especies .....	32
8.7 Análisis del índice de similitud de Bray-Curtis .....	33
8.8. Determinación de la calidad biológica mediante el índice BMWP para Colombia propuesto por Zamora (2007).....	35
8.9 Análisis de los parámetros fisicoquímicos en la quebrada El Bohío .....	36
9. CONCLUSIONES.....	41
BIBLIOGRAFÍA .....	43
ANEXOS .....	59

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Mapa de ubicación de las estaciones de muestreo en la quebrada El Bohío, San Pablo Nariño (Fuente: Instituto Técnico Agustín Codazzi, Mapa hidrográfico). .....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 2. Riqueza de familias y géneros de macroinvertebrados distribuidos por orden colectados en la quebrada El Bohío.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 3. Abundancia de macroinvertebrados distribuidos por orden colectados en la quebrada El Bohío.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 4. Riqueza y abundancia de macroinvertebrados encontrados en las cuatro estaciones de muestreo. ....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 5. Foto que muestra el estado de la Estación 1.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 6. Foto que muestra el estado de la Estación 2.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 7. Foto que muestra el estado de la Estación 3.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 8. Foto que muestra el estado de la Estación 4.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 9. Riqueza y abundancia por épocas climáticas.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 10. Curva de acumulación de especies para los macroinvertebrados colectados en la quebrada El Bohío.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 11. Dendograma de similitud de Bray-Curtis para los géneros de macroinvertebrados acuáticos presentes en las 4 estaciones en la quebrada El Bohío .....</i>	<i>34</i>

## LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Parámetros físico-químicos evaluados en el agua de la quebrada El Bohío y métodos empleados .....</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 2. Macroinvertebrados presentes en las cuatro estaciones de la quebrada El Bohío. ....</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 3. Índices ecológicos en las 4 estaciones de estudio.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 4. Calidad biológica del agua en la quebrada El Bohío según el índice de BMWP/Col .....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 5. Variables físico-químicos evaluadas en las cuatro estaciones en la quebrada El Bohío en época seca y lluvias.....</i>	<i>37</i>

## LISTA DE ANEXOS

<i>Anexo 1. Sistema para la determinación del Índice de Monitoreo Biológico – BMWP - (Biological Monitoring Working Party Score System). Adaptación para Colombia .....</i>	<i>59</i>
<i>Anexo 2. Clases, Valores y Características para aguas naturales clasificadas mediante el índice BMWP/COL.....</i>	<i>61</i>
<i>Anexo 3. Registro de las familias de macroinvertebrados presentes en las 4 estaciones de muestreo. P: presente – A: ausente.....</i>	<i>62</i>
<i>Anexo 4. Familias presentes en la quebrada El Bohío. ....</i>	<i>63</i>



## RESUMEN

Se evaluó la calidad biológica del cuerpo de agua de la quebrada El Bohío mediante el uso de Macroinvertebrados acuáticos y algunos parámetros físico-químicos. El estudio se llevó a cabo en los meses de abril, mayo, junio, julio y agosto de 2017. Se definieron cuatro estaciones de muestreo; la primera (E1) a una altura 2375 msnm, donde se presenta muy baja intervención antrópica; la segunda estación (E2) con una altitud 1763 msnm; la tercera estación a 1759 msnm (E3), estaciones donde se observan algunos rasgos de contaminación por las actividades agrícolas y el depósito de basuras; la cuarta estación con una altura de 1712 msnm, donde se evidencian signos de alta intervención antrópica. Para la colecta de macroinvertebrados se utilizó una red surber de 0.5 mm, una red de pantalla de 1m<sup>2</sup> con un ojo de maya de 0.5 mm, y colecta manual en cada estación de estudio. El análisis de la calidad del agua se hizo mediante el índice BMWP (Biological Monitoring Working Party) adaptado por Zamora. Se calcularon los índices de diversidad de Shannon, completitud de Jost, dominancia de Simpson, equitabilidad de Pielou, los estimadores de riqueza Chao1 y Jackknife1, y el índice de similitud de Bray-Curtis. Los resultados indican una mayor diversidad de macroinvertebrados en la estación 1, una mayor similitud entre las estaciones 2 y 3. EL análisis de los parámetros físicoquímicos indicó diferentes patrones en los valores entre épocas y estaciones. El índice BWP obtuvo valores entre 31.4 y 116.6 ubicando las aguas en el rango de limpias, medianamente contaminadas y contaminadas, dependiendo de la estación. Se concluye que la composición, distribución y abundancia de la comunidad de macroinvertebrados está influenciada por la presencia o ausencia de lluvias y por el gradiente de estrés de cada una de las estaciones de estudio.

Palabras clave: Índices biológicos, bioindicadores, BMWP.

## 1. INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los principales elementos para el desarrollo de la vida, constituye un motor muy importante para diversas actividades que realiza el ser humano, sin embargo, la mala gestión del recurso, lo ha llevado a un deterioro progresivo (Guhl, 1998; Zambrana, 2011). En este sentido, las actividades agrícolas, domésticas y pecuarias, entre otras, representan factores significativos en la degradación de los recursos hídricos, dado que incrementan la carga orgánica e inorgánica del agua, alterando su calidad, la estructura de las comunidades bióticas y el proceso de eutrofización natural de los cuerpos de agua (Roldán *et al.*, 1973; Alfaro, 2005; Flórez, 2009; Torres & Navia, 2009; Tobón *et al.*, 2010; Hernández & Hansen, 2011; Castillo & Salas, 2014;).

En consecuencia, la susceptibilidad del recurso hídrico se manifiesta sobre sus condiciones fisicoquímicas y biológicas, este escenario a derivado en un marcado interés por conocer los diferentes elementos que intervienen sobre su dinámica, y de esta manera elaborar metodologías que permitan diagnosticar su estado, con base a la información que revelen diferentes estudios para promover acciones de conservación y preservación (Forero, Reinoso, & Gutiérrez, 2012).

De este modo, el uso de organismos bioindicadores cobra importancia a la hora de determinar la calidad biológica del agua, pues dan a conocer las condiciones ambientales que presenta la fuente de agua, establecen las alteraciones que ha sufrido y se conoce la fauna de macroinvertebrados que habita (Mosquera *et al.*, 2008). Para el estudio de la calidad de las aguas, hace algunos años era habitual usar parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, sin embargo, actualmente se han incluido organismos macroinvertebrados como método de evaluación de la calidad de cuerpos acuáticos, sirviendo como complemento a los estudios de tipo fisicoquímico, pues la dinámica de los ecosistemas acuáticos obedece a la interacción entre los componentes biológicos y químicos, por lo que es propicio integrar diferentes tipos de estudios para obtener información que refleje de forma global el estado del recurso hídrico (Roldán, 2016).

En la presente investigación, se evaluó la calidad del agua de la quebrada El Bohío, municipio de San Pablo, Nariño, mediante el uso de algunos parámetros fisicoquímicos y macroinvertebrados acuáticos, haciendo hincapié en los organismos bioindicadores, resaltando su importancia como elementos de evaluación de la calidad biológica de las aguas.

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En el contexto global, las aguas dulces representan un recurso muy escaso. El uso inadecuado en las últimas décadas, ha provocado su deterioro de forma alarmante. Las actividades agrícolas; la contaminación de origen doméstico, industrial y la deforestación, constituyen las principales fuentes de alteración de los cuerpos de agua (Villegas, 1995; Roldán, 1999; Toledo, 2002; Barceló & López, 2007; Abarca & Mora, 2016; Delgado & Cobos, 2017). Esta problemática se ha alojado dentro del ámbito nacional, pues en Colombia, la contaminación hídrica, en las quebradas y ríos de los municipios, debido a los vertimientos y deposición de residuos, a las prácticas agrícolas y actividades domésticas, constituye un gran problema en la afectación del recurso que abarca impactos negativos sobre la fauna, la flora y la salud humana (Ávila de Navia & Estupiñan, 2011).

Actualmente la quebrada El Bohío ubicada en el municipio de San Pablo, Nariño, presenta una grave problemática por la contaminación generada por los pobladores que viven a lo largo de la quebrada, debido a las prácticas agropecuarias inadecuadas y a los residuos orgánicos e inorgánicos que son vertidos directamente a la quebrada, provocando el deterioro del recurso hídrico. La parte baja es uno de los sitios que reflejan mayor estado de contaminación, donde se evidencia la presencia de organismos que se adaptan exclusivamente a este tipo de condiciones, además el estado en el que se encuentran algunos de los sitios donde mayormente se depositan los residuos, imposibilitan el uso del recurso hídrico para diversos fines.

Las actividades de tipo doméstico y agrícola han generado el detrimento de la fauna acuática y flora del lugar, el sitio además genera malos olores, alteración al paisaje y desarrollo potencial de enfermedades, por lo que es uno de los lugares en donde se propagan insectos vectores que perjudican la salud humana, presentando así malestar social a causa de la situación en la que se encuentra la quebrada. Según el contexto descrito anteriormente, se formula la siguiente pregunta de investigación: ¿Las actividades de las comunidades asentadas en el curso de la quebrada El Bohío, desde su parte alta hasta la baja, están afectando la calidad del agua?.

### **3. JUSTIFICACIÓN**

La calidad del agua representa para el ser humano y para todos los organismos en general, uno de los aspectos más importantes que influyen directamente sobre la dinámica de los ecosistemas y sobre el desarrollo de las actividades antrópicas. Debido a sus diversas características, no sólo resulta de utilidad en términos fisiológicos, sino que su uso se amplía hacia el ámbito productivo de distintos sectores, teniendo gran cabida en la industria, el uso doméstico, el sector pecuario y en la agricultura donde representa un gran porcentaje en comparación a los otros sectores (Torres & Navia, 2009).

San Pablo Nariño es un municipio dominado netamente por el paisaje rural, característica que determina el uso de sus recursos naturales en torno a actividades agrícolas, labores que han derivado en impactos ambientales negativos, pues supone el uso de fertilizantes y plaguicidas que afectan la calidad del recurso hídrico. Además, el municipio no cuenta con una planta para el manejo de residuos sólidos, y los líquidos no tienen ningún tipo de tratamiento, los cuales son vertidos a fuentes hídricas impactando negativamente sobre su calidad, mayormente en el área rural (Alcaldía de San Pablo, 2016).

En la quebrada El Bohío, hasta el momento no se ha realizado ningún estudio formal, ni existen estaciones de monitoreo que proporcionen información acerca del estado de la quebrada. La información obtenida resultará de utilidad

para determinar el estado de contaminación a través de algunos parámetros fisicoquímicos y el uso de macroinvertebrados acuáticos, resaltando la importancia de estos últimos a la hora de determinar el estado de los cuerpos de agua.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo general**

Evaluar la calidad biológica del cuerpo de agua de la quebrada El Bohío mediante el análisis de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos.

### **4.2 Objetivos específicos**

- Determinar la composición, riqueza y abundancia relativa de los macroinvertebrados presentes en la quebrada El Bohío.
  
- Determinar la calidad biológica con base en el índice BMWP propuesto para Colombia.
  
- Relacionar los parámetros fisicoquímicos medidos y la comunidad de macroinvertebrados de la quebrada El Bohío.

## **5. MARCO TEÓRICO**

### **5.1 Las quebradas**

Las quebradas representan ecosistemas lóticos donde se encuentran incluidas interacciones entre la fauna, la flora, los microorganismos, los factores físicos y químicos, formando complejos dinámicos de carácter temporal y espacial (Posada *et al.*, 2000; Hanson *et al.*, 2010). Estos ecosistemas han sido objeto de estudios e investigaciones en los últimos años, debido a su creciente deterioro (Rivera *et al.*, 2008). Las características físicas, químicas y biológicas resultan de gran utilidad para evaluar el estado de sistemas lóticos como las quebradas, ya que permiten la obtención de información de sus estados. Pese a que se han realizado estudios sobre microcuencas hidrográficas, la información disponible

para el Neotrópico es relativamente escasa, así mismo el conocimiento acerca de bioindicadores como los macroinvertebrados acuáticos que permiten determinar la calidad de los cuerpos acuáticos (Rivera *et al.*, 2008; Blanco, 2009).

## **5.2 Factores de contaminación**

Gran parte de los servicios ambientales obedecen a los ecosistemas lóticos, los beneficios que recibe el ser humano dependen de sus funciones, sin embargo las actividades humanas como la extracción de los recursos, la agricultura, las actividades industriales y domésticas, han repercutido de manera negativa en los sistemas acuáticos (Jiménez, Toro, & Hernández, 2014). La agricultura dentro de este contexto es una de las principales actividades que consume gran cantidad del recurso hídrico, sus efectos involucran la salinización de las aguas superficiales, altos niveles de turbidez, problemas de erosión, problemas de sedimentación, disminución de oxígeno, contaminación de las aguas con agentes patógenos, dando lugar a problemas de salud pública, escorrentía de plaguicidas y de fertilizantes, entre muchos otros efectos que impactan de manera negativa en los ecosistemas acuáticos y sobre los seres humanos (Ongley, 1997).

Las Actividades domésticas también ejercen en gran medida efectos negativos sobre los cuerpos de agua: La generación de desperdicios, de residuos, el uso de jabones, detergentes, insecticidas, la producción de partículas orgánicas, almidón y celulosa, son factores que deterioran los ecosistemas acuáticos, sus efectos involucran el aporte de materia orgánica e inorgánica, el aporte de nutrientes y sólidos suspendidos que facilitan la turbidez y la eutrofización. Estos procesos dan lugar a cambios en la estructura de las comunidades y causan importantes pérdidas en la biota acuática (Palta & Morales, 2013).

## **5.3 Los macroinvertebrados acuáticos**

Son organismos acuáticos que poseen un tamaño igual o mayor a 500  $\mu\text{m}$ , por lo cual pueden ser observados a simple vista. Sus hábitats generalmente corresponden a sustratos del fondo en los cuerpos acuáticos donde viven adheridos a la vegetación, en los troncos y rocas sumergidas (Riss *et al.*, 2002;

Ramírez *et al.*, 2013; Roldán, 2016). Cumplen un papel muy importante en la transferencia de energía en los sistemas acuáticos, constituyendo uno de los componentes fundamentales en su biomasa, por esta razón, los impactos generados sobre estos organismos, implican efectos directos sobre otras comunidades como peces y mamíferos semiacuáticos (Ladrera, Rieradevall & Prat, 2013). Muchos de los macroinvertebrados acuáticos corresponden a insectos, moluscos, platelmintos y crustáceos. Son considerados una gran herramienta como métodos de evaluación y monitoreos sobre la calidad del agua (Roldán, 2016).

#### **5.4 Bioindicación**

Las circunstancias en las que se encuentran los ecosistemas lóticos han suscitado estudios sobre los aspectos que intervienen en su dinámica, para ello se han empleado diferentes metodologías que permiten evaluar el estado de los cuerpos acuáticos. La existencia de diferentes elementos que influyen sobre estos cuerpos hacen necesario tener en cuenta distintos parámetros, no solo en el ámbito fisicoquímico, pues dadas las condiciones que presenta el recurso hídrico, el análisis basado exclusivamente en esta metodología no reflejaría de forma global el estado del recurso (Forero, Reinoso & Gutiérrez, 2012). Por ello, se hace necesario el uso de una metodología basada en indicadores biológicos, ya que existen organismos que son susceptibles a las perturbaciones ambientales, siendo capaces de reflejar en sus comunidades los niveles de alteración presentes en sus hábitats (Roldán & Ramírez, 2008). Se debe considerar que no todas las especies que componen el medio acuático resultan de utilidad como bioindicadores. Las adaptaciones y el grado de tolerancia de los organismos expuestos a distintas condiciones ambientales marcará la diferencia a la hora de realizar la selección para tal efecto, de esta manera, la modificación de la estructura y la composición de las comunidades acuáticas, permitirán la evaluación e identificación del grado de contaminación en un ecosistema acuático (Giacometti & Bersosa, 2006).

Los macroinvertebrados son el tipo de organismos que debido a sus características adaptativas y a su nivel de tolerancia cumplen con los requisitos

necesarios para ser utilizados como indicadores biológicos. Entre sus ventajas más importantes destacan: su abundancia, su amplia distribución, la facilidad para colectarlos, son organismos fácilmente identificables en comparación con otros grupos, reaccionan de forma rápida a tensores ambientales y la mayoría son sedentarios, por lo cual, manifiestan las condiciones de la localidad (Roldán, 2003). Por estos motivos durante varias décadas han formado parte del estudio y el monitoreo de la calidad del agua. La bioindicación basada en estos organismos se ha forjado principalmente en países de la Unión Europea y Norte América, donde históricamente se han realizado estudios que han permitido determinar la calidad ecológica de lagos y ríos europeos, sirviendo como esquema básico para la recuperación de ecosistemas acuáticos en los últimos años (Roldán, 2016).

