

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD BIOLÓGICA EMPLEANDO  
BIOINDICACIÓN CON MACROINVERTEBRADOS EN DOS QUEBRADAS DE  
LA VEREDA CLARETEBAJO, MUNICIPIO DE POPAYAN DEPARTAMENTO  
DEL CAUCA**

**LEONARDO GÜIZA MERA**



**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACION  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA  
POPAYAN-CAUCA  
2012**

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD BIOLÓGICA EMPLEANDO  
BIOINDICACIÓN CON MACROINVERTEBRADOS EN DOS QUEBRADAS DE  
LA VEREDA CLARETE BAJO, MUNICIPIO DE POPAYAN DEPARTAMENTO  
DEL CAUCA**

**LEONARDO GÜIZA MERA**

Trabado de grado, requisito para optar al título de:

**BIÓLOGO**

Director: **M.Sc. HILLDIER ZAMORA GONZÁLEZ**



**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACION  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA  
POPAYAN-CAUCA  
2011**

Nota de Aceptación

-----  
-----  
-----  
-----  
-----

Director-----

M.sc. HILLDIER ZAMORA GONZALEZ

Jurado-----

Jurado-----

Fecha de Sustentación: Popayán, 14 de febrero de 2012

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco especialmente a mi familia por su apoyo incondicional y entrega en todo este proceso académico a pesar de las dificultades, a mis profesores especialmente a mi director M.Sc.Hilddier Zamora, M.Sc.Leonidas Zambrano, M.Sc. Gerardo Naundorf y al M.Sc. Camilo Andrade, al igual que a todo el grupo de Recursos Hidrobiológicos Continentales de la Universidad del Cauca, a mis compañeros y a mis amigos YeseniaMartiez, Rodrigo Alvarez, Andres Otero, Elkin Perlaza, Julián David Canencio, Johan Ñañez, Yulli Tamayo, Zonia del Mar Arcos y aquellos que me acompañaron en estos años.

## TABLA DECONTENIDO

	Pág.
<b>1. Resumen</b> .....	<b>7</b>
<b>2. Introducción</b> .....	<b>9</b>
<b>3. Planteamiento del Problema de Investigación</b> .....	<b>11</b>
<b>4. Justificación</b> .....	<b>12</b>
<b>5. Objetivos</b> .....	<b>13</b>
5.1 Objetivo General .....	13
5.2 Objetivos Específicos.....	13
<b>6. Marco Teórico</b> .....	<b>14</b>
6.1 Calidad de Aguas.....	14
6.2 Macroinvertebrados Acuáticos Epicontinentales.....	14
6.3 Índice BMWP .....	15
6.4 Índices de Diversidad y Equitatividad .....	15
6.5 Análisis de Correspondencia Canónica .....	16
<b>7. Metodología</b> .....	<b>17</b>
7.1 Zona de Estudio.....	17
7.2 Muestreo de Macroinvertebrados Acuáticos Epicontinentales.....	19
7.3 Índice BMWP .....	19
7.4 Caudal .....	21
7.5 Variables Físico-químicas .....	21

7.6 Análisis de Datos y Tratamiento Estadístico .....	22
<b>8. Resultados.....</b>	<b>23</b>
8.1 Comunidades de Macroinvertebrados.....	23
8.2 Índice BMWP.....	29
8.3 Variables Físico-químicas y el Caudal.....	30
8.4 Relación entre Variables Físico-químicas, Caudal y las Comunidades de Macroinvertebrados .....	35
<b>9. Discusión.....</b>	<b>37</b>
<b>10. Conclusiones .....</b>	<b>40</b>
<b>11. Recomendaciones .....</b>	<b>42</b>
<b>12. Bibliografía .....</b>	<b>43</b>

# DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD BIOLÓGICA EMPLEANDO BIOINDICACIÓN CON MACROINVERTEBRADOS EN DOS QUEBRADAS DE LA VEREDA CLARETE BAJO, MUNICIPIO DE POPAYAN DEPARTAMENTO DEL CAUCA

## RESUMEN

La finalidad de la presente investigación fue determinar la calidad biológica del agua empleando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores, definir la estructura de las comunidades de macroinvertebrados y relacionar las variables eco-hidráulicas y fisicoquímicas con dichas comunidades, en las quebradas Clarete y Zarapanga, de la vereda Clarete Bajo en el municipio de Popayán.

Para la toma de muestras en campo se utilizó una red de pantalla de 0.5 mm de ojo de malla con 1m de altura por 1m de ancho, colectando los organismos en el centro del cuerpo hídrico, realizando tres repeticiones. Las muestras se llevaron al laboratorio de Recursos Hidrobiológicos Continentales de la Universidad del Cauca, donde se identificaron en su mayoría hasta género, utilizando claves taxonómicas y guías visuales. El trabajo se adelantó durante el año 2011 en un periodo de seis meses, efectuando una jornada de campo por mes. La calidad biológica se determinó empleando la adaptación del sistema BMWP realizada por Zamora (2007). Se compararon en los sitios de muestreo, las variables fisicoquímicas, eco-hidráulicas, familias de macroinvertebrados y meses de muestreo, mediante análisis multivariados y de significancia estadística, al igual se relacionaron estas variables con las comunidades de macroinvertebrados mediante análisis de correspondencia canónica.

Se encontraron diferencias significativas entre las muestras y correlaciones entre los sitios de muestreo, variables ambientales, variables eco-hidráulicas y las comunidades de macroinvertebrados. Esto revela que la estructura y composición de las comunidades de macroinvertebrados en este caso, está determinada por las características ambientales, físico-químicas de cada estación y por las variables eco-hidráulicas particulares de cada sitio. A partir de estos resultados se evidenció la alteración ecológica de las quebradas estudiadas.

**Palabras claves:** BMWP, Macroinvertebrados acuáticos, estructura de comunidad, variables ambientales, Vereda Clarete.

# **DETERMINE THE BIOLOGICAL QUALITY OF WATER USING BIOINDICATION WITH MACROINVERTEBRATES IN TWO STREAMS IN CLARETE BAJO SIDEWALK, TOWN OF POPAYÁN, CAUCA DEPARTMENT.**

## **ABSTRACT**

The purpose of this investigation was to determine the biological quality of water using aquatic macroinvertebrates as bioindicators, define the structure of macroinvertebrate communities and link the eco-hydraulic variables and physicochemical with these communities in streams Zarapanga and Clarete, in the sidewalk ClareteBajo, in the town of Popayan.

For field sampling used a network 0.5 mm screen mesh size to 1m high by 1m wide, collecting organisms in the center of the water body, performing three replicates. Samples were taken to the laboratory Hydrobiological Continental Resources, University of Cauca, where the majorities were identified to genus using taxonomic keys and visual guides. The work went ahead in 2011 for six months, making a field day per month. The biological quality was determined of the adaptation system using BMWP by Zamora (2007). We compared the sampling sites in the physical-chemical variables, eco-hydraulics, families of macroinvertebrates and months of samples using multivariate analysis and statistical significance, as these variables were associated with the macroinvertebrate communities using canonical correspondence analysis.

A significant difference was observed between samples and correlations among the sampling sites, environmental variables, eco-hydraulic variables and macroinvertebrate communities. This reveals that the structure and composition of macroinvertebrate communities in this case is determined by environmental characteristics, physical-chemical each station and eco-hydraulic variables of each site. From these results demonstrated the ecological disturbance of streams studied.

**Keywords:** BMWP, Aquatic macroinvertebrates, Community structure, Environmental variables, Clarete sidewalk.

## 2. INTRODUCCIÓN

La vereda Clarete pertenece al corregimiento de las piedras, municipio de Popayán en el departamento del Cauca, se encuentra dividida en Clarete Bajo y Alto, donde se localizan tres quebradas: Clarete, Zarzalito y la tercera llamada Zarapanga se origina en la vereda, esta última de origen en la vereda y es de ella de la cual los habitantes de Clarete bajo hacen uso del agua para su consumo. La quebrada Clarete ha sido afectada por tensores de orden antrópico como construcción de una bocatoma que desvía gran parte del afluente, sumado a esto presenta problemas de deforestación y ganadería extensiva que afectan la calidad fisicoquímica y biológica de la quebrada.

Los sistemas dulceacuícolas son sensibles a las modificaciones antrópicas por el uso indiscriminado de los ecosistemas asociados y del mal uso del recurso hídrico, sobre todo en países latinoamericanos que no aplican instrumentos de planificación y tratamiento existentes y además carecen de un control estricto sobre la utilización, vertimientos y aprovechamiento del agua (Lozano, 2005).

En los últimos veinte años se ha dado un proceso de cambio en el concepto de evaluación de la calidad de las aguas, debido a los elevados costos y falencias espacio temporales de los métodos fisicoquímicos, a uno más holístico que integra todos los componentes del sistema a través de la bioindicación (Roldán, 2003).

Dentro de este nuevo enfoque la presencia y comportamiento de las comunidades biológicas, entendidas como algas, peces y macroinvertebrados ha sido de vital importancia para comprender como los tensores ambientales modifican la estructura de las comunidades biológicas a través del tiempo. Por esta razón la bioindicación surge como herramienta para poder determinar el *estado ecológico* de un ecosistema acuático. Un indicador biológico acuático se ha considerado como aquel cuya presencia y abundancia señala algún proceso o estado del sistema en el cual habita, en especial si tales fenómenos constituyen un problema de manejo del recurso hídrico (Pinilla, 2000).

Según Roldán (2008), el uso de macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua se basa en el hecho de que dichos organismos ocupan un hábitat a cuyas exigencias ambientales están adaptados. Cualquier cambio en las condiciones ambientales se reflejará en las comunidades que ahí habitan.

La abundancia que presentan en los diversos sistemas acuáticos y el gran número de especies que integran la comunidad zoobentónica, ofrecen un amplio espectro de respuestas al estrés ambiental (Pave-Marchese, 2005).

