



**Universidad
del Cauca**

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD BIOLÓGICA DE LA QUEBRADA
LA VICTORIA, CON BASE EN LA COMUNIDAD
DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS**

BIBIANA CAROLINA MUÑOZ HOYOS

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
POPAYÁN
2010**

**DETERMINACION DE LA CALIDAD BIOLÓGICA DE LA QUEBRADA
LA VICTORIA, CON BASE EN LA COMUNIDAD DE
MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS**

BIBIANA CAROLINA MUÑOZ HOYOS

Trabajo de grado para optar al título de Bióloga

Director

Mag. **HILLDIER ZAMORA GONZALEZ**

Asesor

JHAN ALEJANDRO SANDOVAL

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
POPAYÁN
2010**

Nota de aceptación

Director

 Magister: Hildier Zamora Gonzalez

Jurado

 Magda Chilito.

Jurado

 Giovanni Varona Balcazar.

Fecha de sustentación: Popayán, 8 de marzo de 2010

A mis padres: Álvaro Iván y Rocío Elena, porque sin escatimar esfuerzo alguno, han sacrificado gran parte de su vida para formarme y educarme, ya que la ilusión de su vida ha sido convertirme en persona de provecho. A ustedes nunca podré pagar todos sus desvelos ni aún con las riquezas más grandes del mundo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la vida y por acompañarme siempre en los momentos de dificultad y permitirme culminar satisfactoriamente mis estudios.

A mis padres Alvaro Iván Muñoz, Rocío Elena Hoyos, porque gracias a su amor incondicional, educación, confianza y apoyo he logrado culminar uno de los grandes anhelos de mi vida, por enseñarme que no hay límites que lo que me proponga depende de mí. A mi hermana, por compartir momentos significativos, por sus palabras de aliento y motivarme a salir adelante. Y a Rubén Darío, por creer siempre en mí, por el apoyo que me ha dado para continuar y por darme ese milagro de vida. Laura Sofía.

A la Universidad el Cauca y al departamento de biología, por la formación académica.

A mis profesores y compañeros de biología y al grupo de Recursos Hidrobiológicos Continentales con quienes compartí un valioso e interesante proceso de aprendizaje y de quienes me llevo grandes recuerdos de las clases y las salidas de campo.

A Hildier Zamora, profesor de la Universidad del Cauca, por aceptar dirigir mi trabajo de grado, por sus valiosos aportes, por la confianza depositada en mi y su paciencia.

A Jhan Alejandro Sandoval, asesor, por su colaboración, orientación, y dedicación durante el desarrollo de este proyecto. Sin tu ayuda no había sido posible.

A mis amigos Mario, Miller, Vélez, Yaliana, Angélica, Diana, Didiana por brindarme su amistad y por compartir momentos inolvidables durante esta época tan maravillosa.

A Mario Medina gracias por tu valioso tiempo dedicado a este trabajo, por ayudarme a comprender la estadística, a organizar todos los datos y por la buena disposición.

A Miller Guzmán por acompañarme en las salidas de campo y por los buenos momentos compartidos, gracias a tu sentido del humor.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	6
1. ANTECEDENTES	7
2. JUSTIFICACIÓN	10
3. OBJETIVOS	12
3.1 OBJETIVO GENERAL	12
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	12
4. MARCO TEORICO	13
4.1 CALIDAD DEL AGUA	13
4.2 CALIDAD BIOLÓGICA.....	13
4.2.1 Concepto de Calidad Biológica.....	14
4.2.2 Bioindicación	14
4.2.3 Los macroinvertebrados acuáticos epicontinentales.....	15
4.2.3. Macroinvertebrados acuáticos como Indicadores de calidad de agua.....	17
4.2.4 Índices de diversidad	17
4.2.4.1 Índice de Shannon- Weaver	18
4.2.4.2 Índice de equidad de Pielou.....	19
4.2.4.3 Coeficiente de Bray curtis	19
4.2.4.4 Índice de Monitoreo Biológico BMWP. Adaptado para ecosistemas acuáticos epicontinentales naturales de Colombia. (Zamora, 1999).....	19
4.3 CARACTERIZACION FISICO-QUIMICA HÍDRICA	23
4.3.1 Parámetros físicos	23
4.3.1.1 Temperatura.....	23
4.3.1.2 Conductividad	24
4.3.2 Parámetros químicos	24
4.3.2.1 Oxígeno disuelto	24
4.3.2.2 Gas Carbónico	24
4.3.2.3 pH.....	25

5. ZONA DE ESTUDIO	26
5.1 UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	26
5.1.1 Límites generales.....	26
5.1.2 Quebrada la victoria.....	27
5.1.3 Geología.....	29
5.1.4 Clima.....	29
6. METODOLOGÍA	31
6.1. DETERMINACION DE LAS ZONAS DE MUESTREO.....	31
6.1.2 Zona uno.....	31
6.1.3 Zona dos.....	32
6.1.4 Zona tres.....	33
6.1.5 Zona cuatro.....	33
6.1.6 Zona cinco.....	34
6.2 TOMA DE MUESTRAS Y ANÁLISIS FISCOQUIMICOS DE LA QUEBRADA LA VICTORIA.....	35
6.2.1 TOMA DE MUESTRAS Y ANÁLISIS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DE LA QUEBRADA LA VICTORIA.....	35
6.2.2 TOMA DE MUESTRAS Y ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS DE LA QUEBRADA LA VICTORIA.....	36
6.3 TRATAMIENTO DE DATOS.....	36
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
7.1 CARACTERIZACION Y ANALISIS DE MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS DE LA QUEBRADA LA VICTORIA.....	38
7.1.2 Índices de calidad biológica.....	46
7.1.2.1 Índice de Monitoreo Biológico BMWP.....	46
7.1.2.2 Índice de Shannon Weaver (H´).....	47
7.1.2.3 Índice de equidad de Pielou.....	49
7.1.2.4 Densidad.....	49
7.1.2.5 Índice de similitud de Bray Curtis.....	50
7.1.4 Relación entre el índice de diversidad Shannon Weaver y el índice de monitoreo biológico BMWP adaptado para Colombia (Zamora, 1999).....	51
7.2 CARACTERIZACION FISCOQUIMICA DE LA QUEBRADA LA VICTORIA.....	55