### **5.5 La bioindicación en Colombia**

En Colombia la bioindicación mediante organismos acuáticos inicia en la década de los años setenta con los estudios de Roldán y colaboradores, en quebradas y ríos del departamento de Antioquia, enfocándose principalmente en macroinvertebrados acuáticos, para esta década, las investigaciones preliminares se basaban en claves desarrolladas para Norteamérica y Europa, esto resultó en la identificación errónea de muchos de los organismos colectados, pues las claves que se manejaban estaban planteadas para zonas templadas, por ello se hizo necesario realizar claves para la identificación de macroinvertebrados en Colombia (Roldán 2016). Matthias y Moreno (1983), llevaron a cabo estudios de carácter biológico y fisicoquímico en el río Medellín, mediante el uso de macroinvertebrados como indicadores de la calidad acuática. Después, Roldán (1988) llevo a cabo la publicación de la primera guía para identificar macroinvertebrados acuáticos en Antioquía, después se demostró su uso para la mayoría de países neotropicales. En 1992 publicó “Fundamentos de Limnología Neotropical” y realizo la adaptación del sistema BMWP mediante macroinvertebrados acuáticos para la valoración de la calidad del agua en Colombia (Roldán, 1999, 2003). Después, Zúñiga Cardoso *et al.* (1993), adaptaron la metodología para diferentes cuencas en el Valle del Cauca. En el año de 1999,



Zamora, adaptó el sistema BMWP para evaluar el estado de las aguas epicontinentales de Colombia. Posteriormente, en 2001, Roldán utilizó el mismo sistema para la cuenca de Piedras Blancas en Antioquía (Roldán, 2003).

### **5.6 El método BMWP para Colombia (BMWP/col)**

El Biological Monitoring Working Party, por su sigla BMWP, es una metodología basada en el uso de los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores para la evaluación de la calidad del agua. Su aplicación resulta sencilla, rápida y económica, por tal motivo ha sido utilizada ampliamente desde su establecimiento en Inglaterra en el año de 1970. El método consiste en identificar hasta el nivel de familia con datos cualitativos de presencia o ausencia. El puntaje se establece de 1 a 10 dependiendo del nivel de tolerancia a la contaminación orgánica de los diferentes grupos de organismos (Roldán, 2016).

En el anexo 1 se presentan los macroinvertebrados acuáticos agrupados por familias con su respectiva puntuación, basados en el índice BMWP adaptado para Colombia por Zamora (2007), donde se tiene en cuenta el carácter bioindicador de las familias en los trabajos realizados en Colombia. Igualmente se observan los seis tipos de calidad del agua, producto de la suma de la puntuación obtenida por las familias encontradas en un cuerpo hídrico determinado (Anexo 2).

### **5.7 Factores que alteran la distribución de los macroinvertebrados acuáticos**

Según autores como Roldan (1996), Domínguez & Fernández (2009), Rubio, Dias, Meza & Walteros (2012), Morelli & Verdi (2014), la estructura de una comunidad de macroinvertebrados acuáticos puede verse alterada por factores como el pH, el oxígeno disuelto, la temperatura, la conductividad, la velocidad de la corriente, el tipo de sustrato y la disponibilidad de alimento. Cualquier cambio en algunos de estos parámetros puede provocar un cambio significativo en la dinámica de las comunidades (Roldan, 2003; Llano, 2012), sobre todo en aquellas que presentan alta sensibilidad a cualquier tipo de alteración en sus hábitats o a la contaminación del agua, como lo es el caso de los órdenes Plecoptera, Ephemeroptera y Trichoptera, conocidos por poseer en su mayoría, gran

sensibilidad ante perturbaciones antrópicas y naturales (Springer, 2010). Otros factores de importancia corresponden al grado de exposición a la luz solar, la competencia interespecifica, las características del cauce y la turbulencia, rasgos determinantes e influyentes sobre parámetros como el oxígeno y la temperatura. En conjunto, estos parámetros representan un elemento muy importante en la riqueza y los patrones de distribución de los macroinvertebrados acuáticos (Vidal & Membiela, 1993; Guerrero *et al.*, 2003).

## 6. ANTECEDENTES

Sobre el efecto de los residuos y contaminación en fuentes de agua, Posada *et al.* (2000), realizaron un estudio en Antioquia sobre la caracterización fisicoquímica y biológica de la quebrada Piedras Blancas. Los autores registran que las variables fisicoquímicas mostraron fluctuaciones bajas a lo largo del estudio, excepto la conductividad y los sólidos totales, cuyos cambios estuvieron relacionados con la alta pluviosidad durante el período de estudio. En relación a los macroinvertebrados encontrados, estos estuvieron conformados por 113 géneros, de 63 familias y siete Phyla. Los autores concluyeron que la cuenca de la quebrada Piedras Blancas presentaron condiciones que pueden clasificarse en términos generales como aguas ricas en bases disueltas y escasas de nutrientes, con fondos no contaminados (oligomesotroficas). Otro estudio en la misma región, evaluó la calidad del agua de las quebradas La Cristalina, La Risaralda y San Luis a través de indicadores fisicoquímicos y biológicos. Los resultados mostraron un valor elevado en el índice de Díptera hacia las partes más bajas de las quebradas, lo que sugiere mayor contaminación orgánica de origen doméstico y agropecuario, limitando sus condiciones de uso en esos tramos. En general, por la conformación rocosa del lecho, las quebradas están bien oxigenadas debido a la turbulencia (Arango *et al.*, 2008).

En la cuenca del río Gaira (Magdalena), se realizó un estudio en Pozo Azul sobre macroinvertebrados bentónicos y su relación con la calidad del agua. Los autores determinaron que el agua estaba saturada de oxígeno. Registraron 588

individuos, 11 órdenes y 38 familias; los órdenes más representativos fueron Trichoptera, Coleoptera, Diptera y Ephemeroptera, siendo el último el más abundante. La relación de la comunidad con la calidad del agua se midió mediante el índice BMWP, por lo que se determinó que el agua tenía una óptima calidad, pero que los organismos viven con escasez de materia orgánica debido a algunas alteraciones causadas por la producción del café (Guerrero *et al.*, 2003). Un estudio similar se realizó en la quebrada La Bendición en Quibdó, donde evaluaron la diversidad de macroinvertebrados y su relación con la calidad del agua. En los resultados se encontraron 150 individuos, distribuidos en 16 familias y 7 órdenes. Entre las familias predominantes se reportaron Psephenidae, Elmidae y Veliidae, de tal manera que los índices dieron como respuesta una riqueza y equidad alta, y la dominancia presentó niveles bajos, los índices sugirieron que la quebrada presenta aguas no contaminadas y de buena calidad (Pino *et al.*, 2003).

En el departamento de Antioquia, en Carmen de Viboral, Montoya (2008), realizó la caracterización de la biodiversidad acuática y de la calidad de las aguas en la quebrada Los Andes, los parámetros biológicos y fisicoquímicos evaluados no mostraron oscilaciones estadísticas, pero sí se observó una variación en los índices comunitarios como en la riqueza numérica de taxones, encontrándose 95 taxones pertenecientes a 52 familias, 5 phyla y los valores del índice BMWP demostraron que las aguas de la quebrada eran limpias.

Para el departamento de Nariño, López (2009), se enfocó en la determinación de la calidad del agua del río Pasto mediante la utilización de los índices de Margalef y Simpson para algas de perifiton y el método BMWP/Col para macroinvertebrados acuáticos. Los resultados sugieren que el río Pasto presenta una aceptable calidad biótica en el punto inicial y antes de la Ptar y deplorable en las demás estaciones.

En el río Grande, se evaluó el impacto ambiental causado por el vertimiento de aguas residuales provenientes de la estación piscícola el Molino, ubicada en Coconuco, Puracé, utilizando la comunidad de macroinvertebrados, el Índice de Monitoreo Biológico (BMWP), la calidad fisicoquímica y microbiológica de las aguas entrantes y salientes de la estación piscícola. Los resultados mostraron que

la calidad biológica para el punto 1 es aceptable, indicando algunos efectos de contaminación; para los puntos 2 y 3, la calidad del agua es crítica, lo que indica que son aguas muy contaminadas (Arias *et al.*, 2011).

Un estudio en la subcuenca alta del río Chinchiná, Caldas, evaluó la calidad del agua y composición de macroinvertebrados acuáticos. Se registraron 7486 macroinvertebrados, encontrando diferencias significativas en la riqueza de especies entre las estaciones con vegetación ribereña y sin vegetación. Las variables fisicoquímicas y los índices BMWP y ETP mostraron diferencias entre la calidad del agua de las estaciones 1 y 2 con respecto a la estación 3, esto demuestra que la vegetación ribereña es muy importante para el establecimiento de macroinvertebrados (Meza, 2012). Ramírez *et al.* (2013) utiliza los índices BMWP/COL y ASPT para realizar un estudio de macroinvertebrados bentónicos y calidad del agua en un tramo del río Bogotá-Cajicá, obteniendo como resultado en mayor proporción Tubificidae y Chironomidae, estas familias, junto con Physidae, Glossiphoniidae y Tipulidae, mostraron contaminación moderada en los sectores y eutrofización, en consecuencia de las actividades humanas al desembocar residuos tanto domésticos como agropecuarios a los ríos afectando la calidad y biota del agua.

En el Valle del Cauca, Giraldo *et al.* (2014), realizaron un estudio de Impacto del uso del suelo agropecuario sobre macroinvertebrados acuáticos en pequeñas quebradas de la cuenca del río La Vieja. Los órdenes Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera fueron registrados en las quebradas protegidas, mientras que para quebradas con influencia ganadera se encontraron en su mayoría Dípteros y Moluscos, demostrando así que las quebradas protegidas y agrícolas presentan mejores condiciones físicas y biológicas que las quebradas con influencia ganadera.

Un estudio realizado por Madera *et al.* (2016), evaluó la Calidad del Agua en algunos puntos de afluentes del río Cesar, utilizando macroinvertebrados acuáticos como Bioindicadores de contaminación, para este estudio se encontraron 1025 individuos, 589 en tiempo de verano y 436 en invierno de 2 Phylum, 3 clases, 9 ordenes 24 familias y 37 géneros. El índice BMWP/Col mostró

la calidad del agua de la estación 1 como ligeramente contaminada, la estación 2, 3 y 4 como aguas moderadamente contaminadas y la estación 5 como la estación más contaminada, en calidad crítica para ambas épocas del año.

## **7. METODOLOGÍA**

### **7.1 Área de estudio**

La quebrada El Bohío, se encuentra localizada en el municipio de San Pablo Nariño (Figura 1). El municipio de San Pablo se encuentra en la vertiente norte del nudo de los Pastos, en la cordillera Centro-Oriental. Limita al norte con el municipio de Bolívar del departamento del Cauca, al sur con los municipios de Colón y La Cruz, al oriente con los municipios de La Cruz y Bolívar (Cauca) y al occidente con los municipios de La Unión y Florencia. El municipio cuenta con dos zonas climáticas bien definidas, de clima medio y frío, y cuenta con aproximadamente 2474 hectáreas, su rango altitudinal está entre los 1400 a 3350 m.s.n.m. y temperatura media de 18° C (Alcaldía de San Pablo, 2017). Según Holdridge (1987) presenta zonas de vida como bosque húmedo montano bajo (bh-MB) y bosque húmedo premontano (bh-PM).

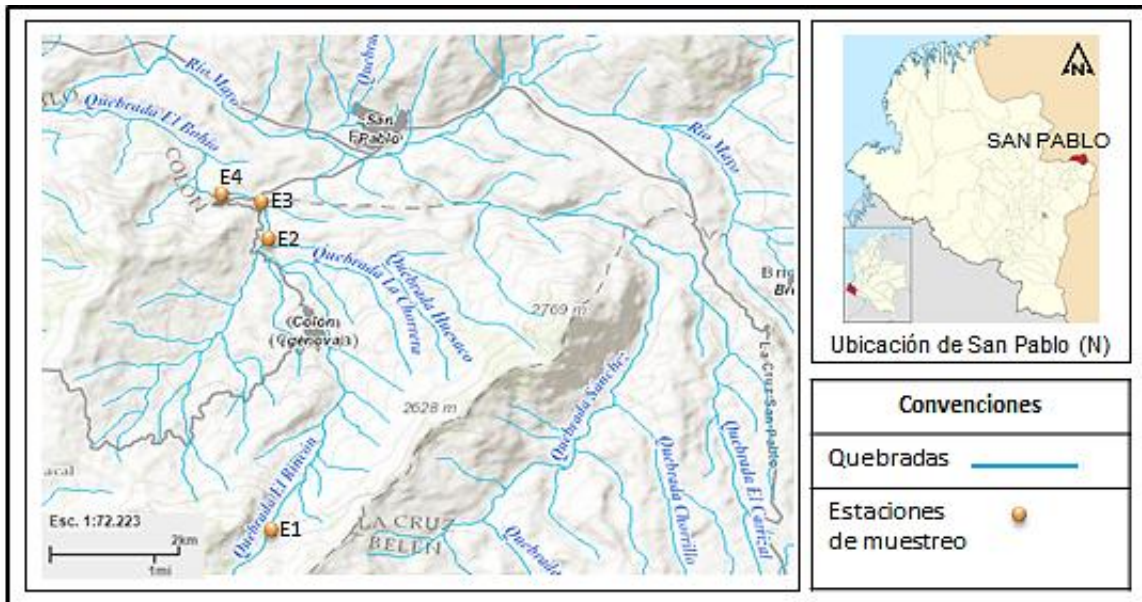
San Pablo cuenta con una época húmeda y otra seca bien marcadas. Las épocas de lluvia empiezan en el primer semestre del año en los meses de Abril y Mayo; y la otra en Octubre y Noviembre, la época con menor pluviosidad llega para los meses de Diciembre a Febrero y Junio a Septiembre, alternándose con lloviznas y vientos fuertes para el mes de Agosto, siendo este el mes más seco del año (CORPONARIÑO, 2008).

### **7.2 Muestreo de macroinvertebrados y calidad biológica del agua**

#### **7.2.1 Colecta de Macroinvertebrados**

Los muestreos se realizaron en época lluviosa y seca, periodos que correspondieron a los meses de abril, mayo, junio, julio y agosto de 2017. Para la colecta de los individuos se marcaron tramos de 5 metros a lo largo de la

quebrada, los cuales se dividieron en tres puntos estratégicos (orillas y centro) para abarcar la quebrada.



**Figura 1.** Mapa de ubicación de las estaciones de muestreo en la quebrada El Bohío, San Pablo Nariño (Fuente: Instituto Técnico Agustín Codazzi, Mapa hidrográfico).

Para las colectas de macroinvertebrados acuáticos, se observaron las sugerencias presentadas en Roldán & Ramírez (2008) para el uso de las redes, teniendo en cuenta las características del sustrato que se presentan en cada una de las estaciones. De esta manera, se consideraron tres tipos de red: La red surber, la cual se usa en sustratos arenosos, pedregosos o de tamaños finos de baja profundidad (Correa, 2016), consiste de un marco metálico y una malla triangular muy fina de 0.5 mm; una red de pantalla con dimensiones de 1m<sup>2</sup> provista de un ojo de maya de 0.5 mm, la cual también puede utilizarse en sustratos pedregosos; y una red D-net de uso efectivo en las orillas. Además, el muestreo se complementó con colecta manual, revisando hojarasca, rocas y troncos que estuvieron presentes en las estaciones de estudio.

En cada sitio se muestreó por un tiempo de 15 minutos con la respectiva red (Ramírez, 2010), realizando tres inmersiones. El material colectado se depositó en frascos con alcohol al 80%, debidamente etiquetado y fue transportado al laboratorio de Zoología de la Universidad del Cauca para su

posterior revisión. Una vez llevadas las muestras al laboratorio se limpiaron y se lavaron en cajas de Petri separándolas del lodo, arena y del material residual, teniendo cuidado de no retirar los organismos encontrados durante este proceso. El material fue separado a nivel de Orden y posteriormente se identificaron hasta género con ayuda de las claves taxonómicas de Roldán (1998) y las claves de Fernández & Domínguez (2001).

### 7.2.2 Calidad Físico-Química del agua

La toma de muestras para evaluar variables físico-químicas se realizó dos veces durante el estudio, una en época lluviosa y otra en época seca. Los parámetros fisicoquímicos evaluados y los métodos empleados se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Parámetros físico-químicos evaluados en el agua de la quebrada El Bohío y métodos empleados

<b>Variable</b>	<b>Método</b>
Temperatura de agua	Termómetro
pH	PH-metro
Oxígeno disuelto	Winkler
CO2	Hach

### 7.2.3 Análisis de datos

Para el análisis de la diversidad Alfa se utilizaron los índices ecológicos de diversidad de Shannon, dominancia de Simpson, equidad de Pielou, riqueza verdadera de Jost. Para el análisis de la diversidad Beta se usó del índice de similitud de Bray–Curtis. El cálculo de estos índices se realizó mediante el programa PAST (Hammer *et al.*, 2001). Para la medición de riqueza específica y de la estructura en la comunidad, se utilizaron los estimadores Jackknife1 y Chao1 mediante el programa Estimates (Colwell, 2006).