Se considera que un organismo es un buen indicador de calidad de agua cuando se encuentra invariablemente en un ecosistema de características definidas y cuando su población es en porcentaje superior o ligeramente similar al resto de los

organismos con los que comparte el mismo hábitat (Roldán, 2008). Los posibles efectos de una alteración de las condiciones del medio donde una comunidad habita pueden evidenciarse a diferentes niveles. Si la perturbación es muy grande (por ejemplo una contaminación por vertidos domésticos que agota el oxígeno del agua) los efectos anteriormente mencionados se notan a nivel de la comunidad entera mediante la presencia de unas pocas especies tolerantes; perturbaciones intermedias (por ejemplo un incremento de nutrientes) pueden dar lugar a otros cambios menos drásticos, como la desaparición de unas pocas especies o el incremento de la densidad de otras ya presentes o la aparición de unas terceras, más tolerantes al factor estrés. Finalmente, algunas perturbaciones (un ligero incremento de las sales por ejemplo) pueden no modificar la estructura de la comunidad pero si dar lugar a otros cambios perceptibles a nivel individual (Prat *et al.*, 2008).

Los macroinvertebrados son los organismos más ampliamente usados como bioindicadores en la actualidad, por diversas circunstancias entre las que se destacan (tomado de Bonada *et al.*, 2006):

- Tener una amplia distribución (geográfica y en diferentes tipos de ambientes).
- Una gran riqueza de especies con gran diversidad de respuestas a los gradientes ambientales.
- Ser en su mayoría sedentarios, lo que permite el análisis espacial de la contaminación.
- En otros casos, la posibilidad de utilizar su reacción de huida (deriva) como indicador de contaminación.
- En algunas especies, tener ciclos de vida largos porque integra los efectos de la contaminación en el tiempo.
- Poder ser muestreados de forma sencilla y barata.
- Una taxonomía en general bien conocida a nivel de familia y género.
- La sensibilidad bien conocida de muchos taxa a diferentes tipos de contaminación.
- El uso de muchas especies en estudios experimentales sobre efectos de la contaminación.

Por todo lo anterior hay que reconocer la importancia de la bioindicación como un método eficaz para evaluar las condiciones de los ecosistemas acuáticos y de los macroinvertebrados como indicadores fiables al momento de conocer el estado de estos ecosistemas, al comprender el comportamiento de sus comunidades también se puede aportar a la creación de programas de conservación y/o restauración de los cuerpos por parte de las comunidades que hacen uso del recurso hídrico.

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La información recopilada aportó un conocimiento sobre el estado actual de las quebradas y podrá ser empleada en la planeación e implementación de estrategias de preservación y uso adecuado de este recurso agua, por parte de los habitantes de la vereda Clarete Bajo, por lo cual este proyecto pretende dar respuesta a la pregunta: **¿Cuál es la calidad biológica del agua en las quebradas Clarete y Zarapanga ubicadas en la vereda Clarete Bajo, municipio de Popayán y como las variables físico-químicas y eco-hidráulicas afectan la estructura de las comunidades de macroinvertebrados?**

Para dar respuesta a lo anteriormente expuesto se hace necesaria la aplicación de metodologías y herramientas que permitan identificar, determinar, cualitativa y cuantitativamente a las comunidades de macroinvertebrados.

#### 4. JUSTIFICACIÓN

Con el fin que los habitantes de Clarete Bajo tengan herramientas para planear la gestión de sus propios recursos hídricos, es importante que se posea un conocimiento del comportamiento de las comunidades de macroinvertebrados en estos ecosistemas y a partir de ello decidir cuál es la mejor forma de aprovechar las quebradas.

La utilización de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la alteración hidrológica y la calidad del agua, se constituyen en una valiosa herramienta para evaluar las interrelaciones entre los fenómenos del flujo y las respuestas bióticas, con el objeto de conservar los ecosistemas fluviales y su biodiversidad dentro de rangos de variabilidad natural (Zúñiga, 2010), ya que, según Roldán (2003) la presencia de una comunidad en un medio determinado es un índice inequívoco de las condiciones que hay están dominando.

Todas estas cualidades de la bioindicación la convierten en un instrumento importante para conocer el estado de un sistema acuático, brinda información sobre las comunidades bióticas del cuerpo de agua y por tanto provee una importante herramienta para la gestión y manejo del recurso para las comunidades humanas y entidades de control, en este caso, para los habitantes y junta de acción comunal de la vereda Clarete Bajo.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 Objetivo general**

Determinar la calidad biológica del agua empleando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores, en las quebradas Clarete y Zarapanga, de la vereda Clarete Bajo, municipio de Popayán.

### **5.2 Objetivos específicos**

- Determinar la estructura de las comunidades de macroinvertebrados.
- Emplear el índice BMWP para Colombia para establecer la calidad biológica-hídrica de las quebradas.
- Relacionar el caudal y las variables físico-químicas con las comunidades de macroinvertebrados.

## **6. MARCO TEORICO**

### **6.1 CALIDAD DEL AGUA**

La calidad del agua puede definirse como la composición físico-químico-biológica que la caracteriza y recordando el hecho de que el agua pura no existe en la naturaleza, se habla que un agua es de buena calidad, cuando sus características la hacen aceptable para un cierto uso (Franco, 2010). Este concepto se fundamenta en la utilidad que tenga el agua para la actividad humana que se desea realizar o el aprovechamiento que se le quiera dar al recurso, sin embargo los instrumentos cualitativos como los diferentes índices ICA o índices de Calidad de Aguas, le dan muy poco valor al componente biológico y específicamente en la reglamentación legal de Colombia aún no se tiene en cuenta el potencial de los macroinvertebrados acuáticos epicontinentales como bioindicadores de la calidad del agua.

### **6.2 MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EPICONTINENTALES**

Los macroinvertebrados acuáticosepicontinentales -MAE- se definen como aquellos organismos que se pueden ver a simple vista, o sea, todos aquellos que tengan tamaños superiores a 0.5mm de longitud (Roldan, 2008), y que habitan en los cuerpos de agua al interior del continente.

El bajo costo en la captura de estos especímenes y la sencilla determinación de estos hasta el nivel de familia en el laboratorio, hacen que el uso de estos organismos como indicadores de la calidad biológica del agua sea ampliamente utilizado; en la actualidad permiten apreciar, espacial y temporalmente, el comportamiento de un cuerpo de agua desde el punto de vista de la calidad biológica y por tanto el estado ecológico del ecosistema acuático.

### 6.3 INDICE BMWP

Está fundamentado en la bioindicación a partir de los Macroinvertebrados acuáticos epicontinentales, en el que se requiere la identificación de los organismos hasta nivel de familia y los datos son de tipo cualitativo. Los puntajes utilizados para la ordenación de los grupos de macroinvertebrados acuáticos van de 1 a 10, de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación o alteraciones de las condiciones naturales de los cuerpos de agua. La metodología fue adaptada para Colombia por los investigadores Zamora (2000, 2005 y 2007) y Roldán (2003).

### 5.4 ÍNDICES DE DIVERSIDAD Y EQUITATIVIDAD

Estos índices son útiles para determinar la estructura y diversidad de las comunidades de macroinvertebrados:

- Índice de Shannon- Weiner: Se usa para medir la biodiversidad, contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio y la cantidad relativa de cada una de esas especies, lo que se traduce en riqueza de especies y abundancia de cada especie (Moreno, 2001)

$$H' = \sum p_i \ln p_i$$

Dónde:

$p_i$ : Proporción de individuos de la especie  $i$  respecto al total de individuos.

- Índice de equidad de Pielou: Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada (Moreno, 2001).

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

- Índice de Bray-Curtis: determina la similitud entre estaciones basado en el número de individuos de cada especie.

$$S_B = 1 - \left[ \frac{\sum |X_{ij} - X_{ik}|}{\sum (X_{ij} + X_{ik})} \right]$$

Dónde:

$S_B$ : Similitud de Bray-Curtis

$X_{ij}$  y  $X_{ik}$ : Número de individuos de la especie  $i$  en la muestra  $j$  y en la muestra  $K$

#### **6.4 ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICA**

Es un método multivariado para relacionar los datos de abundancia de especies a los datos medioambientales en la misma serie de sitios con el fin de determinar si existe una relación entre ellos (TerBraak CJF. 1986).

## 7. METODOLOGIA

### 7.1 Zona de estudio

La vereda Clarete pertenece al corregimiento de las piedras y está dividida en Clarete Bajo y Alto; de las tres quebradas que se encuentran en esta vereda (Zarapanga, Zarzalito y Clarete), la quebrada Zarapanga es principalmente aprovechada por los habitantes de la vereda para el abastecimiento de agua, por medio de tres bocatomas que se encuentran en el transcurso de la quebrada. La quebrada Clarete presenta tensores de orden antrópico importantes por una bocatoma ubicada en límites de Clarete Bajo y Alto. Estas quebradas pertenecen a la Subcuenca del río Palacé (POT Popayán, 2004).

Los usos potenciales del suelo en la vereda, son en su mayoría zonas forestales y de cultivo en menor proporción (POT Popayán, 2004), su altura varía entre los 1800 y 2200 presentando una amplia matriz de bosque de roble con parches de pastizales dedicados a la ganadería y vivienda.

Los suelos son moderadamente profundos, bien a excesivamente drenados; textura de franco arenosa a arcillosa, fuertemente a moderadamente ácidos. (POT Popayán, 2004).