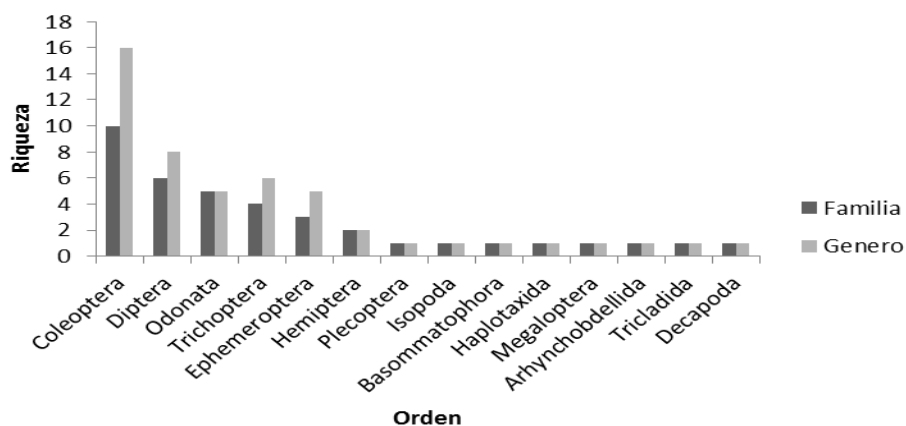
La evaluación de calidad biológica del agua se realizó mediante el índice BMWP para Colombia (Biological Monitoring Working Party). La asignación de los valores para cada familia se realizó teniendo en cuenta la adaptación del sistema

por Zamora (2007). La obtención de BMWP se realizó mediante los valores asignados a cada familia, posteriormente se hizo una sumatoria de estos valores donde se estableció el puntaje total, determinando de esta forma la calidad biológica del agua. Este procedimiento se llevó a cabo en cada estación de estudio.

## 8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 8.1 Comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la quebrada El Bohío

Fueron colectados 2722 individuos en las cuatro estaciones de muestreo, distribuidos en 14 órdenes, 39 familias y 50 géneros. Los órdenes con mayor riqueza fueron Coleoptera, Diptera, Odonata, Trichoptera, Ephemeroptera y Hemiptera, los menos representativos correspondieron a Plecoptera, Isopoda, Basommatophora, Haplotaixida, Megaloptera, Arhynchobdellida, Tricladida y Decapoda (Figura 2, Tabla 2).



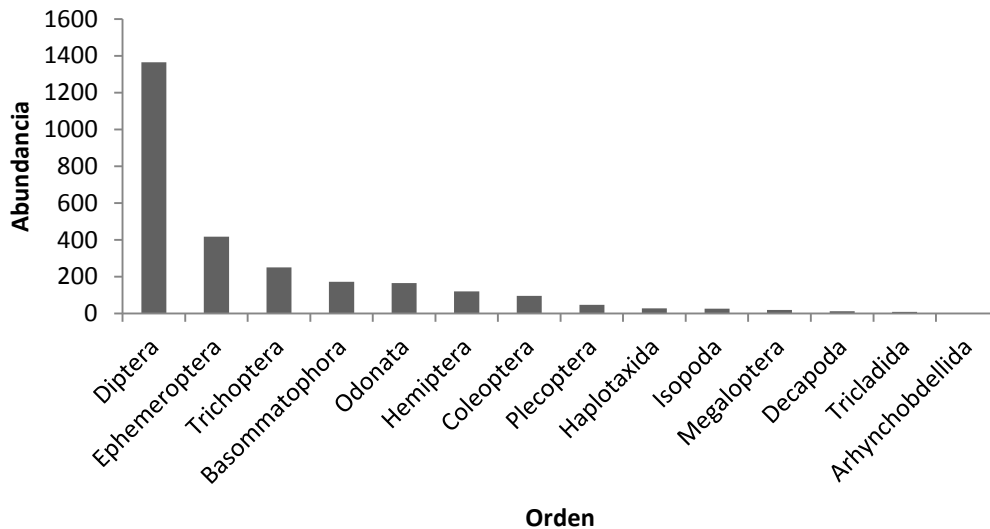
**Figura 2.** Riqueza de familias y géneros de macroinvertebrados distribuidos por orden colectados en la quebrada El Bohío.



**Tabla 2.** Macroinvertebrados presentes en las cuatro estaciones de la quebrada El Bohío.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Género	
Artrópoda	Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Smicridea</i>	
				<i>Leptonema</i>	
			Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>	
			Odontoceridae	<i>Marilia</i>	
			Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i>	
			Leptoceridae	<i>Atanatolica</i>	
		Ephemeroptera	Baetidae		<i>Baetodes</i>
					<i>Dactylobaetis</i>
					<i>Baetis</i>
			Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i>	
		Leptohyphidae	<i>Leptohyphes</i>		
		Diptera	Tipulidae	<i>Tipula</i>	
			Simuliidae	<i>Simulium</i>	
			Chironomidae	<i>Morfo 1</i>	
				<i>Morfo 2</i>	
				<i>Morfo 3</i>	
			Tabanidae	<i>Chrysops</i>	
			Empididae	<i>Hemerodromia</i>	
			Muscidae	<i>Limnophora</i>	
		Coleoptera	Hydrochidae	<i>Hydrochus</i>	
			Elmidae	<i>Heterelmis</i>	
				<i>Neocylloepus</i>	
				<i>Macrelmis</i>	
				<i>Macronychus</i>	
			Psephenidae	<i>Psephenus</i>	
			Gyrinidae	<i>Dineutus</i>	
			Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i>	
				<i>Anchyteis</i>	
			Chrysomelidae	<i>Donacia</i>	
			Dryopidae	<i>Pelonomus</i>	
			Dytiscidae	<i>Laccophilus</i>	
			Staphylinidae	<i>Philonthus</i>	
				<i>Stenus</i>	
				<i>Psammotiba</i>	
		Hydroscaphidae	<i>Hydroscapha</i>		
		Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	
		Hemiptera	Veliidae	<i>Rhagovelia</i>	
			Gerridae	<i>Eurygerris</i>	
		Odonata	Calopterygidae	<i>Hetaerina</i>	
			Libellulidae	<i>Erythrodiplax</i>	
			Gomphidae	<i>Progomphus</i>	
			Polythoridae	<i>Polythore</i>	
			Coenagrionidae	<i>Argia</i>	
		Megaloptera	Corydalidae	<i>Corydalus</i>	
		Malacostraca	Isopoda	Oniscidae	<i>Oniscus</i>
			Decapoda	Pseudothelphusidae	<i>Neostrengeria</i>
		Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Physidae
Annelida	Clitellata	Haplotaxida	Tubificidae	<i>Tubifex</i>	
	Hirudinea	Arhynchobdellida	Semiscolecidae	<i>Semiscolex</i>	
Platyhelminthes	Turbellaria	Tricladida	Dugesidae	<i>Dugesia</i>	

Los órdenes con mayor abundancia fueron Diptera, Ephemeroptera, Trichoptera, Basommatophora, Odonata, Hemiptera y Coleoptera, los menos abundantes corresponden a Plecoptera, Haplotaixida, Megaloptera, Isopoda, Arhynchobdellida, Tricladida y Decapoda (Figura 3).



**Figura 3.** Abundancia de macroinvertebrados distribuidos por orden colectados en la quebrada El Bohío

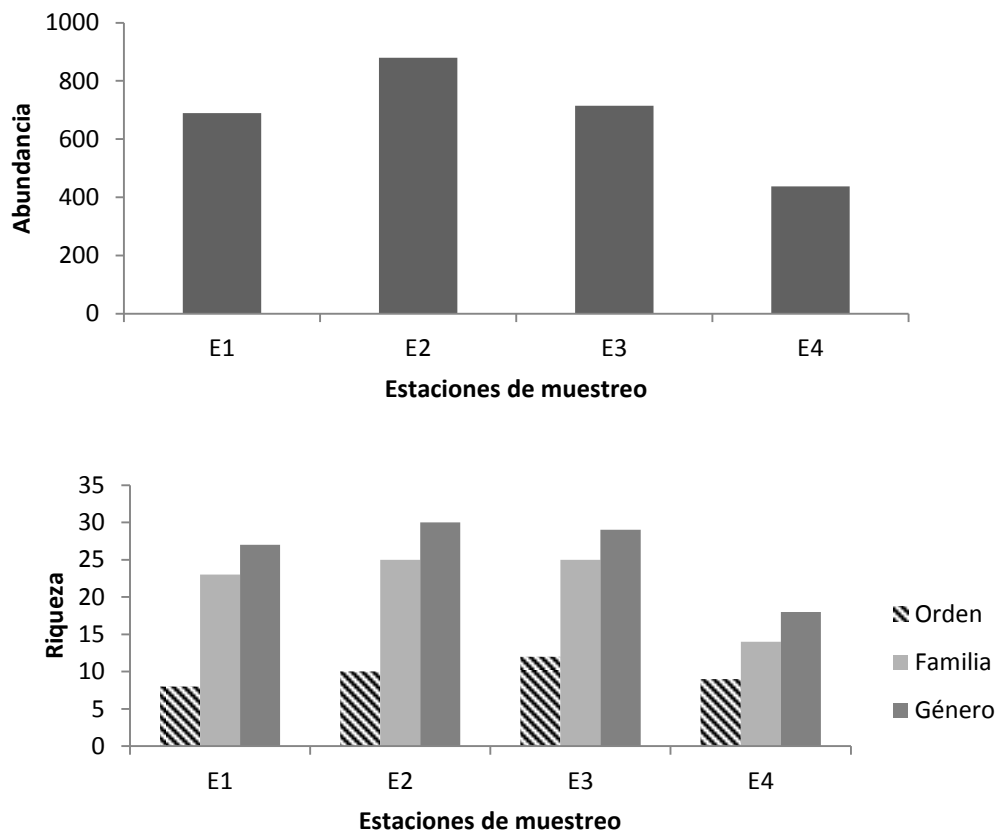
En ecosistemas lóxicos como en la quebrada El Bohío, los macroinvertebrados presentan diferentes tipos de adaptaciones como ventosas o cuerpos aplanados, que les permiten resistir las corrientes fuertes. Ganchos que otorgan la capacidad para adherirse a varios elementos que se encuentran en el agua como a pequeñas rocas, troncos y vegetación. Otros pueden encontrarse en la superficie del agua, orillas o sumergidos en el fondo (Roldán, 2003).

Los representantes del orden Coleoptera viven en aguas lóxicas y lénticas, pueden ser herbívoros, carnívoros o detritívoros. Los organismos que conforman al orden Diptera son un grupo amplio en diversos ámbitos, ya sea alimenticio o por su hábitat, muchos de estos viven en aguas limpias y otros en aguas muy contaminadas como los representantes de la familia Chironomidae. Sus hábitos alimenticios van desde herbívoros a carnívoros. El grupo conformado por Odonata, Hemiptera y Trichoptera abarcan hábitos alimenticios como depredadores, herbívoros o detritívoros. Estos pueden vivir desde sitios

pantanosos, lagos, pozos, hasta aguas muy limpias. Por su parte, los representantes del orden Mollusca suele vivir en lugares con alto contenido de sales para la elaboración de su concha y son considerados como indicadores de aguas duras y alcalinas, se alimentan de residuos vegetales y algas (Roldán, 1996; Roldán & Ramírez, 2008).

## 8.2 Riqueza, abundancia y composición de macroinvertebrados en las cuatro estaciones de muestreo sobre la quebrada El Bohío.

Se realizó una prueba para determinar si existen diferencias significativas en la riqueza y abundancia de especies entre las cuatro estaciones. El estadístico de Kruskal-Wallis no mostró diferencias entre las estaciones 1, 2 y 3 (H: 0.239,  $p$ : 0.88), pero si entre estas con la estación 4 (H: 3.607;  $p$ : 0.05; H: 5.175,  $p$ : 0.02; H: 3.633;  $p$ : 0.05) (Figura 4).

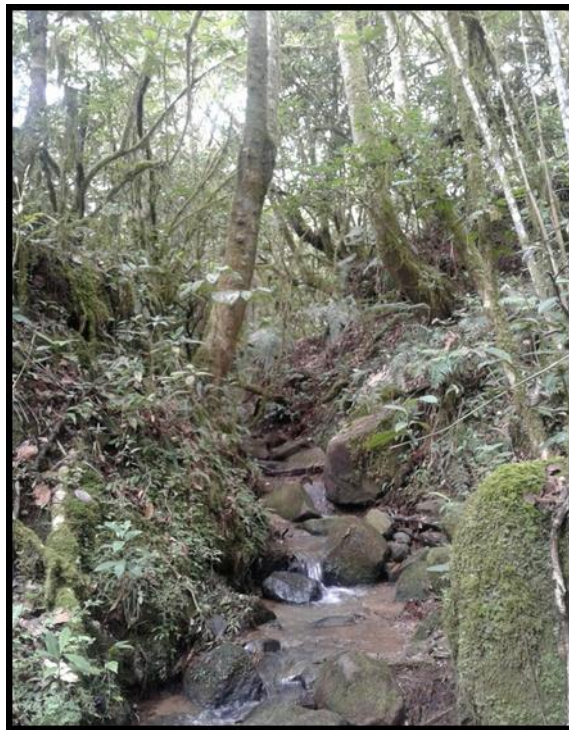


**Figura 4.** Riqueza y abundancia de macroinvertebrados encontrados en las cuatro estaciones de muestreo.

### 8.3 Caracterización de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en las cuatro estaciones de muestreo.

#### 8.3.1 Estación 1

La estación se encuentra ubicada en la parte alta del municipio de Colon, Génova, Nariño, en el cerro El Veneno (01°, 37', 0.78''N y 077°, 0.1', 26.1''W) a una altura de 2375 m.s.n.m. El lugar de estudio se caracteriza por ser estrecho, de baja profundidad, presenta aguas frías y se encuentra rodeado por abundante vegetación. Es el sitio cercano al nacimiento de la quebrada y en donde se observa muy poca intervención antrópica (Figura 5).



**Figura 5.** Fotografía de la estación de muestreo 1 en la quebrada El Bohío

Fueron colectados en total 689 individuos, distribuidos en 8 órdenes, 23 familias y 27 géneros (Figura 4). El orden Coleóptera obtuvo la mayor riqueza en esta estación, representado por 67 individuos, 5 familias y 7 géneros, entre los cuales se encontraron *Anchytarsus*, *Laccophilus*, *Psephenus*, *Macronychus* y *Neocylloepus*, estos generalmente suelen habitar en aguas limpias y frías, alimentándose de materia orgánica o detritus (Machado, 1989; Roldán, 2003; Gil,

2014). Su presencia en este sitio probablemente sea consecuencia de la poca intervención antrópica y de la materia orgánica, principalmente de la vegetación circundante.

Trichoptera fue uno de los órdenes más diversos en la estación, representado por 152 individuos, 5 familias y 6 géneros. Se encontraron mayormente representantes del género *Smicridea*, organismos que pueden vivir debajo de diferentes sustratos, lo que les otorga una ventaja a la hora de establecerse sobre diferentes hábitats. Además, son buenos indicadores de aguas oligotróficas (Roldán, 1988). Los géneros como *Leptonema* y *Atopsyche* se presentan frecuentemente en corrientes moderadas con bajos niveles de contaminación y con tendencia a establecerse en sistemas acuáticos fríos, características presentadas en la zona y que favorecen su estadía (Posada & Roldán, 2003). Los géneros *Marilia*, *Phylloicus* y *Atanolica* se presentaron en menor medida, sin embargo, su presencia está ligada a cuerpos de agua con bajos niveles de contaminación (Pinilla, 2000; Springer, 2010).

El orden Odonata estuvo representado por 58 individuos, correspondientes a 5 familias y 5 géneros. La presencia de los representantes de los géneros *Progomphus*, *Hetareina*, *Polythore* y *Erythrodiplax* probablemente sea consecuencia de su preferencia por aguas oxigenadas y con bajos niveles de contaminación (Roldán, 2003; Esquivel, 2006). Además, la poca intervención antrópica y los hábitats como la hojarasca, los troncos y el detritus favorecieron su establecimiento en esta zona de estudio.

Respecto al orden Ephemeroptera se colectaron 248 individuos, pertenecientes a 3 familias y 4 géneros. Se encontraron representantes de los géneros *Baetis*, *Baetodes*, *Thraulodes* y *Leptohyphes*, su presencia puede deberse a su afinidad por cuerpos de agua en buen estado de conservación, pues estos en general son buenos indicadores de aguas limpias (Roldan, 1988; Bello, 2000; Forero & Reinoso, 2013) y suelen ser más abundantes en zonas de remanso como es el caso de esta estación (Gil, 2014). También es importante señalar que su marcada abundancia pudo ser consecuencia de su facultad para aprovechar diferentes tipos de hábitats acuáticos tales como hojarasca, rocas,

fondos lodosos y arenosos, características que podrían suscitar su aparición en esta zona de estudio (Zúñiga, Molineri & Domínguez, 2004).