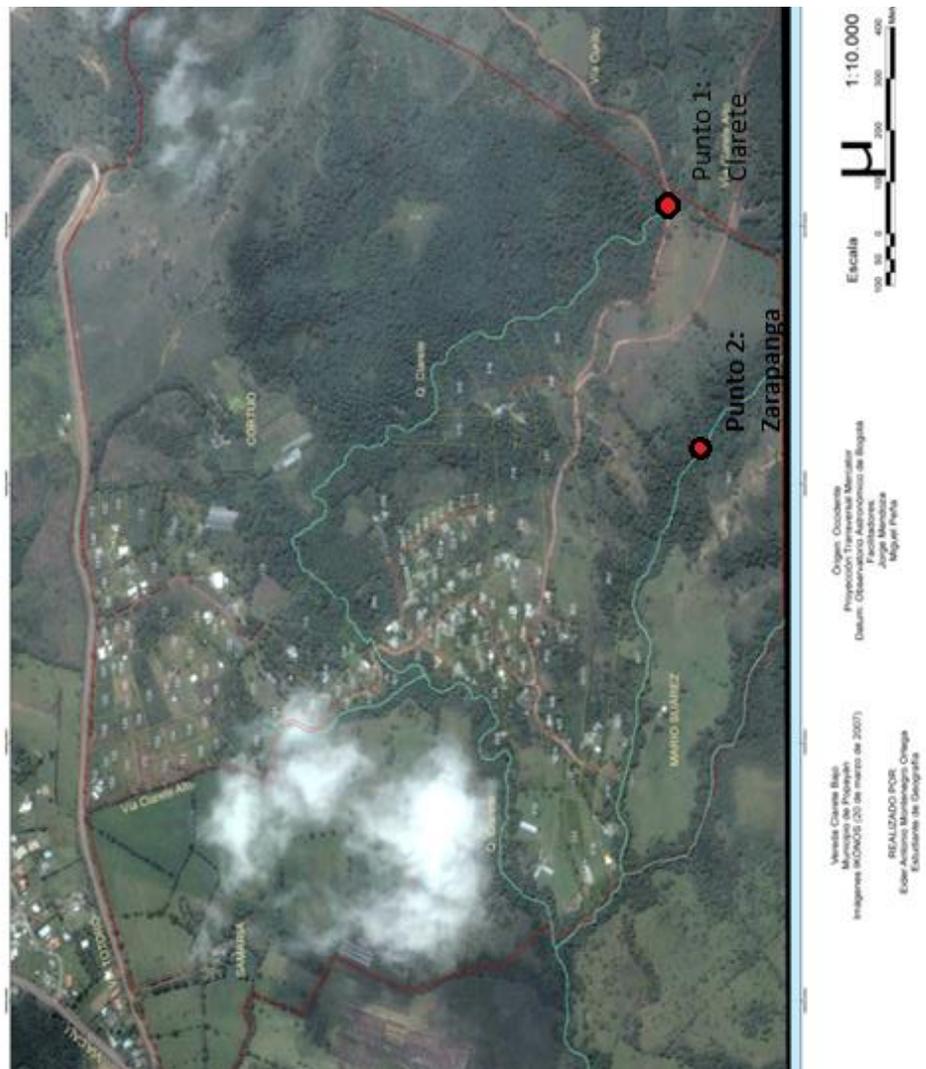
Las tres quebradas se encuentran en el bosque húmedo pre montano (bmh-PM) según la clasificación Holdridge.

La referencia geográfica de los sitios que serán muestreados se encuentra en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Georeferenciación de los sitios de muestreo.

SITOS	COORDENADAS N:	COORDENADAS W:	ALTITUD (msnm)
<b>SITIO 1:</b> Q. CLARETE	02°30'12.3"	076°31'52.2"	1954
<b>SITIO 2</b> Q. ZARAPANGA	02°30'05.9"	076°32'06.2"	1916

## ORTOFOTOMAPA CLARETE BAJO



**Figura 1.** Localización de la Zona de Estudio.

### 7.2 Muestreo de macroinvertebrados acuáticos epicontinentales

Se realizaron 3 repeticiones por 3 estaciones de muestreo para un total de 21 muestras durante 6 meses con el fin de tener datos de las épocas de invierno y verano que se presentan en países de ciclo climático bimodal como Colombia.

Para el muestreo se empleó una red de pantalla de 0.5 mm de ojo de malla con 1m de altura por 1m de ancho entre los mangos para 1m<sup>2</sup> de área de captura. Los organismos capturados se colocaron en recipientes plásticos con alcohol al 70% para asegurar su preservación, se llevaron al laboratorio de Recursos Hidrobiológicos Continentales del Departamento de Biología en la Universidad del Cauca, donde se identificaron con ayuda de claves taxonómicas / guías visuales. (Roldán, 1988, Fernández y Domínguez, 2009), entre otras.

### 7.3 Índice BMWP

En este caso se usó la adaptación del sistema BMWP realizada por Zamora (2007), con la finalidad de acercarse más a las características de la fauna de macroinvertebrados de los ecosistemas loticos de nuestro país. (Tabla 2).

**Tabla 2.** Sistema para la determinación del Índice de Monitoreo Biológico – BMWP - (Biological Monitoring Working Party Score System). Adaptación para Colombia. (Zamora, 2007).

Ordenes	Familias	Puntaje
<b>Plecoptera</b>	Perlidae	10
<b>Ephemeroptera</b>	Oligoneuridae, Euthyplociidae, Polymtracyidae.	
<b>Trichoptera</b>	Odonteceridae, Glossosomatidae, Rhyacopilidae, Calamoceratidae, Hydroptilidae, Anomalopichidae, Atripectididae...	
<b>Coleóptera</b>	Psephenidae, Ptilodactilydae, Lampyrydae.	
<b>Odonata</b>	Polythoridae.	
<b>Diptera</b>	Blapharoceridae	
<b>Unionida</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>Trichoptera</b>	Hidrobiosidae, Philopotamidae, Xiphocentronidae.	
<b>Coleóptera</b>	Gyrinidae, Scirtidae.	
<b>Odonata</b>	Gomphidae, Megapodagrionidae, Coenagrionidae	
<b>Diptera</b>	Simullidae.	
<b>Gordioidae</b>	Gordiidae, Chordodidae (Cl: Nematophora)	
<b>Lepidóptera</b>	Pyrilidae	
<b>Mesogastropoda</b>	Ampullariidae (Cl: Gastrópoda)	
<b>Hirudiniformes</b>	Hirudinae (Hirudinea)	

Continuación Tabla 2...

Ordenes	Familias	Puntaje	
<b>Ephemeroptera</b>	Baetide, Caenide.	8	
<b>Trichoptera</b>	Hidropsychide, Leptoceridae, Helicopsychidae.		
<b>Coleóptera</b>	Dytiscidae, Dryopidae.		
<b>Odonata</b>	Lestidae, Calopterygidae.		
<b>Hemiptera</b>	Pleidae, Saldidae, Guerridae, Veliidae, Hebridae.		
<b>Diptera</b>	Dixidae.		
<b>Decápoda</b>	Palaemonidae, Pseudothelpusidae. (Cl: Crustácea)		
<b>Basommatophora</b>	Chilinnidae (Cl: Gastrópoda)		
<b>Ephemeroptera</b>	Tricorythidae, Leptohyphidae.		7
<b>Trichoptera</b>	Polycentropodidae.		
<b>Coleoptera</b>	Elmidae, Staphylinidae.		

<b>Odonata</b>	Aeshnidae.	
<b>Hemiptera</b>	Naucóride, Notonectidae, Mesoveliidae, Corixidae.	
<b>Diptera</b>	Psychoridae.	
<b>Basommatophora</b>	Ancylidae, Planorbidae. (Cl: Gastrópoda)	
<b>Archeogastropoda</b>	Neritidae...(Cl: Gastrópoda)+	
<b>Coleóptera</b>	Limnichidae, Lutrochidae.	
<b>Odonata</b>	Libellulidae.	
<b>Hemiptera</b>	Belostomatidae, Hydrometridae, Gelastocoridae, Nepidae.	
<b>Diptera</b>	Dolichopodidae.	
<b>Megalóptera</b>	Corydalidae, Sialidae...	6
<b>Decápoda</b>	Atyidae... (Cl: Crustácea)	
<b>Anphiopoda</b>	Hyallelidae...(Cl: Crustácea)	
<b>Tricladia</b>	Plarariidae, 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.	
<b>Diptera</b>	Tipulidae, Ceratopogonidae.	4
<b>Basommatophora</b>	Limnaeidae, Sphaeridae...(Cl: Gastrópoda)	
<b>Diptera</b>	Culícidae, Muscidae, Sciomizidae.	
<b>Basommatophora</b>	Physidae. (Cl: Gastrópoda)	3
<b>Glossiphoniiformes</b>	Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Cylicobdellidae	
<b>Diptera</b>	Chironomidae, Ephydridae, Syrphidae.	
<b>Heplotaxida</b>	Todas las familias (Excepto Tubifex )	2
<b>Heplotaxida</b>	Tubificidae (Tubifex)	1

**Tabla3.** Clases, Valores y Características para aguas naturales clasificadas mediante el índice BMWP (Zamora, 2007).

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

#### 7.4 Caudal

La variable eco-hidráulica que se tuvo en consideración para este estudio fue el caudal en cada punto de muestreo durante todas las jornadas de campo. Para las mediciones de los parámetros ya mencionados se usó el método de molinete.

#### 7.5 Variables físico-químicas

Se realizó la caracterización físico-química hídrica, con el fin de analizar la calidad de las aguas naturales y dimensionar el estado actual de las quebradas

Los parámetros a tener en cuenta en este componente son los siguientes:

- Relación térmica ambiental e hídrica.
- Gases disueltos: Concentración de Oxígeno disuelto y su porcentaje de saturación; Gas Carbónico disuelto.
- pH y su relación con la acidez total, hierro y la alcalinidad total.
- Dureza total, Carbonácea y Calcio.
- Indicadores químicos de procesos de degradación de materia orgánica: cloruros.

En cada uno de los sitios seleccionados para el desarrollo del muestreo y obtención de la información primaria, se procederá de la siguiente manera:

Para temperatura ambiental, temperatura del agua, concentración de oxígeno disuelto y pH se registraron los datos en cada sitio, buscando mayor representatividad de muestreo, puesto que se cuenta con el equipo de precisión

para tal efecto, como por ejemplo: termómetros digitales, oxímetro y pH-metro. En cuanto al Gas Carbónico disuelto, Acidez total, Alcalinidad total y la Dureza total, se tomarán muestra compuestas y se procedió en el sitio con base en métodos colorimétricos estandarizados, tipo Aquamerck. Referente a los indicadores químicos de procesos de degradación de materia orgánica, se tomaron muestras compuestas y se procedió a su determinación en el sitio, utilizando kits de reactivos analíticos Aquamerck.

## **7.6 Análisis de datos y tratamiento estadístico**

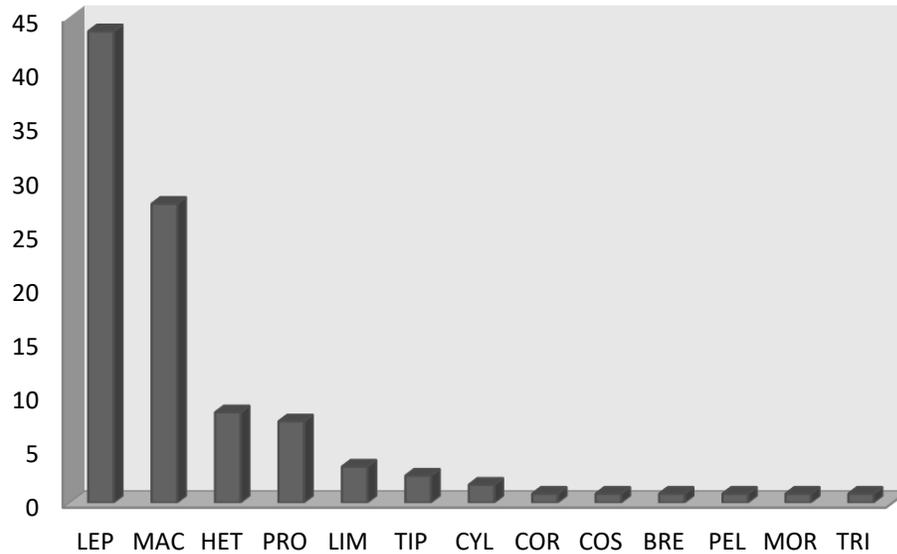
La información primaria obtenida directamente en los muestreos se registró en tablas previamente elaboradas, con el fin de consignar dicha información durante todo el período de trabajo. Se procesaron los datos fisicoquímicos y eco-hidráulicos aplicando la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. Debido a que los datos se comportan de forma no paramétrica se practicó la prueba de Mann-Whitney. Para los Macroinvertebrados, se realizó la prueba de Shapiro-Wilk. Con el fin de relacionar las variables físico-químicas y eco-hidráulicos con las comunidades de macroinvertebrados en cada sitio de muestreo, se realizó un análisis de correspondencia canónica.

# **8. RESULTADOS**

## **8.1 Comunidades de macroinvertebrados**

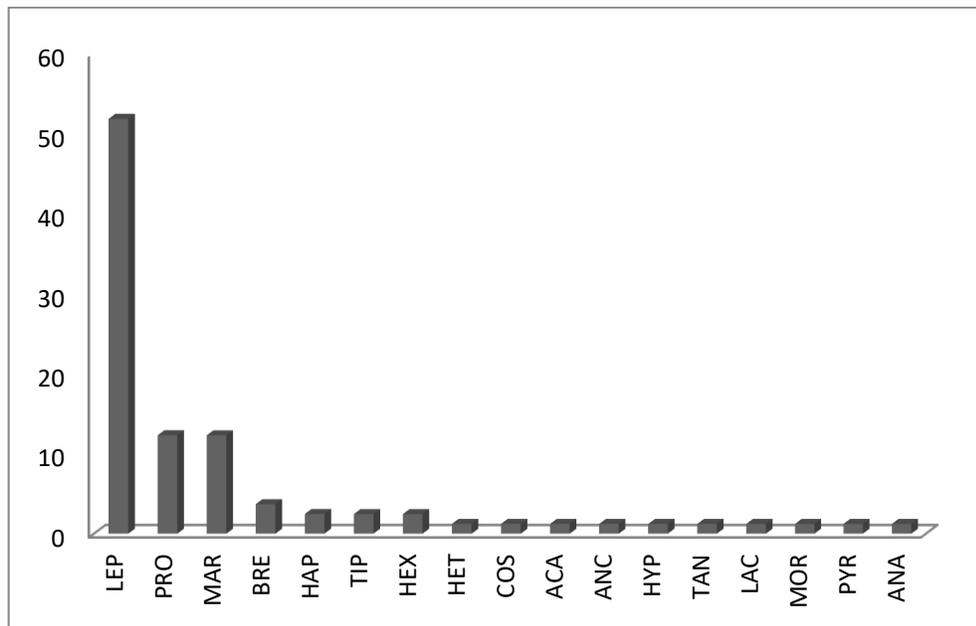
En la figura 2 se muestran las abundancias de macroinvertebrados en la quebrada Clarete. Como se puede observar se presenta unadominancia del orden *Trichoptera*, de la familia *Hydropsychidaey* de los géneros *Leptonemasp.* (43.7%)y *Macrosteumsp.* (27.7%)la presencia del orden *Odonataen* menor cantidad (*Hetaerinasp.* con 8.4% y*Progomphussp.* 7.6%). Esto corresponde también a un índice de equidad de Pielou bastante alto en las dos quebradas (0.78 para la

quebrada Clarete y 0.74 en la quebrada Zarapanga), el cual se muestra en la tabla 5.



**Figura 2.** Abundancias por Géneros para la Quebrada Clarete (*Leptonema sp.*, *Macrosteum sp.*, *Hetaerina sp.*, *Progomphus sp.*, *Limnocois sp.*, *Tipula sp.*, *Cylloepus sp.*, *Corydalus sp.*, *Cosmopteriginae sp.*, *Brechmorhoga sp.*, *Pelonomus sp.*, *Mortoniella sp.*, *Triplectides sp.*)

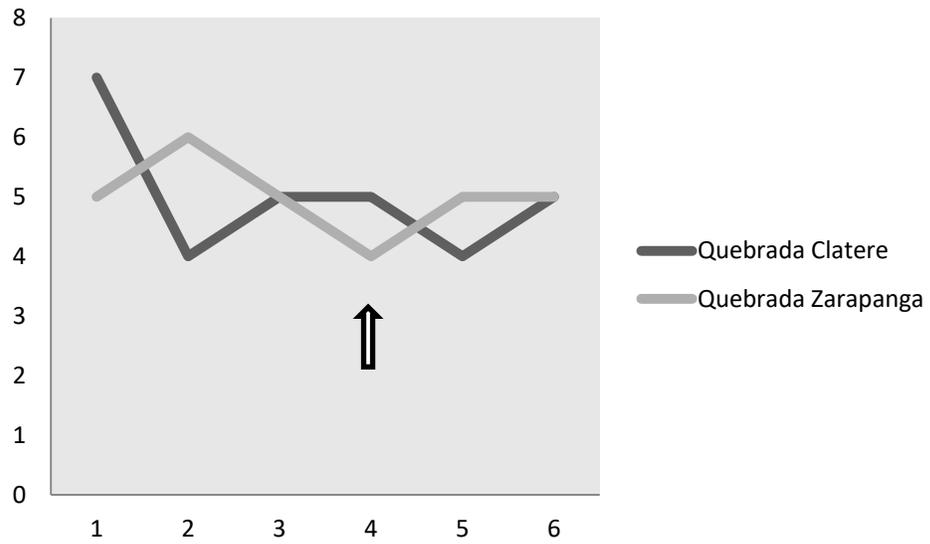
En la quebrada Zarapanga como se observa en la figura3, se presenta la misma tendencia de una mayor abundancia de individuos del orden *Trichoptera* (*Leptonemasp.* con 51.85% y *Mariliasp.* 12.34%) aun que ya no se observa la presencia del género *Macrosteum*, lo mismo sucede con los representantes del orden *Odonata*(*Progomphussp.* 12.34% y *Hetaerina sp.* 1.23%) que se presentan en menor cantidad y no se encuentran especímenes del sub-orden *Zygoptera*.



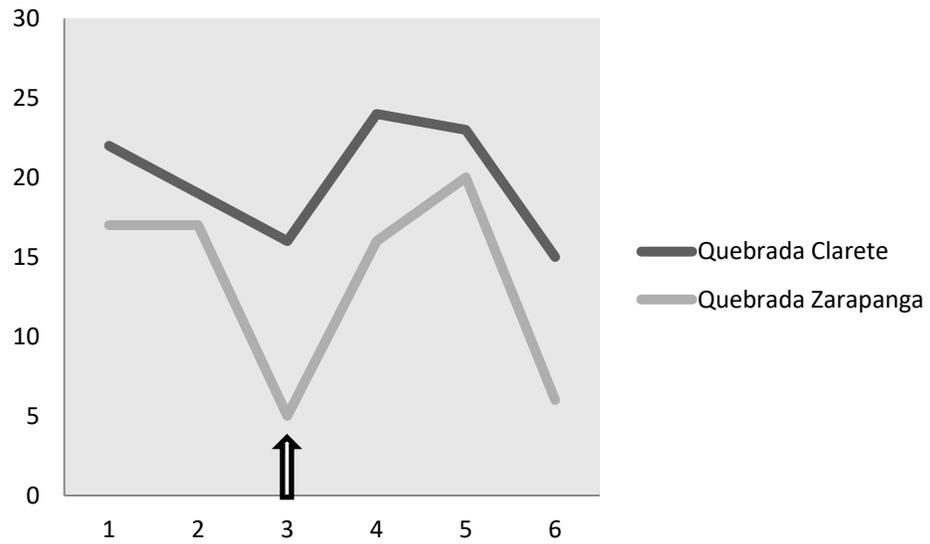
**Figura 3.** Abundancias por Géneros para la Quebrada Zarapanga.  
*(Leptonema sp., Progomphus sp., Marillia sp., Brechmorhoga sp., Haplotaxidae sp., Hexatoma sp., Hetaerina sp., Típula sp., Acanthagrion sp., Anchyrtarsus sp., Hypolobocera sp., Tanypodinae sp., Laccophilus sp., Cosmopteriginae sp., Mortoniella sp., Pyractonema sp., Anacroneuria sp.)*

En las graficas 1, 2, 3 y 4 se muestran el número de géneros (S), la abundancia, el índice de Shannon-Weiner (H), y el índice de equidad de Pielou (EP) respectivamente, relacionados con las épocas de muestreo (donde la línea azul es quebrada Clarete, roja la quebrada Zarapanga).