En el orden Hemiptera se presentaron 89 individuos, 2 familias y 2 géneros. La baja riqueza puede estar relacionada a su preferencia por ecosistemas lenticos, sin embargo algunos géneros pueden establecerse en tramos de baja profundidad y de poco caudal como es el caso de *Eurygerris*. El género *Rhagovelia*, por su parte, se puede encontrar tanto en ambientes loticos y lenticos (Bacon, 1956; Álvarez, 1982; Padilla & Nieser, 2003).

El orden Plecoptera presentó de manera exclusiva el género *Anacroneuria*, la baja riqueza del orden puede atribuirse a la preferencia por corrientes muy rápidas, aunque en menor medida también puede habitar ambientes de corrientes más suaves y oligotróficos. Suelen encontrarse sobre sustratos rocosos, vestigios de vegetación y fondos pedregosos. Su presencia, además de lo anterior, posiblemente se deba a la disponibilidad de alimento, sobre todo de representantes del orden Ephemeroptera (Pérez & Segnini, 2005; Tamaris-Turizo et al., 2007; Gutiérrez, 2010).

Por último, se encontró el género *Neostrengeria* perteneciente al orden Decapoda. La presencia de estos organismos posiblemente obedezca a su afinidad por habitar aguas limpias y debajo de piedras u hojarasca (Amat, 2009). En general, el nivel de riqueza y de abundancia presentado en esta estación posiblemente sea resultado de la poca actividad antrópica, factor que contribuye a una mejor estabilidad y estructuración de la comunidad de macroinvertebrados en esta zona (Allan, 1995; Torralba & Alonso, 2010).

### **8.3.2 Estación 2**

La estación se encuentra ubicada en la vereda El Bohío, en el municipio de San Pablo, Nariño (01°, 39', 30, 2'N y 77°, 0,1', 28.3'W), a una altura de 1763 m.s.n.m. El sitio se caracteriza por presentar aguas de poca profundidad, con corrientes moderadas y abundancia de vegetación riparia, principalmente rodeado por cultivos de café (Figura 6).



**Figura 6.** Fotografía de la estación de muestreo 2 en la quebrada El Bohío

Fueron colectados en total 880 individuos, distribuidos en 10 órdenes, 25 familias y 30 géneros (Figura 4). El Orden Coleóptera presentó la mayor riqueza en esta estación, está representado por 17 individuos, 6 familias y 7 géneros, entre los que se encuentra *Hydrochus*, *Donacia*, *Stenus*, *Macrelmis*, *Pelonomus*, *Philonthus* y *Anchytarsus*. La capacidad que tienen estos organismos de tolerar bajos niveles de contaminación hacen posible la presencia de varios de sus representantes en esta zona (Roldán, 2003).

El orden Diptera está representado por 551 individuos, 4 familias y 6 géneros, entre los cuales destaca *Simulium* (Simuliidae), la presencia de este género está ligada a su afinidad por los cuerpos de agua oxigenados (Roldán, 1996), hábitats acuáticos donde el agua tiene ausencia de contaminación, aunque pueden existir algunos taxones más tolerantes (Roldán, 2003). Los representantes de la familia Chironomidae como Orthoclaadiinae y Chironominae, tuvieron una abundancia importante que probablemente obedece a su tolerancia a las aguas medianamente contaminadas a muy contaminadas (Yumbo *et al.*, 2018). Por su parte, la presencia de los géneros *Tipula* y *Chrysops*, puede deberse a que estos

organismos suelen habitar en aguas lólicas o lenticas con materia orgánica en descomposición y con cierto grado de contaminación (Roldán, 1988).

La riqueza del orden Diptera puede explicarse por la capacidad que tienen los diferentes géneros de tolerar ecosistemas acuáticos contaminados, pues en la estación la entrada de materia orgánica al cuerpo de agua esta favorecida por los cultivos circundantes, destacando entre ellos los cultivos de café, además del ingreso de los productos agroquímicos por el efecto de escorrentía.

En cuanto al orden Ephemeroptera se presentaron 138 individuos distribuidos en 3 familias y 5 géneros. Según Roldán (1996) y Flower & De la Rosa, (2010), los representantes de los géneros *Baetis*, *Baetodes*, *Dactylobaetis*, *Thraulodes* y *Leptohyphes*, pueden tolerar un poco de contaminación orgánica, característica que puede explicar el establecimiento de varios de estos organismos en este sitio. Sin embargo, al comparar las abundancias presentadas en la estación 1, estas son menores, lo que refleja un mayor nivel de perturbación y afectación en el sitio.

El orden Odonata estuvo representado por 64 individuos, 4 familias y 4 géneros. Respecto a los géneros *Erythrodiplax* y *Hetareina*, sus ninfas suelen estar sujetas a los detritos y la vegetación acuática (Novelo-Gutiérrez & González-Soriano, 1991), además sus representantes tienen la capacidad de tolerar bajos niveles de contaminación orgánica, lo que puede explicar su presencia en esta estación. Los géneros *Progomphus* y *Argia* presentaron menor número de individuos, esto puede deberse a que estos géneros suelen ser menos tolerantes (Roldán, 2003).

En relación al orden Trichoptera, se presentaron 63 individuos distribuidos en 3 familias y 3 géneros. *Atopsyche* y *Marilia* habitan mayormente sobre aguas limpias, sin embargo, su presencia puede estar relacionada con la gran cantidad de sustrato pedregoso al cual tienen preferencia (Correa *et al.*, 1981; Rueda Martín, 2008). El género *Leptonema* puede ocupar un rango amplio de hábitats, además, presenta tolerancia a las aguas poco contaminadas (Muñoz-Quesada, 1999; Roldán, 2003), probablemente esto explique su presencia y el número de individuos colectados.



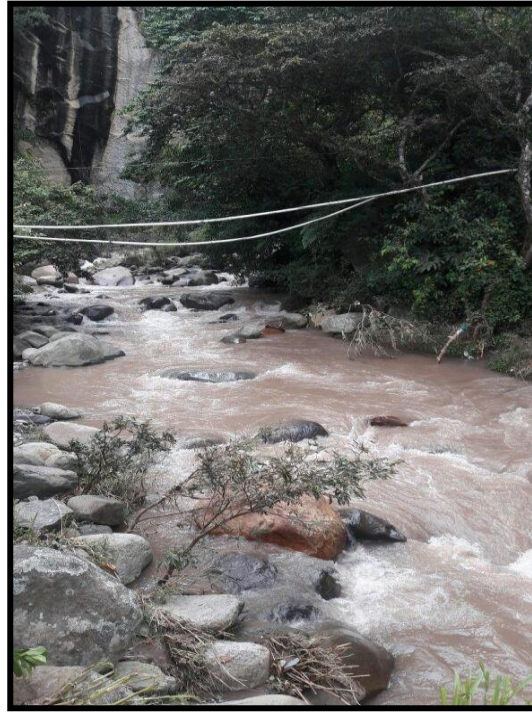
Los órdenes menos diversos en la estación fueron Bassomatophora, Megaloptera y Tricladida, los cuales obtuvieron 1 familia y 1 género. El género *Physa* (Basommatophora) se caracteriza por presentarse con más frecuencia en aguas con alto grado de contaminación (Iannacone *et al.*, 2002; De la Lanza *et al.*, 2017). *Corydalus* (Megaloptera) por su parte, prefiere aguas limpias, no obstante, algunos de sus taxones pueden tolerar un poco de contaminación orgánica (Pinilla, 2000). En el caso de *Dugesia* (Tricladida), son organismos que presentan cierto nivel de adaptabilidad a condiciones desfavorables (Muñoz & Velez, 2007), por lo tanto es de esperar que se encuentren representantes de este género en la estación 2.

### 8.3.3 Estación 3

La estación se encuentra ubicada en la parte media de la quebrada en la vereda Los Llanos Chiquitos, en el municipio de San Pablo, Nariño (01°, 39', 36.4"N y 077°, 0,1', 29.2"W) a una altura de 1759 m.s.n.m. Este tramo de la quebrada presenta una mayor amplitud, profundidad y corriente respecto a las anteriores estaciones, también se encuentra abundante vegetación en uno de sus márgenes (Figura 7).

Fueron colectados en total 715 individuos, distribuidos en 12 órdenes, 25 familias y 29 géneros (Figura 4). El orden Diptera registró la mayor riqueza y abundancia respecto a las demás estaciones, con 513 individuos representados en 5 familias y 7 géneros. El género *Simulium* reportó la mayor abundancia, esto puede ser atribuido a la capacidad de tolerancia de algunos de sus representantes y a la clase de sustrato presentado en el sitio, pues estaba dominado por troncos y rocas de diferente tamaño, hábitats en donde suelen permanecer adheridos en grandes grupos gracias a una estructura en forma de disco, que se localiza en la parte posterior de su cuerpo y a la secreción salivar de su boca (Martínez & Portillo, 1999; Roldán, 2008). El enriquecimiento de materia orgánica debido al depósito de basuras y hojarasca de la vegetación ribereña, propicio el asentamiento de varios organismos tolerantes y con afinidad a estas condiciones, como los representantes de las subfamilias Chironominae, Orthoclaadiinae,

Tanypodinae y los géneros *Tipula* (Tipulidae), *Chrysops* (Tabanidae) y *Hemerodromiia* (Empididae) (Figuroa *et al.*, 2002).



**Figura 7.** Fotografía de la estación de muestreo 3 en la quebrada El Bohío

En el orden coleóptera se hallaron 10 individuos representados en 5 familias y 5 géneros. Los géneros *Hydrochus*, *Hydroscapha*, *Heterelmis*, *Pelonomus* y *Psammotiba* suelen habitar en cuerpos acuáticos con poca contaminación, lo cual podría explicar los pocos individuos presentes en la estación.

El orden Odonata reportó 40 individuos distribuidos en 4 familias y 4 géneros. Los géneros encontrados pertenecen a *Erythrodiplax*, *Hetaerina*, *Progomphus* y *Argia*, organismos que habitan mayormente en cuerpos acuáticos con bajos niveles de polución, por esta razón probablemente la abundancia encontrada fue menor respecto a las estaciones 1 y 2.

Con relación al orden Trichoptera se hallaron 28 individuos distribuidos en 2 familias y 3 géneros. Se observó una menor abundancia de *Leptonema*, *Atopsyche* y *Smicridea* respecto a las anteriores estaciones, situación que podría

aludir al estado de polución en la que se encontraba la quebrada, ya que estos organismos se encuentran principalmente en aguas poco contaminadas.

En el orden Ephemeroptera se encontraron 27 individuos distribuidos en 2 familias y 3 géneros, entre los cuales se encontraron *Baetodes*, *Baetis* y *Leptohyphes*. La abundancia de estos organismos fue menor respecto a las estaciones 1 y 2, esto debido a que en la estación 3 se encuentra intervenida con mayor cantidad de material orgánico, lo cual afecta su permanencia, ya que son organismos que se presentan generalmente en aguas limpias.

Para el orden Hemiptera se encontraron 19 individuos, representados en una sola una familia y un único género *Rhagovelia*. Sus representantes se caracterizan por vivir tanto en aguas de corriente rápida como en ambientes lenticos, sin embargo, su presencia en esta estación puede estar limitada por la contaminación, ya que estos prefieren habitar cuerpos de agua limpios.

Los órdenes con menor riqueza fueron Basommatophora, Haplotaxida, Megaloptera, Tricladida y Arhynchobdellida, los cuales reportaron una familia y un género. Se encontró mayor abundancia del género *Physa* (Basommatophora), respecto a las estaciones 1 y 2, situación que probablemente corresponda a una mayor disposición de materia orgánica en descomposición en este sitio. La presencia del género *Tubifex* (Haplotaxida), puede aludir al estado de polución en la que se encontró la quebrada en este punto, pues sus representantes tienen afinidad y tolerancia por aguas con bajos niveles de oxígeno y con alto grado de contaminación (Redondo *et al.*, 2008).

En el orden Megaloptera se encontraron 10 individuos del género *Corydalus*, y en el orden Tricladida se encontraron 2 individuos pertenecientes al género *Dugesia*. La baja abundancia de estos organismos puede referirse a la sensibilidad que presentan a la contaminación orgánica (Roldán, 2003). El género *Semiscollex* del orden Arhynchobdellida, se presentó de forma exclusiva en esta estación, aunque solo se colectó un individuo, su presencia puede obedecer a la capacidad que tienen para vivir en sitios con bajos niveles de oxígeno (Roldán, 1988).

#### 8.3.4 Estación 4

Se encuentra ubicada en la parte baja de la quebrada, en el municipio de San Pablo, Nariño ( $01^{\circ}$ ,  $39'$ ,  $39.7''$ N y  $077^{\circ}$ ,  $0.1'$ ,  $35.2''$ W), a una altura de 1712 msnm. En esta zona se evidencia un mayor nivel de contaminación respecto a las anteriores estaciones. Las prácticas agrícolas y ganaderas circundantes, así como los residuos domésticos vertidos directamente sobre el cuerpo de agua, han dado lugar al estado crítico en que se encuentra este tramo de la quebrada (Figura 8).



**Figura 8.** Fotografía de la estación de muestreo 4 en la quebrada El Bohío

Fueron colectados en total 438 individuos, distribuidos en 9 órdenes, 14 familias y 18 géneros (Figura 4). El orden Diptera presentó la mayor riqueza y abundancia en esta estación, se reportaron 300 individuos pertenecientes a 4 familias y 6 géneros, entre los cuales destacan los géneros *Tipula*, *Simulium*, *Muscidae* y los representantes de las subfamilias Chironominae, Orthoclaadiinae y Tanypodinae.

En el orden Basommatophora se encontraron 103 individuos representados por el género *Physa* y en cuanto al orden Haplotaxida, estuvieron presentes 16 individuos pertenecientes al género *Tubifex*. La presencia de estos órdenes alude

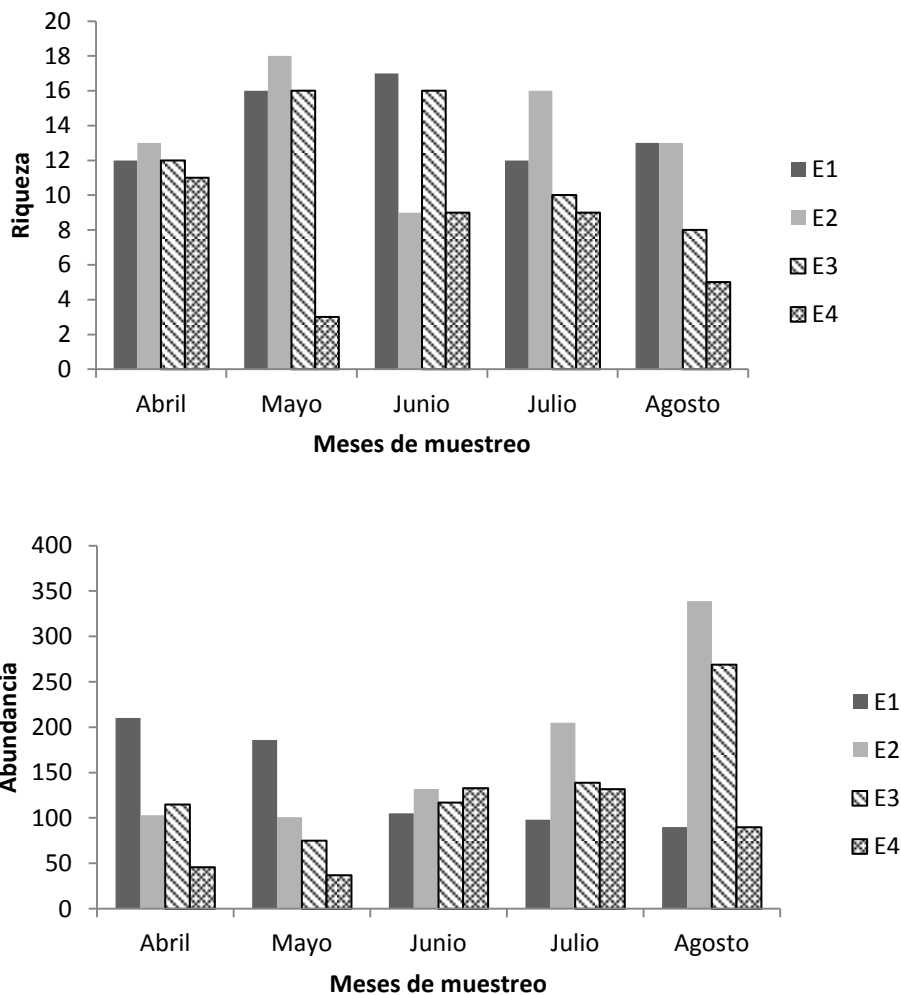
a un cuerpo acuático con altos niveles de contaminación, pues la reducción de vegetación de ribera, generada por la ganadería y la agricultura en los márgenes de la estación, ocasiona un exceso de detritus orgánico, bajos niveles de oxígeno, y a nivel global, un deterioro importante del agua, y por ende la pérdida de diversidad de la biota acuática (Brinkhurst, 1966; Roldán, 1996; Alfaro & Salazar, 2005; Liévano & Ospina, 2007; González *et al.*, 2012), por esta razón también se observó una marcada disminución en la riqueza y abundancia de los órdenes Trichoptera, Ephemeroptera, Odonata, Coleoptera, Megaloptera y Tricladida.