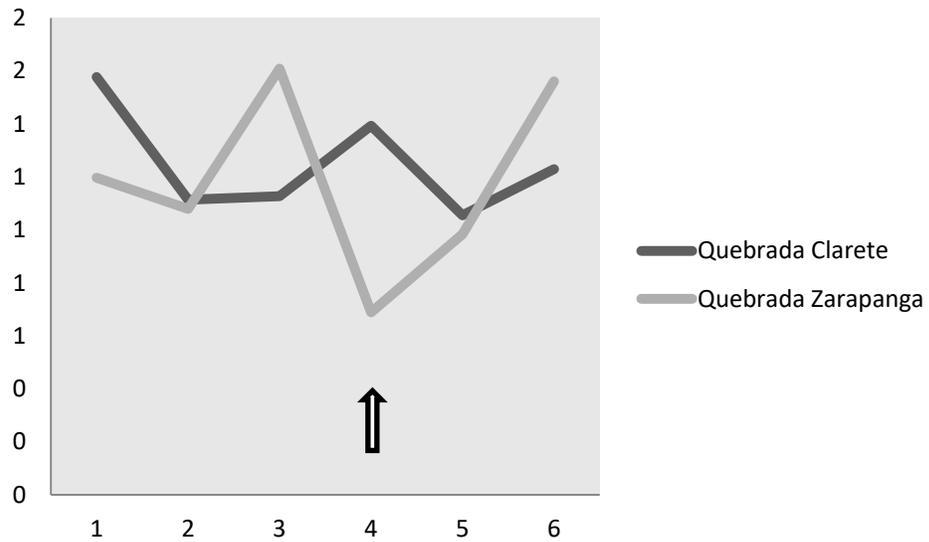
Como lo muestran las graficas, la diversidad en las dos quebradas, es baja para todas las épocas de muestreo, disminuyendo considerablemente en el cuarto mes en la quebrada Zarapanga al igual que la equidad de Pielou y la riqueza. En la quebrada Clarete se presenta una situación similar para las mismas variables en el tercer muestreo. La abundancia muestra una caída en los periodos 3 y 6 en las dos quebradas.



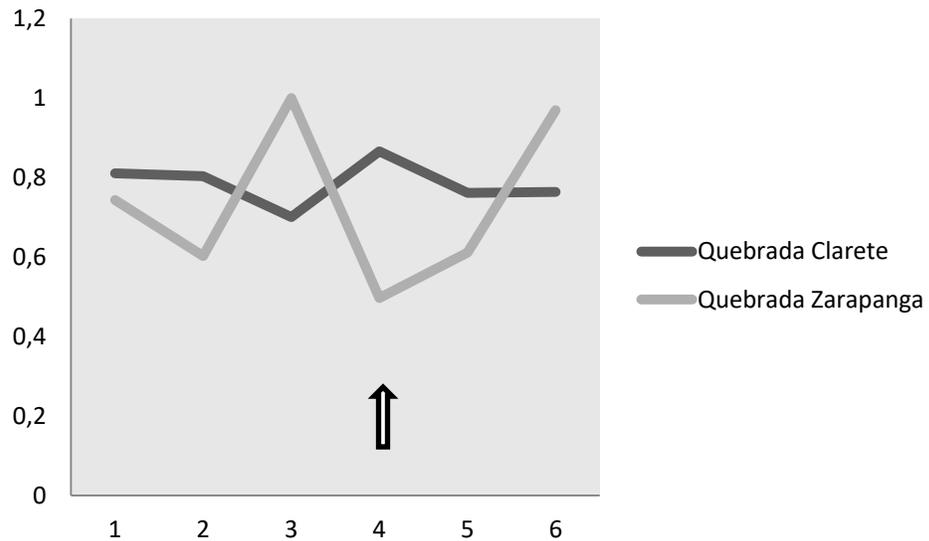
**Gráfica 1.** Riquezapor las dos quebradas en los 6 periodos de muestreo.



**Gráfica 2.** Abundancia para las dos quebradas en los 6 periodos de muestreo.



**Gráfica 3.** Índice de Shannon para las dos quebradas en los 6 periodos de muestreo.



**Gráfica 4.** Equidad de Pielou para las dos quebradas en los 6 periodos de muestreo.

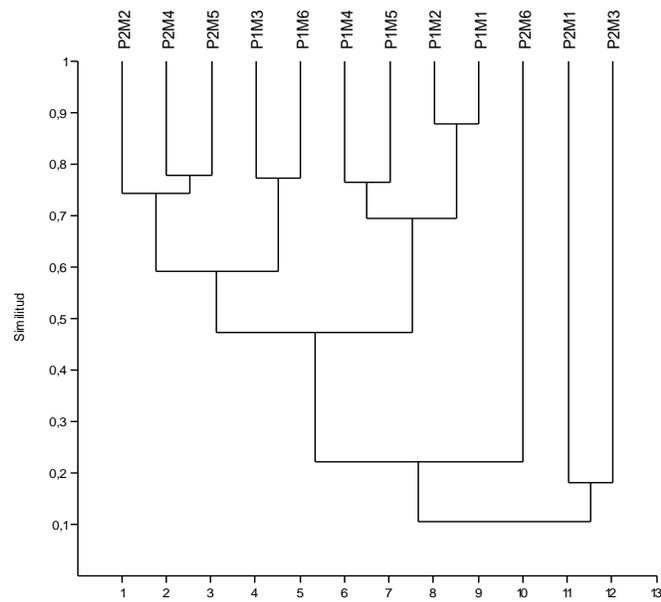
Como se muestra en la tabla 5, no se presentó una diferencia significativa entre el número de géneros, abundancia, índice de Shannon-Weinery el índice de equidad de Pielou de los Macroinvertebrados presentes en las dos quebradas ( $p \geq 0.05$ ), por

lo tanto se asume que la comunidad de la quebrada Clarete y la de la quebrada Zarapanga son estadísticamente similares.

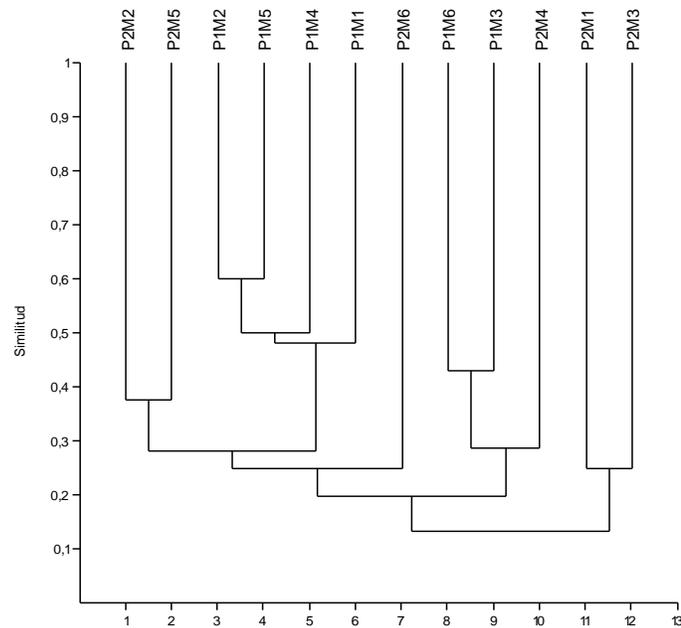
**Tabla 5.**Tabla de Medias y Coeficiente de variación para cada quebrada.

	Quebrada Clarete		Quebrada Zarapanga	
	$\bar{x}$	CV	$\bar{x}$	CV
<b>Número de géneros</b>	5	21,9089023	5	12,6
<b>Abundancia</b>	19,83	100,01681	13,5	47,03
<b>Shannon- Weiner</b>	1,25	15,9599499	1,19	29,41
<b>Equidad de Pielou</b>	0,78	100,42735	0,74	28,38

En cuanto a la similitud entre las quebradas y los muestreos, las figuras 4 y 5 nos muestran una agrupación de los muestreos realizados en la quebrada Clarete más evidente que la de algunos muestreos de la quebrada Zarapanga mostrando que la época de muestreo no influye en los taxa de las estaciones.



**Figura 4.** Dendrograma de similitud con base en el Índice de Bray-Curtis. Método de aglomeración UPGMA.



**Figura5.** Dendrograma de similitud con base en el coeficiente de Jaccard. Método de aglomeración UPGMA.

## 8.2 Índice BMWP

En las tablas 6,7 y 8 se muestran los resultados para el BMWP en las dos quebradas. Para la quebrada Clarete se obtiene un puntaje en el índice BMWP de **84** la cual muestra una calidad de agua Aceptable, con unas aguas medianamente contaminadas. Para la quebrada Zarapanga se obtiene un puntaje en el índice BMWP de **114** el cual indica una calidad de agua Buena, con aguas de características limpias.

**Tabla 6.**Tabla de Resultados para BMWP para cada Quebrada y por Familia. Valores (Zamora, 2007).

Familias	Puntaje BMWP	Quebrada Clarete	Quebrada Zarapanga
<i>Coridalidae</i>	6	x	
<i>Hydropsychidae</i>	8	x	X
<i>Naucoridae</i>	7	x	
<i>Calopterygidae</i>	8	x	X
<i>Gomphidae</i>	9	x	X
<i>Cosmopterigidae</i>	9	x	X
<i>Haplotaixidae</i>	2		X
<i>Odontoceridae</i>	10		X
<i>Libelulidae</i>	6		X
<i>Elmidae</i>	7	x	
<i>Tipulidae</i>	4	x	X
<i>Coenagrionidae</i>	10		X
<i>Ptilodactilidae</i>	10		X
<i>Pseudothelpusidae</i>	8		X
<i>Chironomidae</i>	2		X
<i>Dyticidae</i>	8		X
<i>Dryopidae</i>	8	x	
<i>Glossosomatidae</i>	10	x	
<i>Leptoceridae</i>	8	x	
<i>Lampyridae</i>	10		X
<i>Perlidae</i>	10		X
<b>BMWP</b>		<b>84</b>	<b>114</b>

**Tabla 7.** Clases, Valores y Características Clasificadas Mediante el Índice BMWP (Zamora, 2007), Para la Quebrada Clarete.

Clase	Rango	Calidad	Características	Color Cartográfico
III	61-100	Aceptable	Aguas medianamente contaminadas	Verde

**Tabla 8.** Clases, Valores y Características Clasificadas Mediante el Índice BMWP (Zamora, 2007), Para la Quebrada Zarapanga.

Clase	Rango	Calidad	Características	Color Cartográfico
II	101-120	Buena	Aguas Limpias	Azul Claro

### 8.3 Variables físico-químicas y caudal

La tabla 9 presenta los datos físico-químicos en la quebrada Clarete durante todos los periodos de muestreo. El pH, alcalinidad (Alcal), cloruros (Cl<sup>-</sup>), dureza total (Dureza T) y carbonacea (Dureza C), nitratos, calcio y hierro (Fe), fueron casi constantes en los 6 muestreos.