#### **8.4 Variación temporal de los macroinvertebrados presentes en la quebrada El Bohío**

Los muestreos fueron realizados entre los meses de abril a agosto de 2017, meses en los cuales hubo presencia de lluvias, transición a época seca y la época seca. En la figura 9, se muestra la riqueza y abundancia de las estaciones de acuerdo a los meses. La estación 1 muestra una mayor riqueza para junio, periodo de transición entre época de lluvias y época seca, donde según Longo *et al.* (2010), se facilita el desarrollo y la colonización de diversos taxa. Sin embargo, el estadístico de Kruskal-Wallis no mostró diferencias significativas entre cada mes ( $H: 1.026, p: 0.90$ ), situación que se asemeja a estudios realizados por Arango *et al.* (2008), González *et al.* (2012), Rubio, Días & Walteros (2012), Zúñiga (2012) y Rivera *et al.* (2013), donde no existieron grandes variaciones en la riqueza, pese a la presencia de lluvias en los periodos estudiados. Lo anterior probablemente suceda por la fisiografía del terreno, que al no presentar pendientes demasiado altas, favorecieron la disminución de la fuerza de la corriente, permitiendo mayor homogeneidad del sustrato durante los meses de estudio.

En cuanto a la abundancia, se observa, que en el mes de abril y mayo, hay una mayor cantidad de individuos de los órdenes Ephemeroptera como *Baetodes*, *Baetis*, *Leptohyphes* y *Thraulodes*; Trichoptera con *Smicridea* y del orden Hemiptera con el género *Rhagovelia*. Lo anterior pudo haber sido consecuencia de la resistencia a los cambios en los regímenes de los caudales y a su capacidad

para colonizar diferentes hábitats, no obstante estos grupos tienden a disminuir en época seca (Arab *et al.*, 2004; Rodríguez *et al.*, 2006; Longo *et al.*, 2010).



**Figura 9.** Riqueza y abundancia por épocas climáticas

El estadístico de Kruskal-Wallis no mostró diferencias significativas para la riqueza de la estación 2 en cada mes de muestreo ( $H: 2.061$ ,  $p: 0.724$ ), sin embargo, se observa una disminución en el periodo de transición entre la época de lluvias y la época seca (Figura 9), hecho que obedece probablemente a la actividad antrópica en los márgenes de la estación, ya que las cosechas de café coinciden con el mes de junio, actividad estudiada en otras quebradas por Fernández & Springer(2008), Galindo *et al.* (2012), Giraldo *et al.* (2014), Gómez *et al.* (2017), donde han demostrado sus efectos contaminantes y la pérdida de

diversidad y disminución de la calidad del agua. En los meses de julio y agosto se observa un aumento de la riqueza respecto al mes de junio y un aumento de la abundancia con relación a la época de lluvias y de transición, situación atribuida probablemente al crecimiento de varios representantes del orden Diptera como *Simulium*, *Tipula*, Chironominae, Orthoclaadiinae y Tanypodinae, organismos que pueden adaptarse a ambientes contaminados.

En la estación 3, se observa una disminución de riqueza para los meses de julio y agosto (Figura 9). Esto quizá se relacione con la reducción de algunos géneros de los órdenes Ephemeroptera, Trichoptera y Coleóptera, organismos que tienden a disminuir en época seca. No obstante, la abundancia en este periodo presentó valores más altos respecto a la época de lluvia, pues según Junk & Wantzen (2004) y Longo *et al.* (2010), en época seca aumenta la densidad de organismos de especies del orden Diptera y Mollusca, debido a que poseen estrategias para resistir la desecación. También es importante señalar los procesos de transformación del paisaje que ocurren en la estación como la deforestación en uno de sus márgenes, la siembra de cultivos en la cercanía y el paso de la carretera que conduce a la cabecera municipal, factores que pueden alterar la estructura y función de la fauna bentónica y que han sido reportados en los estudios de Bernal *et al.* (2006), Walteros *et al.* (2010), Bilbao *et al.* (2013), Gutiérrez *et al.* (2016) y Alomía *et al.* (2017).

La estación 4 reportó valores de riqueza similares entre la época seca y la lluviosa (Figura 9). Esto pudo ser consecuencia de la exposición continua a factores contaminantes, situación que favoreció el establecimiento de organismos capaces de tolerar estas condiciones durante las dos épocas. En cuanto a la abundancia, se observa una tendencia de crecimiento hacia la época de sequía (Figura 9) por parte de los representantes de las familias Chironomidae, Physidae y Tubificidae.

### **8.5 Índices de diversidad, dominancia, equitabilidad y riqueza verdadera**

El índice de Shannon calculado para cada estación, reportó mayor valor para la estación 1, valor que sugiere un ambiente poco intervenido y en buen

estado de conservación, estos resultados son similares a los obtenidos por Pino *et al.* (2003), Cárdenas *et al.* (2007), Legarda, Quintero & Ramírez (2009), Prat *et al.* (2009), Gonzáles *et al.* (2012) y Santamaría & Bernal (2016), quienes reportan mayor diversidad en cuerpos acuáticos con baja intervención antrópica y en zonas de alta montaña. En las estaciones 2, 3 y 4 se reportan valores menores del índice de diversidad, valores que pueden verse reducidos por las transformaciones a lo largo del cauce y de los márgenes de las quebradas (Obando & Bustamante, 2014).

**Tabla 3.** Índices ecológicos en las 4 estaciones de estudio

<b>Estación</b>	<b>Shannon</b>	<b>Simpson</b>	<b>Pielou</b>	<b>Jost</b>
<b>1</b>	2,789	0,922	0,846	16,264
<b>2</b>	2,273	0,812	0,668	9,708
<b>3</b>	2	0,714	0,594	7,389
<b>4</b>	1,888	0,798	0,653	6,606

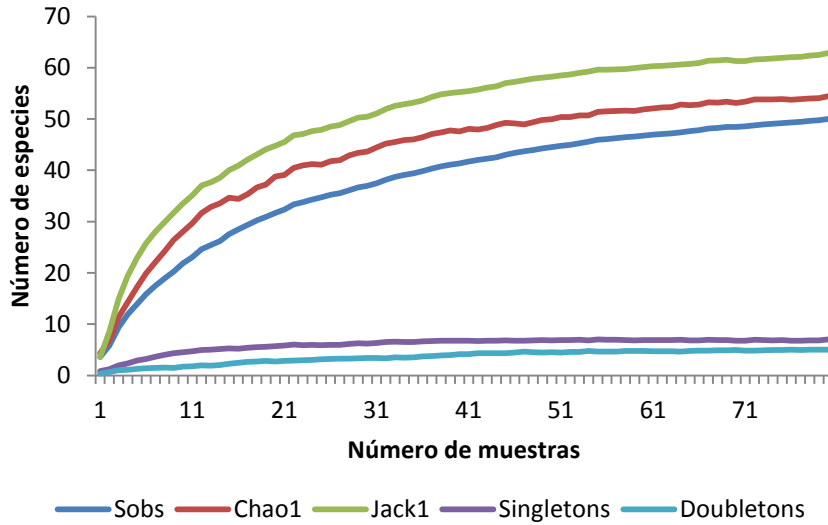
El índice de dominancia de Simpson calculado, exhibió los valores más altos para las estaciones 3 y 4, este comportamiento está relacionado con una mayor abundancia de algunas especies del orden Diptera como las subfamilias Orthoclaadiinae, Chironominae, Tanypodinae y el género Simulium. El índice de equitabilidad de Pielou fue más alto para la estación 1, lo cual sugiere una buena distribución en las abundancias de los organismos durante todo el periodo de estudio, pues según autores como Vidal & Membiela (1993) y Rubio, Meza Días & Walteros (2012), la velocidad de la corriente, la temperatura, el sustrato y las condiciones biogeográficas son factores importantes en la distribución de macroinvertebrados acuáticos, condiciones que se presentan en esta estación. Para el análisis de los valores en el índice de Jost, se contrastaron en primer lugar, los valores reportados en el índice de Shannon en cada estación, de forma que E1 y E2 tienen una diferencia de 18,35%; E2 y E3, 11,99% y E3 y E4, 6%. El contraste en los valores de Jost presentó a E1 y E2 con 40,35% de diferencia, a E2 y E3 con 23,92% y finalmente E3 y E4, 10,57%. Al relacionar las diferencias entre cada índice y cada estación, se evidencia que con Jost, dichas diferencias



exhiben un valor más alto en cada estación, especialmente las de la E1 respecto a la demás estaciones, lo cual indica realmente que las actividades antrópicas en la parte media y baja, afectan considerablemente la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, pues en concordancia con Moreno *et al.* (2011), se menciona que con el uso de los números efectivos hay una mejor interpretación de la diversidad de las comunidades.

### **8.6 Curva de acumulación de especies**

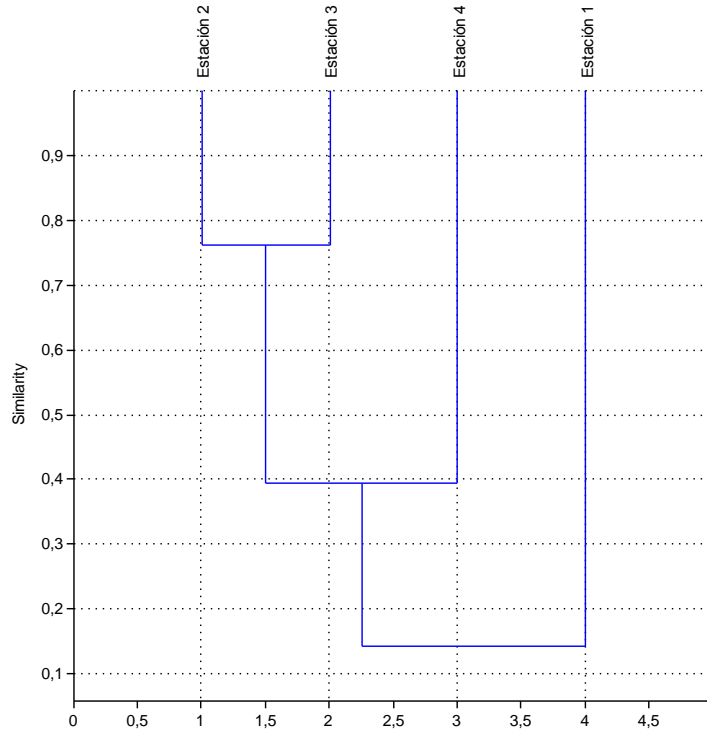
Las curvas de acumulación de especies, basada en los estimadores no paramétrico Jack1 y Chao1, sugieren una eficiencia de muestreo entre 79.56 y 91.82%, respectivamente, y que al continuar con los muestreos, se alcanzaran mejores estimaciones. El número de especies con un solo individuo (Singletons) fue 7 y con dos individuos fue de 5 (Doubletons) (Figura 10). De acuerdo con Moreno (2001) y Walteros *et al.* (2016), la riqueza específica puede estar influenciada por el estado de conservación de los hábitats de estudio, de esta manera, un hábitat en buenas condiciones albergará un mayor número de taxa, mientras que en un tramo afectado por las actividades antrópicas resultará en una situación inversa. También se debe tener en cuenta el tiempo en el que se realiza el muestreo, pues muchas de las especies obedecen a la estacionalidad, y será más conveniente realizar los esfuerzos en épocas donde haya mayor probabilidad de registro de especies, aunque en el presente estudio se tuvo en cuenta las épocas donde hubo precipitación, y en donde estas fueron escasas, pero muchas veces el carácter imprevisible de la naturaleza propicia la colecta de organismos en tiempos y lugares donde no se espera.



**Figura 10.** Curva de acumulación de especies para los macroinvertebrados colectados en la quebrada El Bohío

### 8.7 Análisis del índice de similitud de Bray-Curtis

Al comparar la composición de los diferentes sitios de muestreo, el índice de similitud de Bray-Curtis entre las cuatro estaciones mostró que las estaciones 2 y 3 tienen una similitud del 77%, la semejanza entre estos dos puntos se debe probablemente a los atributos comunes en cuanto altitud, tipo de sustrato, disponibilidad de alimento y las características fisicoquímicas a lo largo del estudio (Figura 11).



**Figura 11.** Dendrograma de similitud de Bray-Curtis para los géneros de macroinvertebrados acuáticos presentes en las 4 estaciones en la quebrada El Bohío

La estación 4 tiene una similitud del 39%, respecto a las estaciones 2 y 3. La baja similitud se explica por las condiciones en las que se encontró esta estación a lo largo del estudio, el vertimiento directo de residuos, la remoción de la vegetación de ribera, los efectos de la agricultura y la ganadería, fueron factores que impactaron negativamente sobre la diversidad de los macroinvertebrados acuáticos.

La estación 1 presentó la similitud más baja respecto a las estaciones 2, 3 y 4, con tan solo el 14%, su cercanía al nacimiento de la quebrada y la poca influencia de las actividades antrópicas favorecieron un mejor estado de conservación que permitió albergar organismos exclusivos de estas condiciones.

## 8.8. Determinación de la calidad biológica mediante el índice BMWP para Colombia propuesto por Zamora (2007).

Los resultados obtenidos para determinar la calidad biológica del agua de la quebrada El Bohío, en las 4 estaciones, con base al índice BMWP para Colombia, se muestran en la Tabla 8. La estación 1 reporta 116.6, valor que se ubica dentro del rango de 101 – 120 (Anexo 2) y que le otorga el carácter de agua limpia. La escasa intervención antrópica, la ausencia de factores contaminantes y la altitud en este punto de estudio, han facilitado la presencia de organismos exclusivos de aguas de buena calidad, situación que se asemeja a los estudios realizados por Cárdenas *et al.* (2007), Moreno (2008), Guerra *et al.* (2011), Zúñiga (2012) Portilla (2015) y Murillo *et al.* (2018) donde se observa que los cuerpos de agua con menos perturbación antrópica, exhiben un mejor estado de conservación.

Según Roldán & Ramírez (2008), las aguas de alta montaña se encuentran dominadas por Plecopteros, Ephemeropteros y Trichopteros, pero también se hallan en bajas proporciones Dipteros, Hemipteros y Odonatos. En correspondencia, las familias más representativas dentro de esta estación fueron Hydropsychidae, Hydrobiosidae, Baetidae, Leptophlebiidae, Leptohyphidae, Perlidae, Veliidae y Gomphidae.

**Tabla 4.** Calidad biológica del agua en la quebrada El Bohío según el índice de BMWP/Col

<b>Estacion</b>	<b>Valor BMWP</b>	<b>Calidad del agua</b>	<b>Caratcteristicas</b>
<b>Estacion 1</b>	116.6	Buena	Agua limpia
<b>Estacion 2</b>	80	Aceptable	Medianamente contaminadas
<b>Estacion 3</b>	61.6	Aceptable	Medianamente contaminadas
<b>Estacion 4</b>	31.4	Criticas	Aguas contaminadas

En la estación 2 se observa un valor de 80 en el índice BMWP/Col, catalogando a las aguas como aceptables y medianamente contaminadas. Este punto se encuentra ubicado en la parte media de la quebrada, el cuerpo de agua recibe material contaminante de las fincas cafeteras que pueden afectar la

dinámica del ecosistema acuático, debido a los diferentes agroquímicos que se utilizan para la producción de café y a los vertimientos del lavado del grano, pese a esto, las orillas de la quebrada se encuentran delineadas con diversa vegetación riparia, como plantas de guadua, pastos y árboles de alto dosel, que pueden beneficiar el estado del agua. Las familias más representativas dentro de esta estación fueron Hydropsychidae, Hydrobiosidae, Baetidae, Simuliidae, Chironomidae, Calopterygidae y Libellulidae.

La estación 3 reporta un valor de 61.6, sugiriendo que el cuerpo acuático posee una calidad aceptable con atributos de aguas contaminadas, la exposición a la contaminación orgánica e inorgánica ha contribuido a la degradación del agua en esta zona, por lo cual las familias más representativas en el sitio de estudio fueron Simuliidae, Chironomidae, Tipulidae, Tubificidae y Physidae, propias de aguas contaminadas.

En cuanto a la estación 4, se observa un valor de 31,4 según el índice BMWP/Col, la calidad del agua en esta estación presenta un estado crítico debido a la deposición directa y continua de basuras sobre el cuerpo de agua, y a la remoción de la vegetación riparia, por tanto las familias más representativas en la estación son Tubificidae y Chironomidae.

Los resultados mostrados en la parte media y baja de la quebrada tienen correspondencia con los estudios de Cárdenas *et al.* (2007), Zamora *et al.* (2011), Ramírez *et al.* (2013), Portilla (2015), Madera *et al.* (2016), Alvarado (2017) y Murillo *et al.* (2018) donde se observa, que a medida que se ejerce mayor presión antrópica, mayor será el grado de alteración del cuerpo de agua.

## **8.9 Análisis de los parámetros fisicoquímicos en la quebrada El Bohío**

Las características fisicoquímicas proporcionan un elemento importante en la observación y determinación de la calidad del agua. Variables como pH, oxígeno disuelto, conductividad, turbiedad y temperatura del agua, revelan información sobre el estado de un cuerpo de agua y determinan la distribución de sus organismos (Roldán, 2003; Morelli & Verdi, 2014). A continuación, se describen parámetros como pH, oxígeno disuelto, temperatura del agua y CO<sub>2</sub>,

teniendo en cuenta su relación con los macroinvertebrados acuáticos en las épocas de lluvia y sequía, en las 4 estaciones de estudio (Tabla 5).

## pH

Los valores de pH indicados en las tablas 5, son muy similares en las cuatro estaciones de estudio, con un promedio de 6.9 para época seca y para la época de lluvias 7.1, mostrando cercanía a la neutralidad, lo cual sugiere que se encuentran en los rangos permisibles para el desarrollo óptimo de la biota acuática (Roldán & Ramírez, 2008). Las estaciones 3 y 4, las cuales reflejaron niveles de contaminación más altos, se alejan un poco del pH neutro respecto a las estaciones 1 y 2, pero no representan limitaciones para el desarrollo normal de los macroinvertebrados acuáticos, situación que se asemeja a los estudios de Caicedo & Palacios (1998), González *et al.* (2012), Rubio, Dias, Meza & Walteros (2012), Custodio & Chanamé (2016) y Carillo *et al.* (2017) donde las pequeñas variaciones de pH probablemente estén influenciadas por la actividad agrícola y las descargas de agua residual.

**Tabla 5.** Variables físico-químicos evaluadas en las cuatro estaciones en la quebrada El Bohío en época seca y lluvias.

<b>Época seca</b>				
<b>Estación</b>	<b>pH</b>	<b>Temperatura de agua</b>	<b>Oxígeno disuelto</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>
<b>1</b>	7.1	16°C	6.82mg/ l	2.11 mg/ l
<b>2</b>	6.9	18°C	3.94 mg/ l	2.19 mg/ l
<b>3</b>	6.8	18°C	3.78 mg/ l	2.36mg/ l
<b>4</b>	6.8	18°C	2.47 mg/ l	5.35 mg/ l
<b>Época de Lluvias</b>				
<b>Estación</b>	<b>pH</b>	<b>Temperatura de agua</b>	<b>Oxígeno disuelto</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>
<b>1</b>	7.1	15°C	6.67 mg/ l	2.14 mg/ l
<b>2</b>	7.1	17°C	4.51 mg/ l	2.22 mg/ l
<b>3</b>	7.3	17°C	4.29 mg/ l	2.45 mg/ l
<b>4</b>	7.2	17°C	2.73 mg/ l	6.19 mg/ l

## **Temperatura del agua**

La importancia de la temperatura en los ambientes acuáticos está ligada al impacto que genera sobre sus propiedades físicas, constituye una parte importante en la distribución y riqueza de los macroinvertebrados acuáticos (Bustamante *et al.*, 2008). De esta manera, un incremento en la temperatura podría generar la reducción de la solubilidad del oxígeno presente en el agua e influir sobre la dinámica de la macrofauna y flora acuática (Llano, 2012; Roldán, 2003). Para la época seca, la temperatura permaneció constante en las estaciones 2, 3 y 4 con 18°C, y en la estación 1 se observó un valor de 16°C. Para la época de lluvias, la temperatura fue constante con 17°C en las estaciones 2, 3 y 4, y de 15°C en la estación 1. El aumento en los valores de temperatura de las estaciones 2,3 y 4, respecto a la estación 1, en cada etapa del estudio, podría estar relacionado con la disminución altitudinal, situación observada en los estudios de Machado & Roldán (1981), Guerrero *et al.* (2003), Castro *et al.* (2014) y Gutiérrez, Zamora & Andrade (2014). Respecto a las variaciones entre periodos, posiblemente, estén influenciadas por las precipitaciones, pues en época de lluvias se presenta una leve disminución de la temperatura del agua respecto a la época seca.

Según Roldán (2003), los organismos tropicales no soportan grandes variaciones de temperatura, y cualquier modificación podría repercutir negativamente sobre su estructura y composición, sin embargo, en este estudio, la temperatura no presentó grandes variaciones, y el cambio en la composición de los macroinvertebrados acuáticos entre estaciones, está ligado, probablemente, por el factor antrópico y los regímenes hídricos que afectan la velocidad de la corriente a lo largo del área de estudio.

## **Oxígeno disuelto**

El oxígeno disuelto constituye uno de los indicadores de mayor importancia en la evaluación de la calidad de las aguas. Los niveles bajos se asocian con aguas de mala calidad, y los más altos representarían un ecosistema acuático en mejor estado de conservación (Llano, 2012)

El aire es uno de los principales factores promotores en la generación de oxígeno disuelto en el agua, el cual mediante los efectos de las turbulencias, tiene una difusión rápida en los cuerpos acuáticos. También se considera un elemento importante de la actividad fotosintética, que depende en gran medida del dosel, ya que este puede limitar o contribuir la entrada de luz solar, influyendo sobre la productividad primaria y la temperatura del agua (Roldán, 2003; Boothroyd *et al.*, 2004).

La normatividad colombiana establece los criterios aceptables de oxígeno disuelto en un cuerpo de agua para la preservación de flora y fauna, de esta manera: 5.0 mg/L en aguas dulces frías y 4.0 mg/L en aguas dulces cálidas. (IDEAM, 2012).

Los valores de oxígeno disuelto para cada estación tuvieron variaciones importantes (Tabla 5). Se observa que los valores más altos de oxígeno disuelto se presentan en la estación 1, y corresponden a los rangos normales según la normatividad colombiana, donde se da un desarrollo adecuado para la biota acuática.

Las estaciones 2 y 3, presentaron valores similares con una tendencia a disminuir en la época seca, esto posiblemente por un mayor aporte alóctono de materia orgánica durante este periodo en las dos estaciones, a causa de la actividad antrópica. Situación que favorece el proceso de descomposición que consume parte del oxígeno disuelto, desestabilizando el equilibrio del ecosistema e influyendo sobre la estructura y composición de los macroinvertebrados acuáticos (Hawker, 1980; Caicedo & Palacios, 1998; Galindo *et al.* 2012). Lo anterior se refleja en la presencia de organismos como *Tipula*, Chironominae, Orthoclaadiinae, Tanypodinae y *Physa* durante la época donde hubo escasez de lluvias, organismos que pueden tolerar elevadas cargas de materia orgánica y son resistentes a bajas concentraciones de oxígeno, una característica que no suele ser común en la mayoría de macroinvertebrados acuáticos (Coffman & Ferrington, 1979).

En la estación 4 se presentan los valores más bajos de oxígeno disuelto, consecuencia de un gran aporte de materia orgánica y de la exposición a diversos



contaminantes. Su carga posiblemente estaba superando la capacidad de asimilación del medio, limitando la cantidad de especies que no pueden tolerar condiciones críticas de contaminación. Resultado de esto, es la marcada presencia que tuvieron representantes de las familias Chironomidae y Physidae.

### **Dióxido de Carbono**

El dióxido de carbono junto con el oxígeno, constituyen los gases más importantes en los ecosistemas acuáticos, están íntimamente relacionados con el proceso de fotosíntesis y la respiración. En el proceso de la fotosíntesis se produce oxígeno y en la respiración como proceso inverso se produce dióxido de carbono. De esta manera la producción de CO<sub>2</sub> depende en gran medida de la respiración de los organismos y de la degradación de la materia orgánica (Roldán, 2003).

Según Vásquez (2001), los valores superiores a 20 mg/L limitarían el desarrollo óptimo de la biota acuática. Para la quebrada El Bohío, en ninguna de las estaciones se superó ese valor, sin embargo cada estación presentó un comportamiento distintivo como consecuencia de las características que las rodean. Los valores más bajos de dióxido de carbono se presentaron en la estación 1 (Tabla 5), respecto a las demás estaciones, y sugieren un proceso de degradación de la materia orgánica en menor proporción, lo que se refleja en la calidad del agua en esta estación y en la presencia de Ephemeropteros, Trichopteros, Plecópteros, Odonatos y Hemípteros, propios de aguas en buen estado de conservación.

En las estaciones 2 y 3, en los dos periodos, no hubo gran variación en los valores de dióxido de carbono, aunque se puede notar un ligero incremento en la estación 3 (Tabla 5), esto posiblemente por la exposición a mayor cantidad de contaminantes y de materia orgánica alóctona, lo que incrementa su degradación, por ende los niveles de CO<sub>2</sub> presentes. Pese a lo anterior, en las dos estaciones aún se presentan representantes de los géneros de *Leptonema*, *Baetis*, *Baetodes*, *Hetareina*, *Erythrodiplax*, *Simulium*, *Raghovelia* que pueden tolerar bajos niveles de contaminación, aunque en época seca fue más común el

asentamiento de organismos como *Tipula*, Chironominae, Orthoclaadiinae, Tanypodinae y *Physa*.

Finalmente, en la estación 4, se observan los valores más altos de CO<sub>2</sub> respecto a las demás estaciones para los dos periodos (Tabla 5), esto se puede explicar por las descargas de aguas residuales hacia ese punto, las actividades agrícolas y la reducción de la vegetación para el pastoreo, factores que favorecen un mayor aporte de materia orgánica, su degradación y como consecuencia de todo esto, el incremento de CO<sub>2</sub> en este punto de la quebrada. Cabe resaltar que en época de lluvia, los valores de CO<sub>2</sub> tendieron a incrementar en todas las estaciones, según Roldán (2003), las lluvias pueden arrastrar el CO<sub>2</sub> atmosférico e incorporarlo en los ecosistemas acuáticos.

## 9. CONCLUSIONES

El cuerpo de agua de la quebrada El Bohío presenta una buena calidad biológica en la parte alta, en tanto que en la parte baja, exhibe una menor calidad biológica, asociada a las perturbaciones antrópicas a lo largo del cauce y las orillas de la quebrada, sugiriendo que actividades como el vertimiento de aguas domésticas y de aguas mieles del procesamiento del café, están alterando su calidad. Además, el manejo incorrecto de los residuos sólidos en las orillas del cauce, son otro de los factores que están afectando no solo la calidad del agua sino el paisaje.

Los índices ecológicos indican, en general, una mayor diversidad en la estación 1, situación favorecida por el bajo impacto de las actividades antrópicas. En contraste, se observa una menor diversidad en las estaciones 2, 3 y 4, donde hay mayor presión por las actividades humanas. Estas condiciones reflejaron una variación en la composición, riqueza y abundancia de los macroinvertebrados acuáticos en cada sitio de estudio.

La disminución y el deterioro de la calidad biológica de las aguas en las estaciones 2, 3 y 4, se refleja en el índice BMWP, hecho que se relaciona por los

efectos de los regímenes hidrológicos y principalmente por la presión de las actividades humanas ejercidas a lo largo del cauce de la quebrada.

La cantidad de macroinvertebrados bentónicos capturados fue mayor en época seca en comparación con el periodo lluvioso, probablemente porque la ausencia de lluvias propició la concentración de contaminantes orgánicos, favoreciendo el crecimiento de organismos tolerantes a estos ambientes, especialmente los representantes del orden Diptera.

El análisis de los parámetros físico-químicos reveló diferentes patrones en sus valores en función de las características presentes en cada estación de muestreo, de esta forma, la calidad biológica del agua muestra correspondencia con los datos físico-químicos del sistema.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda ampliar el uso de diferentes parámetros fisicoquímicos e incorporar variables microbiológicas con el fin de realizar un análisis más integral en cada una de las estaciones de la quebrada El Bohío.

Las curvas de acumulación de especies observadas tuvieron una aproximación a la riqueza y la estructura asintótica, sin embargo se considera necesario realizar un esfuerzo de muestreo mayor para alcanzar mejores estimaciones.

La realización de muestreos periódicos que permitan diagnósticos comparativos de la calidad del agua en la quebrada El Bohío. Identificar los individuos hasta el nivel de especie para estimar la riqueza real de las estaciones.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abarca, S.; Mora, B. 2016. Contaminación del agua. *Biocenosis*, 20(1-2).
- Alcaldía de San Pablo Nariño. 2016. Plan De Desarrollo Municipal De San Pablo: 2016 – 2019. Colombia: Nariño.
- Alfaro, M.; Salazar, F. 2005. Ganadería y contaminación difusa, implicancias para el sur de Chile. *Agricultura Técnica*, 65(3), 330-340.
- Alomía, J.; Iannacone, J. A.; Alvariño, L.; Ventura, K. 2017. Macroinvertebrados bentónicos para evaluar la calidad de las aguas de la cuenca alta del río Huallaga, Perú. *The Biologist*, 15(1).
- Alvarado, R. 2017. Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad del agua del río Amojú, parte alta de Jaén, Cajamarca. *Revista Científica Pakamuros*, 4(1), 8.
- Álvarez, L.F. 1982. Estudio del orden Hemiptera (Heteroptera) en el Departamento de Antioquia en diferentes pisos altitudinales. Universidad de Antioquia. *Actualidades Biológicas*, Vol.12, No. 44.
- Allan, J. D. 1995. *Stream ecology. Structure and function of running waters*. Chapman & Hall. Londres, 338 pág.
- Amat, G. 2009. Biodiversidad regional: Santa María, Boyacá. Artrópodos, Miriápodos, Crustáceos, Insectos. Serie de guías de campo. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 236 p.
- Arab, A.; Lek, S.; Lounaci, A.; Park, Y. S. 2004. Spatial and temporal patterns of benthic invertebrate communities in an intermittent river (North Africa). In *Annales de Limnologie International Journal of Limnology* (Vol. 40, No. 4, pp. 317-327). EDP Sciences.

Arango, M.C.; Álvarez, L.F.; Arango, G.A.; Torres, O.; Monsalve A. 2008. Calidad del agua de las quebradas la cristalina y La Risaralda, San Luis, Antioquia. *Revista EIA*, (9), 121-141.

Arias, N.; Gómez y Castro, F. 2011. Evaluación del Impacto Ambiental Sobre el Río Grande por el Vertimiento de aguas residuales provenientes de la estación piscícola El Molino H&V Ubicada en Coconuco cabecera del municipio de Puracé del Departamento del Cauca. *Journal de ciencia e ingeniería*. Vol. 3, No. 1, páginas 4 – 11.

Ávila de Navia S; Estupiñán M. 2011. Calidad bacteriológica del agua de consumo humano de la zona urbana y rural del municipio de Guatavita. Cundinamarca, Colombia. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*. 50(2):163-168.

Bacon, J. A. 1956. A taxonomic study of the genus *Rhagovelia* (Hemiptera, Veliidae) of the Western Hemisphere. Estudio taxonómico del género *Rhagovelia* (Hemiptera, Veliidae) del hemisferio occidental. *The University of Kansas Science Bulletin.*, 38(10), 695-913.

Barceló, D.; López, M. 2007. Contaminación y calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes. En: Panel Científico-Técnico de seguimiento de la política de aguas. Instituto de Investigaciones Químicas y Ambientales-CSIC. Barcelona.

Bello, C. L. 2000. Descripción taxonómica de las ninfas de seis géneros de la familia Leptophlebiidae (Insecta; Ephemeroptera) del Caño Paso del Diablo, Región Carbonífera del Guasare (Edo. Zulia). *Ciencia* 8(2): 127-136.

Bernal, E.;García, G.; Novoa, M.A.; Pinzón, A. 2006. Caracterización de la comunidad de macroinvertebrados de la quebrada Paloblanco de la cuenca del río Otún (Risaralda, Colombia). *Acta Biol Colomb*. 11(2): 45-59.

Bilbao, A. P.; Benetti, C. J.; Garrido, J. 2013. Estudio de la calidad del agua del río Furnia (NO. España) mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos/Study of the water quality of the Furnia River (NW Spain) using aquatic macroinvertebrates. *NACC. Biología*, 20, 1.

Blanco, J. F. 2009. Características físico-químicas de las quebradas del Parque Nacional Natural Gorgona, Pacífico Colombiano. *Actualidades Biológicas*, 31(91), 123-140.

Boothroyd, I. K.; Quinn, J. M.; Langer, E. L.; Costley, K. J.; Steward, G. 2004. Riparian buffers mitigate effects of pine plantation logging on New Zealand streams: 1. Riparian vegetation structure, stream geomorphology and periphyton. *Forest Ecology and Management*, 194(1-3), 199-213.