**Tabla 9.** Tabla de Variables Físico-químicas y Caudal para la quebrada Clarete.

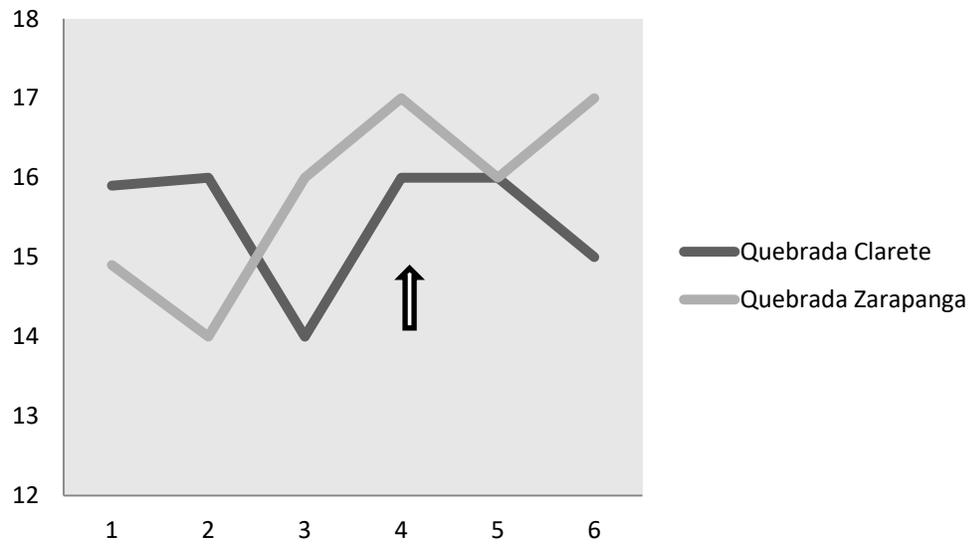
	pH	Temp	OD	Alcal	Cl <sup>-</sup>	Acidez	Dureza C	Dureza T	CO <sub>2</sub>	Nitratos	Calcio	Fe	Caudal
1	7,6	15,9	4,7	0,9	0	0,6	0,4	4	2,5	50	20	0,3	0,19
2	7	16	5	0,3	0	0,3	3	5	0,5	10	8	0,3	0,196
3	7	14	3,5	0,9	0	0,3	0,3	0,8	2,5	10	0,5	0,3	0,26
4	7	16	2,5	0,6	0,8	0,3	0,3	0,8	2,5	50	0,5	0,5	0,24
5	7	16	6	0,3	10	0,3	0,4	1,2	2	50	0,3	0,3	0,24
6	7	15	5,4	0,4	10	0,2	0,8	0,8	2	10	20	0,3	0,18

La tabla 10 muestra los datos físico-químicos en la quebrada Zarapanga durante todos los periodos de muestreo. De la misma forma que en la quebrada Clarete el pH, alcalinidad (Alcal), cloruros (Cl-), dureza total (Dureza T) y carbonacea (Dureza C), nitratos, calcio y hierro (Fe), fueron casi constantes en los 6 muestreos

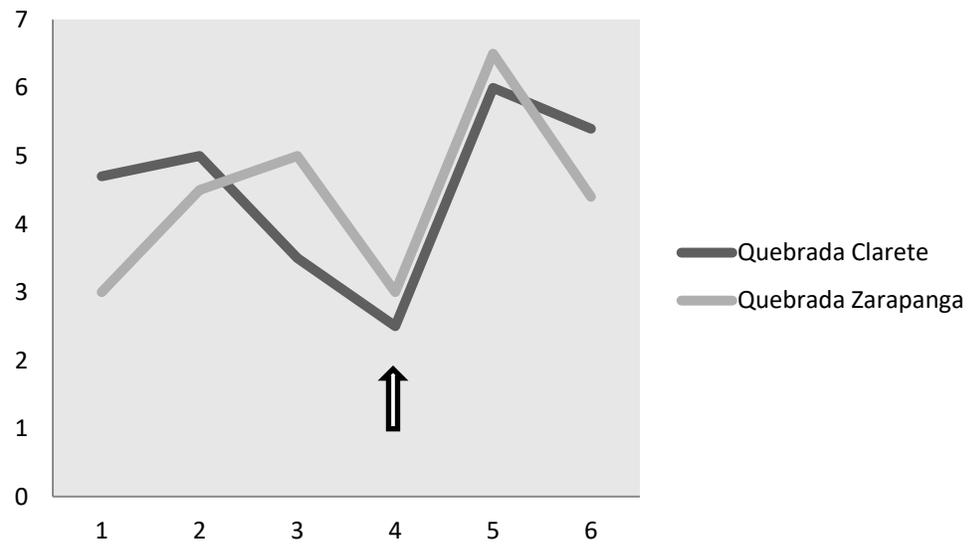
**Tabla 10.** Tabla de variables físico-químicas y caudal para la quebrada Zarapanga.

	pH	Temp	OD	Alcal	Cl-	Acidez	Dureza C	Dureza T	CO2	Nitratos	Calcio	Fe	Caudal
1	6,5	14,9	3	0,4	0	0,3	0,2	5	2,5	50	6	0,3	0,0546
2	6,5	14	4,5	0,5	0	0,7	0,3	5	1,5	25	8	0,1	0,067
3	6,5	16	5	0,4	0,6	0,3	0,7	0,5	2,5	10	0,6	0,3	0,115
4	6,5	17	3	0,2	6	0,7	0,5	0,4	3,5	25	0,6	0,3	0,031
5	6,5	16	6,5	0,3	0,8	0,3	0,3	0,7	0,5	75	0,5	0,5	0,041
6	6,5	17	4,4	0,3	3	2	0,7	0,5	2,5	10	24	0,3	0,023

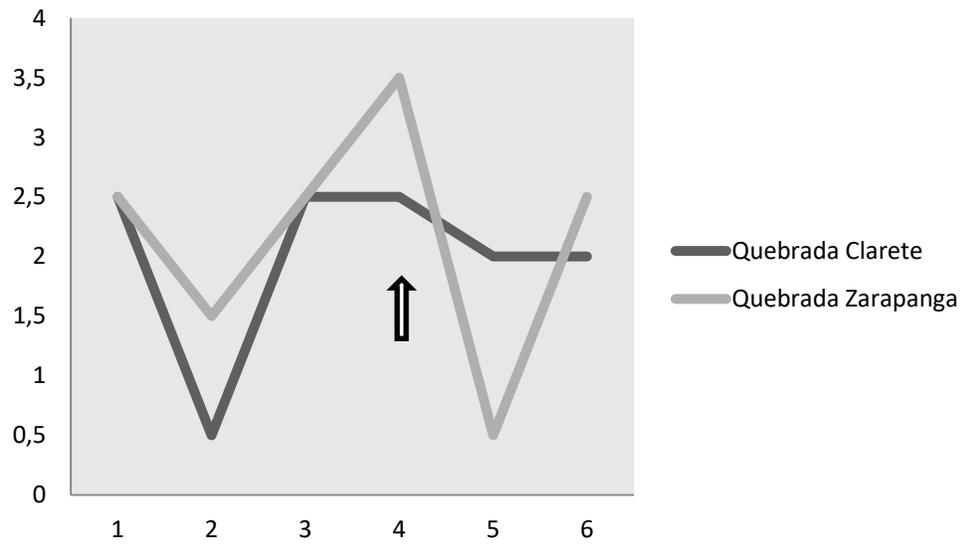
Las graficas 5,6, 7 y 8 representan la temperatura, oxígeno disuelto, dióxido de carbono y el caudal respectivamente. En el muestreo cuatro se presentan una subida en la temperatura del agua en las quebradas, acompañado de un aumento en el dióxido de carbono y una baja del oxígeno disuelto y el caudal.



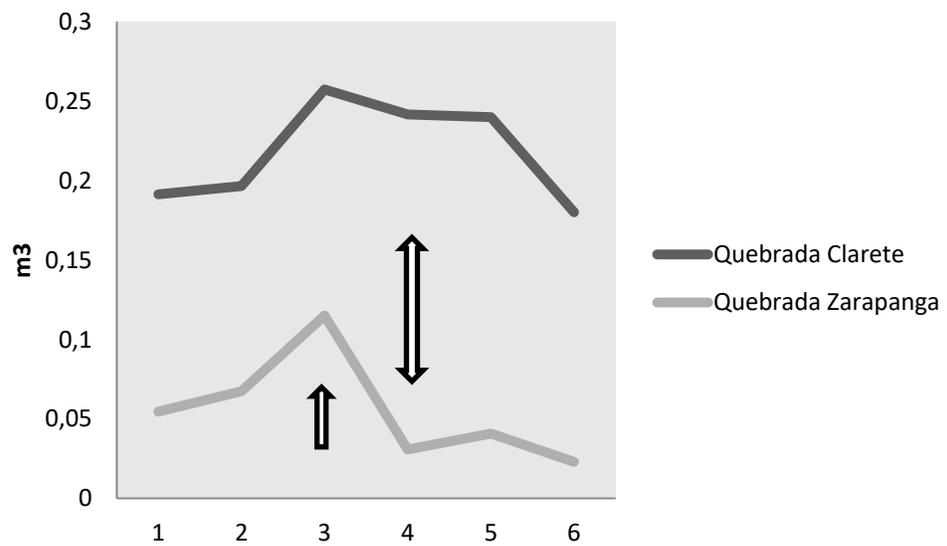
**Gráfica 5.** Temperatura para las dos quebradas en los 6 periodos de muestreo.