Brinkhurst, R. O. 1966. Taxonomical studies on the Tubificidae (Annelida, Oligochaeta) supplement. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, 51(5), 727-742.

Bustamante, C.A.; Monsalve, E.A.; García, P.L. 2008. Análisis de la calidad del agua en la Cuenca Media del Río Quindío con base en índices físicos, químicos y biológicos. *Rev. Invest. Univ. Quindío* 1(18), 22-31.

Caicedo, O.; Palacio, J. 1998. Los macroinvertebrados bénticos y la contaminación orgánica en la quebrada La Mosca (Guarne, Antioquía, Colombia). *Actualidades biológicas*, 20(69), 61-73.

Cárdenas, A. Y.; Reyes, B.; López, M.; Woo, A.; Ramírez, E.; Ibrahim, M. 2007. Biodiversidad de macroinvertebrados acuáticos y la calidad del agua en la subcuenca de los ríos Bul Bul y Paiwas, Matiguás, Nicaragua. *Encuentro*, (77), 83-93.

Carrillo, K.; Cerón, A. M.; Chávez, E. D. & Jaramillo, Á. M. 2017. Identificación de la comunidad de macroinvertebrados del humedal El Resbalón y su relación con los parámetros de determinación de calidad del agua para

conservación de ecosistemas Recuperado el 12 de octubre de 2018 de <http://repository.usta.edu.co/handle/11634/3124>.

Castillo-González, E.; De Medina-Salas, L. 2014. Generación y composición de residuos sólidos domésticos en localidades urbanas pequeñas en el estado de Veracruz, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 30(1), 81-90.

Castro, M.; Almada, J.; Ferrer, J.; Díaz, D. 2014. *Indicadores de la calidad del agua evolución y tendencias a nivel global*. *Ingeniería Solidaria* 10(17), 111-124.

Coffman, W.P.; Ferrington, Jr. 1979. Chironomidae. In Merritt, R.W.; Cummins, K.W. *An introduction to aquatic insects of North America*. 3a Ed. Department of Entomology. Michigan State University. p. 551-643

Colwell, R.K. 2006. *Estimates: statistical estimation of species richness and shared species from samples (software and user's guide)*. Versión 8.0. Recuperado el 16 de enero de 2018 de <http://viceroy.colorado.edu/estimates/>.

Corponariño. 2008. Programa Presidencial Contra Cultivos Ilícitos, Programa Familias Guarda Bosques, Corporación Autónoma Regional de Nariño. Pasto, Nariño: Acompañamiento Técnico Ambiental y Social, P.16.

Correa, F. 2016. *Diseño muestral y métodos de muestreo en ríos, lagunas y humedales para el estudio de bioindicadores de calidad de agua*. Departamento de Zoología. Universidad de Concepción. Concepción – Chile.

Correa, M.; Machado, T.; Roldán, G. 1981. Taxonomía y ecología del orden Trichoptera en el departamento de Antioquia en diferentes pisos altitudinales. *Actualidades Biológicas*, 10(36), 35-48.

Custodio, V.M. & Chanamé, Z.F.C. 2016. Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín-Perú. *Scientia Agropecuaria*, 7: 33-44

De la lanza, E.G.; Hernández, P.S.; Carvajal P.J.L. 2000. Organismos Indicadores de la calidad del agua de la contaminación (Bioindicadores). Ed. Plaza y Valdés, México. 633 p.

Delgado, C. Y. S.; Cobos, D. F. O. 2017. Contaminantes emergentes y su impacto en la salud. Emerging contaminants and its impact on the health.

Domínguez, E.; Fernández, H.R (Eds.). 2009. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina. 656 pp.

Esquivel, H. C. 2006. Libélulas de Mesoamérica y el Caribe/ Dragonflies and damselflies of Middle America and the Caribbean. Instituto Nacional de Biodiversidad. INBio. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica: 319 pp.

Fernández L.; Springer M. 2008. El efecto del beneficiado del café sobre los insectos acuáticos en tres ríos del Valle Central (Alajuela) de Costa Rica. Revista Biología Tropical. Vol. 56 (4): 237-256.

Fernández, H.; Domínguez, E. 2001. Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos Sudamericanos. Entomotropical. 16(3), 219.

Figueroa, R.; Valdovinos, C.; Araya, E.; Parra, O. 2003. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. Revista chilena de historia natural, 76(2), 275-285.

Flórez, E. C. 2009. Impacto ambiental y social del vertimiento de residuos sólidos y escombros sobre la calidad del río Medellín y algunos de sus afluentes. Agora USB, 9(1), 225-265

Flower, R. W.; De la Rosa, C. 2010. Capítulo 4: Ephemeroptera. Revista de Biología Tropical, 58, 63-93.

Forero, A.M.; Reinoso, G. 2013 Estudio De La Familia Baetidae (Ephemeroptera: Insecta) En Una Cuenca Con Influencia De La Urbanización Y



Agricultura: Río Alvarado- Tolima. Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas, 25, 12-21.

Forero, A.M.; Reinoso, G.; Gutiérrez, C. 2012. Evaluación De La Calidad Del Agua Del Río Opia (Tolima-Colombia) Mediante Macroinvertebrados Acuáticos y Parámetros Físicoquímicos. *Caldasia*, 35(2), 371–387.}

Galindo, L.A.; Constantino, L.M.; Benavides, P.; Montoya, E.C.; Rodríguez, N. 2012. Evaluación de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua en quebradas de fincas cafeteras de Cundinamarca y Santander, Colombia. *Revista Cenicafé* 63(1): 70-92.

Giacometti, J.; Bersosa, F. 2006. Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua en el río Alambi. *Boletín Técnico*, 6, 17-32.

Gil, J. A. 2014. Determinación de la calidad del agua mediante variables físico químicas, y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la cuenca del río Garagoa. Tesis de maestría en desarrollo sostenible y medio ambiente. Universidad de Manizales. Medellín, Colombia.

Giraldo, L. P.; Chará, J.; Zúñiga, M. D. C.; Chará-Serna, A. M.; Pedraza, G. 2014. Impacto del uso del suelo agropecuario sobre macroinvertebrados acuáticos en pequeñas quebradas de la cuenca del río La Vieja (Valle del Cauca, Colombia). *Revista de Biología Tropical*, 62, 203-219.

Gómez, J.A; Novelo, R; Astudillo, M.R. 2017. Efecto de las descargas domésticas y de beneficio de café sobre la calidad del agua y la diversidad de larvas de Odonata (Insecta) en un arroyo de bosque mesófilo de montaña en Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* vol. 88, n. 2, p. 372-380.

González, S. M. Y.; Ramírez, P.; Meza, A. M.; Dias, L. G. 2012. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras

del municipio de Manizales. Boletín Científico del Museo de Historia Natural, 16(2), 135-148.

Guerra, A.; Aguirre, N.; Caicedo, O. 2011. Mapificación y análisis de la distribución espacial de organismos indicadores de la calidad del agua en la quebrada la Ayurá (Envigado, Antioquia), 14(1), 55 – 64.

Guerrero, B.F.; Manjarrés, H.A.; Núñez, P.N. 2003. Los macroinvertebrados bentónicos de Pozo Azul (cuenca del río Gaira, Colombia) y su relación con la calidad del agua. Acta Biológica Colombiana, 8(2), 43-55.

Gutiérrez, J.G.; Zamora-González, H.; Andrade, C.A. 2014. Efecto de la actividad antrópica sobre la composición y diversidad de macroinvertebrados acuáticos en el río Cofre (sistema lótico andino colombiano). Revista Biodiversidad Neotropical.4 (2): 113-123.

Gutiérrez-Fonseca, P. E. 2010. Capítulo 6: Plecoptera. Revista de Biología Tropical, 58, 139-148.

Gutiérrez-López, A.; Meza-Salazar, A. M.; Guevara, G. 2016. Descomposición de hojas y colonización de macroinvertebrados acuáticos en dos microcuencas tropicales (Manizales, Colombia). Hidrobiológica, 26(3), 347-357.

Hammer, O.; Harper, D.A.T.; Ryan, P.D. 2001. Past: Palaeontological Statistics Software Package For Education And Data Analysis. Versión. 1.37.

Hanson, P., Springer, M., Ramírez, A. 2010. Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. En: Macro-invertebrados de agua dulce de Costa Rica I. Springer, M., Ramírez, A. & Hanson, P. (Eds). Rev. Biol. Trop. 58 (Suppl. 4): 3-37.

Hawker, H. 1980. Invertebrates As Indicators Of River Water Quality. En A. James, & L. Evinson, Biological Indicators Or Water Quality (p. 234). New York.

Hernández-Antonio, A.; Hansen, A. M. 2011. Uso de plaguicidas en dos zonas agrícolas de México y evaluación de la contaminación de agua y sedimentos. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 27(2), 115-127.

Holdridge, L. R. 1987. *Ecología basada en zonas de vida* (No. 83). Agroamérica.

Iannacone, J.; Caballero C.; & Alvaríño, L. 2002. Empleo del caracol de agua dulce *Physa venustula* Gould como herramienta ecotoxicológica para la evaluación de riesgos ambientales de plaguicidas. *Agric. Téc. (Chile)* 62:212-225.

Instituto De Hidrología, Meteorología Y Estudios Ambientales - IDEAM. 2012. *Indicadores ambientales clasificador por temáticas ambientales*.

Jiménez, P.; Toro, B.; Hernández, E. 2014. relationship between phytoperiphyton community and different sources of pollution in an andean colombian creek. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 18(1), 49-66.

Junk, W. J.; Wantzen, K. M. 2004. The flood pulse concept: new aspects, approaches and applications-an update. In *Second International Symposium on the Management of Large Rivers for Fisheries*. pp. 117-149.

Ladrera, R.; Rieradevall, M.; Prat, N. 2013. Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos: una herramienta didáctica. *Ikastorratza. E-Revista de Didáctica I*, 1-18.

Legarda, N. L.; Quintero, O. C.; Ramirez, N. J. A. 2009. Análisis de calidad de agua de la quebrada La Ayurá con base en variables fisicoquímicas y macroinvertebrados acuáticos. *Producción Más Limpia*, 4(1).

Liévano A.; Ospina R. 2007. *Guía ilustrada de los macroinvertebrados acuáticos del río Bahamón*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. 130p.

Longo, M.; Zarnora, H.; Guisande, C.; & Ramírez, J. J. 2010. Dinámica de la comunidad de macroinvertebrados en la quebrada Potrerillos (Colombia) respuesta a los cambios estacionales de caudal. *Limnetica*, 29(2), 0195-210.

López, M.L. 2009. Determinación de la calidad del agua del río Pasto mediante la utilización de bioindicadores. *Revista UNIMAR*. 35-43.

Llano Castillo, C. 2012. Respuesta de los macroinvertebrados bentónicos a las condiciones de calidad de agua en el tramo medio-alto del Río Felida, cuenca del Río Cali, Valle del Cauca-Colombia (Bachelor's thesis, Universidad Autónoma de Occidente).

Machado, T & Roldán, G. 1981. Estudio de las características físicoquímicas y biológicas del río Anorí y sus principales afluentes. *Actualid Biol.* 10 (35): 3-19

Machado, T. A. 1989. Distribución ecológica e identificación de los coleópteros acuáticos en diferentes pisos altitudinales del departamento de Antioquia. Tesis biólogo. Universidad de Antioquia, Departamento de Biología.

Madera LC, Angulo LC, Díaz LC y Rojano R. 2016. Evaluación de la Calidad del Agua en Algunos Puntos Afluentes del río Cesar (Colombia) utilizando Macroinvertebrados Acuáticos como Bioindicadores de Contaminación. *Información Tecnológica*, 27(4):103-110.

Marrugan, A. E.1989. Diversidad ecológica y su medición. *Vedra*, Barcelona.

Martínez, R.E, Portillo, M. 1999. Estudio faunístico y ecológico de los simúlidos (Diptera: Simuliidae) del río Cidacos a su paso por la Rioja. *Zubia Monográfico*.11:61-80.

Matthias, U.; Moreno, H. 1983. Estudio de algunos parámetros físicoquímicos y biológicos del río Medellín y sus principales afluentes. *Actualidades biológicas*, 12(46), 106-117.

Montoya, Y. M. 2008. Caracterización de la biodiversidad acuática y de la calidad de las aguas de la quebrada Los Andes, El Carmen de Viboral, Antioquia. *Revista Institucional Universidad Tecnológica del Chocó*, 27(1), 85-91.

Morelli, E.; Verdi, A. 2014. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en cursos de agua dulce con vegetación ribereña nativa de Uruguay. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85(4), 1160-1170.

Moreno, C. E.; Barragán, F.; Pineda, E.; Pavón, N. P. 2011. Reanálisis de la diversidad alpha: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:1249-1261.

Moreno, C.E. 2001.-Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis: SEA, (1) p. 84.

Mosquera, D.; Palacios, M.L.; Soto, A. 2008. Bioindicación de la calidad del agua del río Cali, Valle del Cauca, Colombia; usando macroinvertebrados acuáticos. *Revista de La Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 1(20), 130–143.

Muñoz, M.A. & Vélez, I. 2007. Redescrición y algunos aspectos ecológicos de *Girardia tigrina*, *G. cameliae* y *G. paramensis* (Dugesiiidae, Tricladida) en Antioquia, Colombia. *Revista mexicana de biodiversidad*, 78(2), 291-301.

Muñoz-Quesada, F. 1999. El género *Leptonema* (Trichoptera: Hydropsychidae) en Costa Rica, con la descripción de una nueva especie. *Revista de Biología Tropical*, 47(4), 959-1006.

Murillo, S. A.; Mendoza, A.; Restrepo E. S.; Rodríguez, M. Á. 2018. Utilización de macroinvertebrados acuáticos como herramienta para determinar la calidad del agua en la quebrada Santo Tomás, municipio de Pensilvania, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 42(164), 212-220.

Novelo-Gutiérrez, R.; Gonzalez-Soriano. 1991. Odonata de la reserva de la Biosfera La Michilía, Durango, Mexico. Parte H. Náyades. Fol. Ent. Mex. 81: 107-164.

Obando, N. & Bustamante, C. 2014. Macroinvertebrados y algas Perifíticas de la quebrada Cajones, unidad de manejo de cuenca UMC río Espejo municipio de Montenegro, Quindío, Colombia. Revista de la asociación colombiana de ciencias biológicas, 1(26).

Ongley, E. D. 1997. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos (No. 55). Food & Agriculture Org. 126 pág.

Padilla, D. N.; Nieser, N. 2003. Nueva especie de Tachygerris y nuevos registros de colecta de las Gerridae (Hemiptera: Heteroptera) de Colombia. Actualidades Biológicas 25 (78): 39-49.

Palta-Prado, G. H.; Morales-Velasco, S. 2013. Fitodepuración de aguas residuales domesticas con poaceas: *Brachiaria mutica*, *Pennisetum purpureum* y *Panicum maximun* en el municipio de Popayán, Cauca. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 11(2), 57–65

Pérez, B.; Segnini, S., 2005. Variación espacial de la composición y diversidad de géneros de Ephemeroptera (Insecta) En Un Río Tropical Altiandino. Entomotropica, 20(1), pp.49–57.

Pinilla, G. A., 2000. Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. Edit. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá.

Pino, W.; Mena, D.; Mosquera, M.L.; Caicedo, K.P.;Palacios, J.A. 2003. Quality of the water of the gulch the Bendición, Municipality of Quibdó (Chocó, Colombia). Act Biológica Colombia. 8(2):23–30.

Portilla, N. K. 2015. Distribución espacial y temporal de macroinvertebrados acuáticos en la quebrada La Cascajosa-Garzón (Huila). Entornos, 28(1), 56-73.

Posada, J.; Roldán, G. 2003. Clave ilustrada y diversidad de las larvas Trichoptera en el Nor-Occidente De Colombia. *Caldasia*, Volumen 25, Número 1, p. 169-192.

Posada, J.A.; Roldán, G.G.; Ramírez, J.J. 2000. Caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad de aguas de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, Antioquia, Colombia. *Rev Biol Trop.* 48(1):59–70.

Posada, J.A.; Roldán, G.G.; Ramírez, J.J. 2000. Caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad de aguas de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, Antioquia, Colombia. *Rev Biol Trop.* 48(1):59–70.

Prat, N.; Ríos, B.; Acosta, R.; Rieradevall, M. 2009. Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología*, 631-654.

Ramírez, A. 2010. Capítulo 2: Métodos de recolección. *Revista de Biología Tropical*, 58, 41-50.

Ramírez, A. 2010. Capítulo 5: Odonata. *Revista de Biología Tropical*, 58, 97-136.

Ramirez, D.F.; Talero, G.M.; Lopez, R.H. 2013. Benthic Macroinvertebrates and Water Quality in a Stretch of the River Bogota. *Cajica-Colombia. Rev. UDCA Actual & Divulg Científica* 16(1):205–14.