**Gráfica 6.** Oxígeno para las dos quebradas en los 6 periodos de muestreo.



**Gráfica 7.** CO<sub>2</sub> para las dos quebradas en los 6 periodos de muestreo.



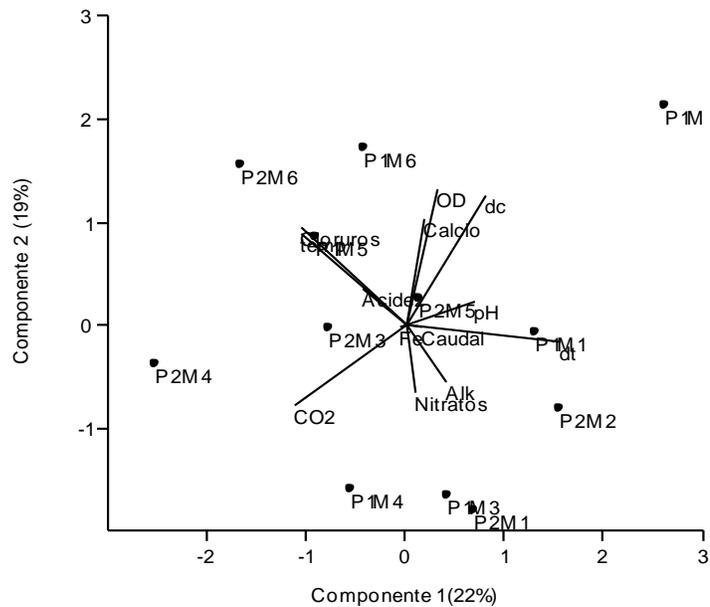
**Gráfica 8.** Caudal para las dos quebradas en los 6 periodos de muestreo.

Como reporta la tabla 11, no se encontró diferencia significativa para ninguna de las variables físico-químicas que se midieron, por lo que estadísticamente se asume que estas variables en las dos quebradas son similares. En cuanto al caudal, no hay diferencia significativa ni para las quebradas ni para la época de muestreo.

**Tabla 11.** Tabla de medias y coeficiente de variación Variables Físico-químicas y Caudal para las dos quebradas.

	Quebrada Clarete		Quebrada Zarapanga	
	Media	CV	Media	CV
pH	7,1	3,44	6,5	0
Temperatura	15,48	5,33	15,81	7,48
Oxígeno Disuelto	4,52	28,60	4,4	29,97
Alcalinidad	0,56	49,49	0,35	29,96
Cloruros	3,46	146,25	1,73	136,45
Acidez	0,33	40,98	0,72	40,98
Dureza Carbonacea	0,86	122,47	0,45	48,17
Dureza Total	2,1	90,09	2,02	114,69
CO2	2	38,72	2,2	47,66
Nitratos	30	73,02	32,5	78,29
Calcio	8,22	116,67	6,62	137,5
Hierro	0,33	24,49	0,3	42,16
Caudal	0,22	14,79	0,055	60,36

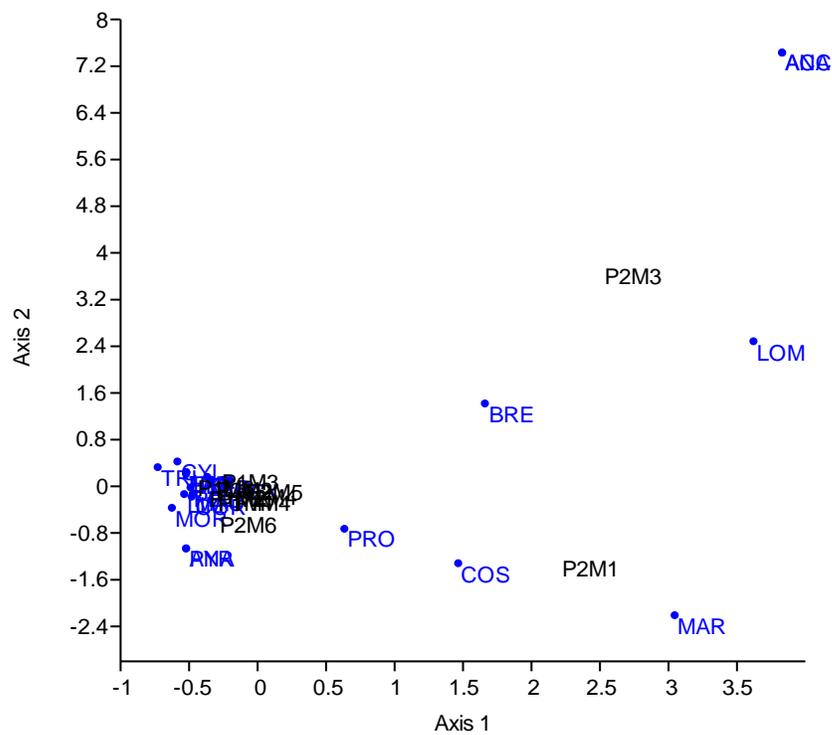
No se observa ninguna tendencia de asociación entre las variables físicoquímicas y eco-hidráulicas con las quebradas y muestreos como muestra la figura 6 con componentes de asociación bajos (19% eje Y y 22% eje X), corroborando los resultados obtenidos en la prueba de significancia estadística y dando a entender que estas variables son independientes de las quebradas y las épocas de muestreo.



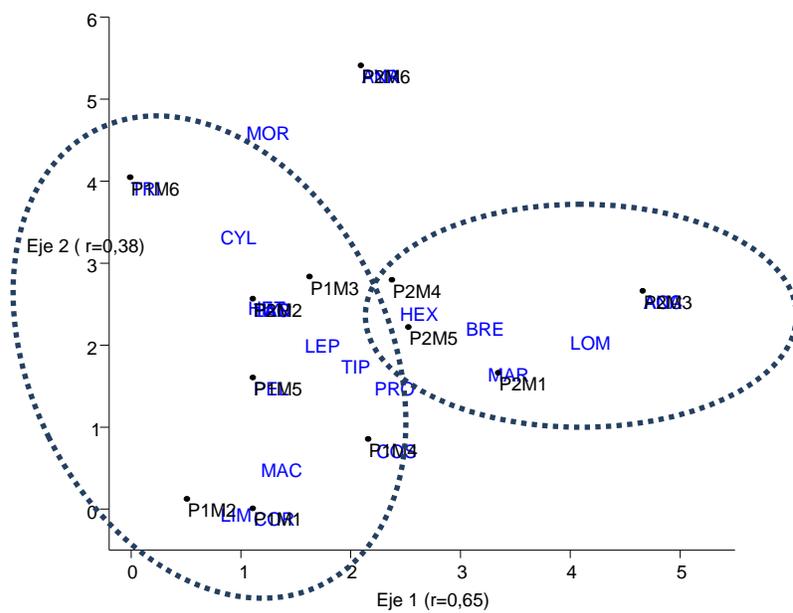
**Figura 6.** Análisis de Componentes principales para las variables físico-químicas.

#### 8.4 Relación entre variables físico-químicas, caudal y las comunidades de macroinvertebrados

Al igual que la relación entre las variables físicoquímicas y los muestreos en las dos quebradas, para el análisis de correspondencia canónica que se puede observar en la figura 7, no se observa una tendencia de asociación entre las variables físicoquímicas y eco-hidráulicas con las comunidades de macroinvertebrados de las quebradas. Sin embargo, al realizar un análisis de correspondenciasin tendencia, el cual se presenta en la figura 8, se observa que las poblaciones de macroinvertebrados se agrupan en los puntos de muestreo, representado en la figura por los círculos azules.



**Figura 7.:** Análisis de Correspondencia Canónica Entre las Variables Medidas y las Comunidades de Macroinvertebrados.



**Figura 8.:** Análisis de Correspondencia sin Tendencia

## 9. DISCUSIÓN

La diversidad fue baja en las dos quebradas pues en las dos se presentó una alta dominancia de un grupo específico el cual fue el género *Leptonemasp.* (43.7% en la quebrada Clarete y 51.85% en la quebrada Zarapanga), y la estructura de las comunidades de macroinvertebrados es estadísticamente similar en los dos sitios.

Tampoco se encontraron diferencias significativas entre las dos quebradas para los macroinvertebrados, ni para el caudal ni variables físicoquímicas, de la misma forma al realizar los análisis de correspondencia tampoco se observó una tendencia de asociación entre las variables que se midieron en campo y los taxa de macroinvertebrados.

Si se observan y comparan las gráficas de la comunidad de macroinvertebrados (Gráficas 1, 2, 3 y 4) con aquellas que ilustran el comportamiento de la temperatura, oxígeno disuelto, dióxido de carbono y el caudal (Gráficas 5, 6, 7 y 8), se puede evidenciar una concordancia de sucesos en el muestreo cuatro. Al aumentar la temperatura del agua se presenta una disminución del oxígeno disuelto y por lo tanto un aumento del CO<sub>2</sub> en los dos sistemas junto a la baja del caudal. Todo esto afecta las comunidades de macroinvertebrados observándose una disminución en la diversidad en la quebrada Zarapanga (expresada en el índice de Shannon) y la riqueza en el mismo sistema. La abundancia disminuye notablemente en los periodos 3 y 6 en los cuales se presenta el mayor caudal, debido posiblemente a que los organismos son arrastrados por la fuerza de la corriente.

Cuando se observa la figura 8 del análisis de correspondencia sin tendencia, que los taxa se agrupan horizontalmente donde el coeficiente de correlación  $r = 0.65$ , esta agrupación se corresponde con los dos puntos de muestreo, representados al interior de los conjuntos. Esta asociación podría deberse a las diferencias que se presentan en el estado de conservación de las mismas. En la quebrada Zarapanga se da una mayor cobertura vegetal, menor incidencia de la actividad antrópica (excepto por la presencia de 3 bocatomas en el transcurso del cuerpo de agua) y un sustrato más rocoso y con mayor presencia de material vegetal como hojas y troncos que sirve de hábitat para los macroinvertebrados.

Por el contrario en la quebrada Clarete se presenta una pérdida paulatina pero constante del bosque aledaño para fines agrícolas y ganaderos, afectando la cobertura vegetal y el sustrato de la quebrada, pues este es más arenoso-limoso, con muy poco material particulado como rocas y troncos lo que afecta el establecimiento de diferentes hábitats para los organismos objeto de este estudio. Igualmente la presencia de una bocATOMA aguas arriba del punto de muestreo para esta quebrada, retiene parte del caudal aunque estadísticamente esta

disminución no es significativa y estadísticamente no hace notar una diferencia entre los periodos secos y de lluvias.

Esta diferencia en el estado de conservación de las riveras de las quebradas Clarete y Zarapanga y su influencia en las dinámicas de los dos cuerpos de agua, se ve reflejado en el resultado presentado en las tablas 7 y 8 respectivamente, en las cuales se muestran las clasificaciones y características del índice BMWP para las dos quebradas. La quebrada Zarapanga presenta un índice BMWP mayor al que se presenta en la quebrada Clarete, lo que indica que en la quebrada Zarapanga se presenta una mejor calidad de agua que en la quebrada Clarete, esto posiblemente se debe las características del paisaje en las dos quebradas y a las actividades humanas que se realizan en el área de influencia de estos cuerpos de agua las cuales fueron evidenciadas anteriormente.

Este es el primer estudio basado en macroinvertebrados realizado en esta vereda por lo que solo se puede comparar con estudios realizados en otros sistemas dulceacuícolas del municipio y el país pero que difieren notablemente en las dinámicas hídricas, físico-químicas y afectación de alteraciones antrópicas.

En un estudio realizado por Zamora (1990) en el Río Molino, municipio de Popayán, en el cual se analizó el efecto de la contaminación en la comunidad de macroinvertebrados, La mayor abundancia durante los diez años del estudio la presento el género *Thraulodessp.* Y *Baetissp.* ambos del orden *Ephemeroptera*, el cual no tuvo ningún representante en este estudio.

En otro artículo publicado por Zamora (1991) en el cual se analizaron los macroinvertebrados en los diferentes pisos altitudinales del departamento del Cauca, se presentó la mayor diversidad de especies en el bosque húmedo pre montano (bmh-PM), mas sin embargo al igual que en el estudio anteriormente citado, *Trichoptera* no fue el orden más representativo y ninguno de los géneros de este.

Un trabajo publicado por Longo *et al.* (2010) en la quebrada Potrerillos ubicada en el municipio de El Bordo departamento del Cauca, se muestra como las variaciones del caudal generan cambios anuales en las variables físico-químicas y en la variación de la composición y la estructura de macroinvertebrados. En la época de bajas lluvias se presenta una baja en la riqueza que se recupera cuando aumenta el caudal del canal. La riqueza sobresaliente de *Coleoptera* y *Diptera* durante todo el estudio, independientemente de los periodos hidrológicos y de *Odonata*, *Trichoptera*, *Ephemeroptera* y *Hemiptera* en segundo plano, no corresponde a lo observado en este estudio aunque concuerda en la estabilidad de algunos taxa especialmente del orden *Trichoptera* en bajas o altas precipitaciones.

En un estudio realizado por la Universidad Nacional sede Medellín, Universidad de Antioquia y Corantioquia (2002) en la cuenca del río San Juan en la región Suroeste de este departamento, se concluye que el bajo número de organismos colectados (39 individuos repartidos en 10 taxa) se debía al efecto de barrido que se presentó por la subida del caudal durante el periodo de muestreo al igual que se afectaron los parámetros físico-químicos y microbiológicos por el mismo fenómeno. Se presentó una mayor abundancia del género *Thraulodes sp.* seguido de *Anacroneuria sp.*, de los cuales solo se presenta *Anacroneuria sp.* en este estudio.

## 10. CONCLUSIONES

- La diversidad fue baja en las quebradas Clarete y Zarapanga, lo cual no corresponde con un cuerpo de agua natural. No se observan diferencias significativas en la estructura de las comunidades de macroinvertebrados de los puntos de muestreo.
- En el análisis de correspondencia sin tendencia se observa que los géneros de macroinvertebrados, se asocian a los puntos de muestreo, esto posiblemente se deba a un mejor estado de conservación de la riberade la quebrada Clarete y de una mayor disponibilidad de micro hábitats el lecho del cuerpo de agua, esto en comparación con la quebrada clarete. Esta tendencia de agrupación también es observada en el Dendrograma de Jaccard, en el de Bray-Curtis y el índice BMWP.
- No se encontraron diferencias significativas entre las dos quebradas para los macroinvertebrados, ni para las variables eco-hidráulicas ni fisicoquímicas, por lo que se asume que estas variables no influyen en la estructura de la comunidad de macroinvertebrados.
- La disminución del caudal afecta las comunidades de macroinvertebrados especialmente de la quebrada Zarapanga al igual que el aumento de la temperatura del agua y la disminución del oxígeno disuelto.
- Aunque no hay diferencia significativa en las comunidades de macroinvertebrados, los índices de BMWP evidencian una diferencia entre las familias de macroinvertebrados pues la quebrada Zarapanga un mayor índice BMWP que la quebrada Clarete.
- La quebrada Zarapanga presenta una mejor calidad biológica de agua, pero la diversidad de macroinvertebrados es más baja que en la quebrada Clarete, esto posiblemente se debe a que su caudal a lo largo del periodo de muestreo fue siempre más bajo y a la presencia de un mayor número de bocatomas, las cuales están muy cercanas entre sí.
- Según el índice BMWP (Zamora, 2007), la quebrada Clarete presenta un índice de calidad de aguas que la caracteriza como aguas medianamente contaminadas, mientras que la quebrada Zarapanga posee características de aguas limpias.

- La degradación paulatina del paisaje para actividades antrópicas y la construcción de bocatomas a lo largo de las dos quebradas, afecta el establecimiento de los organismos vivos presentes en la quebrada, lo que es observable en la estructura de las comunidades y en el índice BMWP.

## 11. RECOMENDACIONES

- Es necesario que la junta de acción comunal controle la tasa de deforestación en las riberas de las quebradas pues se están viendo afectadas las comunidades bióticas de las mismas.
- Se recomienda a la junta e acción comunal de la vereda Clarete Bajo abstenerse de brindar licencias para la construcción de nuevas bocatomas.
- Es necesario racionar el consumo del recurso agua que se obtiene especialmente de la quebrada Zarapanga pues, aunque presenta una mejor calidad biológica de agua, la diversidad de macroinvertebrados es más baja que en la quebrada Clarete, esto posiblemente se debe a que su caudal a lo largo del periodo seco y lluvioso es más bajo y a la presencia de bocatomas muy cercanas entre sí, que evitan que se dé una recuperación hídrica del cuerpo de agua.
- Es conveniente realizar un plan de mitigación y de recuperación ambiental en el área de influencia de las dos quebradas, así de esta forma se garantizaría el mejoramiento de la calidad biológica de estas aguas y un aumento de la diversidad y complejidad de las comunidades de macroinvertebrados.

## 12. BIBLIOGRAFIA

- Bonada, N.; N. Prat.; V. H. Resh.; B. Statzner. 2006. *Developments In Aquatic Insect Biomonitoring: A Comparative Analysis of Recent Approaches*. Annu. Rev. Entomol. 51. Pág. 495, 523
- Franco, F. 2010. *Acueductos y alcantarillados*, Cap. 7. ([http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4080004/contenido/Capitulo\\_7/Pages/calidad\\_agua.htm](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4080004/contenido/Capitulo_7/Pages/calidad_agua.htm)).
- Fernández, H.; Domínguez, E. 2009 *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos, sistemática y biología*. Tucumán, Argentina. Fundación Miguel Lillo. Pág. 654.
- Lozano, L. 2005. *La bioindicación de la calidad del agua: importancia de los macroinvertebrados en la cuenca alta del río Juan Amarillo, Cerros orientales de Bogotá*. Rev. Umbral Científico. Fundación Universitaria Manuela Beltrán. Bogotá. Pp. 5-11
- Longo, M.; Zamora, H.; Guisande, C.; Ramírez J. 2010. *Dinámica de la comunidad de macroinvertebrados en la quebrada Potrerillos (Colombia): Respuesta a los cambios estacionales de caudal*. Rev. Limnética. Asociación Ibérica de Limnología. Madrid. Pág. 195-210.
- Moreno, C. E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol.1. Zaragoza. Pág. 43, 44.
- Pave, P.; Marchese, M. 2005. *Invertebrados bentónicos como indicadores de calidad del agua en ríos urbanos (Paraná-Entre Ríos, Argentina)*. Asociación Argentina de Ecología. Pág. 184
- Pinilla, G. 2000. *Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia*. Editorial Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. Pág. 11
- Plan de Ordenamiento Territorial. 2004. Alcaldía Municipal de Popayán. Pág. 13, 38, 93, 98, 99, 119.
- Prat, N; Acosta, R; Ríos, B; Rieradevall, M. 2008. *Los Macroinvertebrados Como Indicadores de Calidad de las Aguas*. Pág. 2.

- Roldán, G. 1988. *Guía Para el estudio de los Macroinvertebrados Acuáticos del departamento de Antioquia*. Bogotá. Editorial Presencia.
- Roldán, G. 2003. *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col*. Primera edición. Medellín. Editorial Universidad de Antioquia. 170 p.
- Roldán, G. 2008. *Fundamentos de limnología neotropical*. 2ª edición. Medellín. Colombia: Editorial Universidad de Antioquia. Pág. 324
- TerBraak CJF. 1986. *Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis*. *Ecology*. Pág. 1167.
- Universidad de Antioquia, Universidad Nacional-Sede Medellín, CORANTIOQUIA. 2002. *Caracterización cualitativa y cuantitativa de la calidad y cantidad del recurso hídrico superficial en la Cuenca del río San Juan*. CORANTIOQUIA. Medellín.
- Zamora, H. 1990. *Efecto excluyente de la contaminación doméstica sobre los macroinvertebrados acuáticos del río Molino (Popayán) durante una década*. Popayán. Universidad del Cauca. Pág. 18,19.
- Zamora, H. 1991. *Macroinvertebrados dulceacuícolas en los diferentes pisos altitudinales del departamento del Cauca*. Popayán. Universidad del Cauca. Pág. 16-21.
- Zamora, H. 2000. *Adaptación del índice BMWP para la evaluación biológica de la calidad de las aguas epicontinentales en Colombia*. Popayán. Universidad del Cauca. Pág. 47-59.
- Zamora, H. 2005 *El índice BMWP y la evaluación biológica de la calidad del agua en los ecosistemas acuáticos epicontinentales naturales de Colombia*. Rev. De la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas ACCB. Pág. 231.

- Zamora, H. 2007. *El índice BMWP y la evaluación biológica de la calidad del agua, en los ecosistemas acuáticos epicontinentales de Colombia*. Rev. De la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas ACCB. Pág. 7-9
- Zúñiga, M.; Cardona, W. 2010. *Bioindicación Ambiental como herramienta en evaluación de calidad de agua y caudal ecológico*. Santiago de Cali. Universidad del Valle. Pág. 7.