Redondo, Pilar.; Monroy, C.; & Romero, J. 2008. Evaluación de la calidad bacteriológica del alimento vivo (*Artemia*, *Daphnia*, *Tenebrio* y *Tubifex*) para peces en los sitios de su recolección, producción y venta. *Veterinaria México*, 39(3), 255-268.

Riss, W.; Ospina, R.; Gutiérrez, J. 2002. establecimiento de valores de bioindicación para los macroinvertebrados acuáticos de la Sabana de Bogotá. *Caldasia*. 24(1):135-156.

Rivera Usme, J.J.; Camacho, D.L.; Botero, A. 2008. Numeric Structure Of The Aquatic Entomologic Fauna In Eight Streams Of The Departament Of Quindío-Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 13(2), 133–146.

Rivera, J.J.; Pinilla, G.A.; Rangel, J.O. 2013. Ensamblaje De Macroinvertebrados Acuáticos Y Su Relación Con Las Variables Físicas Y Químicas En El Humedal De Jaboque-Colombia. *Caldasia*, Volumen 35, Número 2, p. 389-408.

Rodríguez, J.; Ospina, R.; Berrío, M.; Cepeda, B.; Castellanos, G.; & Valencia, M. 2006. Variación diaria de la deriva de macroinvertebrados acuáticos y de materia orgánica en la cabecera de un río tropical de montaña en el departamento de Nariño, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 11, 47-53.

Roldan Pérez, G.; Posada, J.A.; Gutiérrez, J.C. 2001. Estudio limnológico de los recursos hídricos del Parque de Piedras Blancas. Editorial Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Bogotá, 137 p.

Roldán, G. 1996. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. FEN Colombia. Colciencias-UDEA (Medellín). 217p.

Roldán, G. 1999. Los Macroinvertebrados y su Valor como Indicadores de la Calidad de Agua. Departamento de Biología. Universidad de Antioquia, Medellín - Colombia.

Roldán, G. 2003. Bioindicación De la calidad del agua en colombia: propuesta para el uso del método bmwp col. editorial universidad de Antioquia, Medellín. 170p.

Roldán, G. 2016. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de la academia Colombiana De Ciencias Exactas, Físicas Y Naturales*, 40(155), 254–274.



Roldán, G.; Builes, J.; Trujillo, C. M.; Suárez, A. 1973. Efectos de la contaminación industrial y doméstica sobre la fauna béntica del río Medellín. *Actualidades Biológicas*, 2(5), 54-64.

Roldán, G.; Ramírez, J.J. 2008. *Fundamentos de limnología neotropical*. Antioquia, Colombia. Universidad de Antioquia, 440 pág.

Roldan, G.1988 *Guía para el estudio de los macro-invertebrados en el departamento de Antioquia*. Fondo Fen Colombia, Colciencias/ Universidad de Antioquia. Ed. Presencia Ltda, Bogotá Colombia.

Rubio, J.; Meza, M.; Dias, L.; Walteros, J. 2012. Calidad de agua y composición de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta del Río Chinchiná. *Caldasia*, Volumen 34, Número 2, p. 443-456.

Rueda Martín, P. A. 2008. Morfología y biología de los estados inmaduros de *Marilia cinerea* y *M. elongata*, con redescrición del macho adulto de *M. cinerea* (Trichoptera: Odontoceridae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 67(1-2), 11-20.

Santamaría, E.; Bernal, J. 2016. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad del agua en la cuenca alta del río Chiriquí Viejo, provincia de Chiriquí. Panamá. *Tecnociencia*. 18(1), 5-25.

Shelley, A.J.; Lowry, C.A.; Maia-Herzog, M.; Luna-Dias, A.P.A.; Moraes, M.A.P. 1997. Estudios biosistemáticos sobre los Simuliidae (Diptera) del foco de la oncocercosis en Amazonia en Brasil. *Bull. Br. Nat. Hist. Mus. (Entomol.)* 66: 1-121.

Springer, M. 2010. Capítulo 7: Trichoptera. *Revista De Biología Tropical*, Vol. 58 (Suppl. 4): 151-198.

Tamaris-Turizo, C.E.; Turizo-Correa, R.R.; Zúñiga, M.D.C. 2007. Distribución Espacio-Temporal Y Hábitos Alimentarios De Ninfas De *Anacroneuria* (Insecta : Plecoptera : Perlidae) En El Río Gaira (Sierra Nevada De Santa Marta, Colombia). *Caldasia*, Volumen 29, Número 2, p. 375-385.

Tobón-Marulanda, F. A.; López-Giraldo, L. A.; Paniagua-Suárez, R. E. 2010. Contaminación del agua por plaguicidas en un área de Antioquia. *Revista de Salud Pública*, 12, 300-307.

Toledo, A. 2002. El agua en México y el Mundo. *Gaceta Ecológica-Instituto Nacional de Ecología (México) No. 64*: 9-18

Torralba Burrial, A. & Alonso Naveiro, M. E. 2010. Las comunidades de macroinvertebrados acuáticos y el estado ecológico del río Vero (Huesca, NE España). In XIV Congreso Ibérico de Entomología, 1 al 4 de septiembre de 2010, Lugo, p. 112. Universidad de Santiago de Compostela.

Torres, S. M. E.; de Navia, S. L. Á. 2009. Calidad sanitaria del agua de la ciénaga Mata de Palma en el Departamento del Cesar, Colombia. *Nova*, 7(11), 85-91.

Vásquez, G. 2001. Evaluación de la calidad de aguas naturales, significado y alcances en las determinaciones y análisis de parámetros fisicoquímicos y biológicos fundamentales. Producción intelectual Facultad de Ciencias Exactas y de la Educación, Universidad del Cauca, Popayán.

Vidal, M.; Membiela, P. 1993. Algunos factores abióticos de distribución de los Efemerópteros Y Plecópteros En Las Sierras De Segundera, Cabrera Y Teleno (NW P. Ibérica). *Limnetica*, 9: 99-106.

Villegas, F. 1995. Evaluación y control de la contaminación. Universidad Nacional de Colombia. Colombia. 140-155 pp.

Walteros, J.M.; Castaño, J.M.; Marulanda, J.H. 2016. Ensamble de macroinvertebrados acuáticos y estado ecológico de la microcuenca Dalí-Otún, Departamento De Risaralda, Colombia. *Hidrobiológica*, 26(3), 359-371.

Walteros-Rodríguez, J. M.; Paiba-Alzate, J. E. 2010. Estudio preliminar de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la reserva forestal Torre Cuatro. *Boletín Científico del Museo de Historia Natural*, 14(1), 137-149.

Yumbo, K.; Iler, V.; Espinoza, W.; Campos, D.; Castro, R.; Chirinos, D. 2018. Determinación de la calidad de aguas mediante indicadores biológicos y físico-químicos en el río Paján, Manabí, Ecuador. *Investigatio research review*, (10), 32-40.

Zamora, G, H.; Sandoval, J.A.; Vásquez, G.L.; Naundorf, G.; Zambrano, L.; González, J. 2011. Estructura de la comunidad de macroinvertebrados y caracterización de la calidad del agua mediante bioindicación en la cuenca baja del río ovejas. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas* (24):81-89.

Zamora, H. 2007. El índice BMWP y la evaluación biológica de la calidad del agua en los ecosistemas acuáticos epicontinentales naturales de Colombia. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 19, 73-81.

Zúñiga de Cardoso, M. D. C.; Rojas de Hernández, A. M.; Caicedo, G. 1993. Indicadores ambientales de calidad de agua en la cuenca del río Cauca. *Revista Ainsa*, 13(2), 17-28.

Zúñiga, L.N. 2012. Evaluación de la calidad del agua mediante la comunidad de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores en la microcuenca El Quebradon Del Municipio De San Agustín, Huila. Trabajo de grado. Universidad del Cauca. Popayán, Colombia.

Zúñiga, M.C.; Molineri, C.; Domínguez, E. 2004. El Orden Ephemeroptera en Colombia. In: Fernández, F.C., Andrade-C, M.G. & Amat, G.D. (Eds.). *Insectos de Colombia*, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. v. 3, p. 17-42.

## ANEXOS

Anexo 1. Sistema para la determinación del Índice de Monitoreo Biológico – BMWP - (Biological Monitoring Working Party Score System). Adaptación para Colombia.

Ordenes	Familia	Puntaje
<b>Plecoptera</b>	Perlidae	10
<b>Ephemeroptera</b>	Oligoneuridae, Euthyplociidae, Polymtarcyidae.	
<b>Trichoptera</b>	Odontoceridae, Glossosomatidae, Rhyacophilidae, Calamoceratidae, Hydroptilidae, Anomalopsychidae, Atriplectididae..	
<b>Coleoptera</b>	Psephenidae, Ptilodactylidae, Lampyridae	
<b>Odonata</b>	Polythoridae.	
<b>Diptera</b>	Blepharoceridae	
<b>Unionoida</b>	Unionidae. (Cl: Bivalvia o Pelecypoda)	
<b>Acari</b>	Lymnessiidae. (Cl: Arachnoidae o Hidracarina).	
<b>Hidroida</b>	Hidridae. (Cl: Hydrozoa)	
<b>Ephemeroptera</b>	Leptophlebiidae, Efemeridae.	
<b>Tricoptera</b>	Hydrobiosidae, Philopotamidae, Xiphocentronidae	9
<b>Coleoptera</b>	Gyrinidae. Scirtidae.	
<b>Odonata</b>	Gomphidae, Megapodagrionidae, Coenagrionidae	
<b>Diptera</b>	Simullidae.	
<b>Gordioidae</b>	Gordiidae, Chordodidae (Cl: Nematomorpha)	
<b>Lepidoptera</b>	Pyralidae	
<b>Mesogastropoda</b>	Ampullariidae. (Cl: Gastrópoda).	

<b>Hirudiniformes</b>	Hirudinae. (Cl: Hirudinea)	
<b>Ephemeroptera</b>	Baetidae, Caenidae,	
<b>Trichoptera</b>	Hidropsychidae, Leptoceridae, Helicopsychidae.	
<b>Coleoptera</b>	Dytiscidae, Dryopidae.	
<b>Odonata</b>	Lestidae, Calopterygidae.	
<b>Hemiptera</b>	Pleidae. Saldidae, Guerridae, Veliidae, Hebridae	8
<b>Diptera</b>	Dixidae.	
<b>Decápoda</b>	Palaemonidae, Pseudothelphusidae. (Cl Crustácea)	
<b>Basommatophora</b>	Chilinnidae. (Cl: Gastrópoda)	
<b>Ephemeroptera</b>	Tricorythidae, Leptohiphidae.	
<b>Trichoptera</b>	Polycentropodidae.	
<b>Coleoptera</b>	Elmidae, Staphylinidae	
<b>Odonata</b>	Aeshnidae.	
<b>Hemiptera</b>	Naucoridae, Notonectidae, Mesoveliiidae, Corixidae	7
<b>Diptera</b>	Psychodidae	
<b>Basommatophora</b>	Ancylidae, Planorbidae. (Cl: Gastrópoda)	
<b>Mesogastropoda</b>	Melaniidae, Hydrobiidae, (Cl: Gastrópoda)	
<b>Archeogastrópoda</b>	Neritidae. (Cl: Gastrópoda)	
<b>Coleoptera</b>	Limnichidae, Lutrochidae.	
<b>Odonata</b>	Libellulidae.	
<b>Hemiptera</b>	Belostomatidae, Hydrometridae, Gelastocoridae, Nepidae.	
<b>Diptera</b>	Dolichopodidae.	6
<b>Megalóptera</b>	Corydalidae, Sialidae.	
<b>Decapoda</b>	Atyidae, (Cl Crustácea)	
<b>Anphipoda</b>	Hyalellidae (Cl Crustácea)	

<b>Tricladida</b>	Planariidae, Dugesiidae.	
<b>Coleóptera</b>	Chrysomelidae, Haliplidae, Curculiónidae	
<b>Diptera</b>	Tabanidae, Stratiomyidae, Empididae.	5
<b>Basommatophora</b>	Thiaridae. (Cl: Gastrópoda)	
<b>Coleóptera</b>	Hidrophilidae, Noteridae, Hydraenidae, Noteridae.	4
<b>Diptera</b>	Tipulidae, Ceratopogonidae.	
<b>Basommatophora</b>	Limnaeidae, Sphaeridae.	
<b>Diptera</b>	Culícidae, Muscidae, Sciomizidae.	
<b>Basommatophora</b>	Physidae. (Cl: Gastrópoda).	3
<b>Glossiphoniiformes</b>	Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Cylicobdellidae.	
<b>Diptera</b>	Chironomidae, Ephydriidae, Syrphidae.	2
<b>Heplotaxida</b>	Todas las familias (Excepto tubifex)	
<b>Heplotaxida</b>	Tubificidae (Tubifex)	1

**Anexo 2.** Clases, Valores y Características para aguas naturales clasificadas mediante el índice BMWP/COL.

Clase	Rango	Calidad	Características	Color Cartográfico
I	≥121	Muy Buena	Aguas muy limpias	Azul oscuro
II	101 - 120	Buena	Aguas limpias	Azul claro
III	61 - 100	Aceptable	Aguas medianamente contaminadas	Verde
IV	36 - 60	Dudosa	Aguas Contaminadas	Amarillo
V	16 - 35	Crítica	Aguas muy contaminadas	Naranja
VI	≤ 15	Muy crítica	Aguas Fuertemente contaminadas	Rojo

**Anexo 3.** Registro de las familias de macroinvertebrados presentes en las 4 estaciones de muestreo. P: presente – A: ausente

<b>Familia</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>
<b>Hydropsychidae</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
<b>Hydrobiosidae</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
<b>Odontoceridae</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>A</b>	<b>A</b>
<b>Calamoceratidae</b>	<b>P</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>
<b>Leptoceridae</b>	<b>P</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>
<b>Baetidae</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
<b>Leptophlebiidae</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>A</b>	<b>A</b>
<b>Leptohyphidae</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>A</b>
<b>Tipulidae</b>	<b>A</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
<b>Simuliidae</b>	<b>A</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
<b>Chironomidae</b>	<b>A</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
<b>Tabanidae</b>	<b>A</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>A</b>
<b>Empididae</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>P</b>	<b>A</b>
<b>Muscidae</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>P</b>
<b>Hydrochidae</b>	<b>A</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>A</b>
<b>Elmidae</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
<b>Psephenidae</b>	<b>P</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>
<b>Gyrinidae</b>	<b>P</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>
<b>Ptilodactylidae</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>A</b>	<b>A</b>
<b>Chrysomelidae</b>	<b>A</b>	<b>P</b>	<b>A</b>	<b>A</b>
<b>Dryopidae</b>	<b>A</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>A</b>
<b>Dytiscidae</b>	<b>P</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>
<b>Staphylinidae</b>	<b>A</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>A</b>
<b>Hydroscaphidae</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>P</b>	<b>A</b>
<b>Perlidae</b>	<b>P</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>
<b>Veliidae</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>A</b>
<b>Gerridae</b>	<b>P</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>
<b>Calopterygidae</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
<b>Libellulidae</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
<b>Gomphidae</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>A</b>
<b>Polythoridae</b>	<b>P</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>
<b>Coenagrionidae</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>A</b>
<b>Oniscidae</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>A</b>
<b>Physidae</b>	<b>A</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
<b>Naididae</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
<b>Corydalidae</b>	<b>A</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
<b>Semiscolecidae</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>P</b>	<b>A</b>
<b>Dugesiiidae</b>	<b>A</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
<b>Pseudothelphusidae</b>	<b>P</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>

**Anexo 4.** Familias presentes en la quebrada El Bohío.



**Orden: Decápoda - Familia:  
Pseudothelphusidae**



**Orden: Odonata-Familia:  
Libellulidae**



**Orden: Coleoptera-Familia: Elmidae**



**Orden: Trichoptera-Familia:  
Calamoceratidae**



**Orden: Odonata-Familia:  
Polythoridae**



**Orden: Coleoptera-Familia:  
Gyrinidae**





Orden: Trichoptera-Familia:  
Hydropsychidae



Orden: Diptera -Familia: Tipulidae



Orden: Coleoptera-Familia:  
Psephenidae



Orden: Coleoptera-Familia:  
Dytiscidae



Orden: odonata-Familia: Gomphidae



Orden: odonata-Familia:  
Calopterygidae



**Orden: Diptera -Familia:  
Simulidae**



**Orden: Megaloptera -Familia:  
Corydalidae**



**Orden: Trichoptera- Familia:  
Odontoceridae**



**Orden: Trichoptera-Familia:  
Hydrobiosidae**



**Orden: Hirudiniformes- Familia:  
Semiscolocidae**



**Orden: Tricladida- Familia:  
Dugesiidae**



**Orden: Plecóptera -Familia:  
Perlidae**



**Orden: Hemiptera Familia:  
Veliidae**