7.2.1 Temperatura ambiental.....	55
7.2.2 Temperatura Hídrica	56
7.2.3 Oxígeno Disuelto (O ₂).....	57
7.2.4 Gas Carbónico (CO ₂)	59
7.2.5 pH.....	60
7.2.6 Conductividad	60
7.3 RELACION DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS Y LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS HIDRICOS.....	61
8. CONCLUSIONES	64
9. RECOMENDACIONES.....	66
10. BIBLIOGRAFÍA	67
11. ANEXOS.....	72

LISTAS DE TABLAS

Tabla 1. Sistema para la determinación del Índice de Monitoreo Biológico BMWP. Adaptación para Colombia.....	21
Tabla 2. Clases, Valores y Características para aguas naturales clasificadas mediante el índice BMWP.	22
Tabla 3. Parámetros fisicoquímicos y equipos de medición correspondiente	36
Tabla 4. Macroinvertebrados más representativos para cada zona.	38
Tabla 5. Macroinvertebrados presentes en las cinco zonas de muestreo	39
Tabla 6. Calidad biológica de las zonas según BMWP	47
Tabla 7. Diversidad biológica de las cinco zonas según índice de Shannon Weaver.	48
Tabla 8. Valores de los Índices obtenidos para cada zona de muestreo.....	49
Tabla 9. Resumen del índice de similitud de Bray Curtis por zonas de muestreo.....	50
Tabla 10. Relación entre el índice de diversidad Shannon Weaver y el índice de monitoreo biológico BMWP adaptado para Colombia.	54
Tabla 11. Valores promedios de los parámetros fisicoquímicos hídricos, en la zona de muestreo.	55
Tabla 12. Post – test de Tukey para diferencias significativas entre los meses de muestreo para la temperatura hídrica.	56
Tabla 13. Post – test de Tukey para diferencias significativas entre zonas de estudio respecto al oxígeno disuelto.....	58
Tabla 14. Post – test de Tukey para diferencias significativas entre zonas de estudio y meses de muestreo respecto a la conductividad.....	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización general del estudio.....	26
Figura 2. Área de la quebrada La Victoria en el resguardo de Novirao.	28
Figura 3. Quebrada Agua Tibia. 80 metros antes de unirse con la Quebrada la Victoria.	32
Figura 4. Quebrada La Victoria. 80 metros antes de unirse con la Quebrada Agua Tibias.	32
Figura 5. Unión de las quebradas Aguas Tibias y La Victoria.	33
Figura 6. Balneario Loma Linda. Quebrada La Victoria.....	34
Figura 7. Quebrada La victoria, 100 metros antes de la desembocadura al río Cofre.....	34
Figura 8. Distribución de géneros encontrados en el estudio.....	40
Figura 9. Distribución de familias encontradas en el estudio.....	40
Figura 10. Distribución de géneros para la zona uno.	41
Figura 11. Distribución de familias para la zona uno.	41
Figura 12. Distribución de géneros para la zona dos.	42
Figura 13. Distribución de familias para la zona dos.	42
Figura 14. Distribución de géneros para la zona tres.	43
Figura 15. Distribución de familias para la zona tres.	43
Figura 16. Distribución de géneros para la zona cuatro.	44
Figura 17. Distribución de familias para la zona cuatro.	44

Figura 18. Distribución de géneros para la zona cinco.....	45
Figura 19. Distribución de familias para la zona cinco.....	45
Figura 20. Variación del índice de monitoreo biológico (BMWP), en función de las zonas de muestreos.....	47
Figura 21. Dendrograma de Bray-Curtis entre zonas de muestreo.....	51
Figura 22. Relación entre el índice de diversidad Shannon Weaver y el índice de monitoreo biológico BMWP adaptado para Colombia.	54
Figura 23. Variación de la temperatura en las zonas de muestreo.	57
Figura 24. Variación de la temperatura durante meses de muestreo.....	57
Figura 25. Variación del porcentaje de saturación de oxígeno en las zonas de muestreo.	58
Figura 26. Variación de CO ₂ en las zonas de muestreo.....	59
Figura 27. Variación del pH entre zonas de muestreo.....	60
Figura 28. Variación de la conductividad en las zonas de muestreo.....	61
Figura 29. Variación de la conductividad durante meses de muestreo.....	62

ANEXOS

Anexo A. Composición de la estructura de macroinvertebrados acuáticos y valores del índice BMWP para la zona uno .Quebrada Agua Tibia.....	73
Anexo B. Composición de la estructura de macroinvertebrados acuáticos y valores del índice BMWP para la zona dos. Quebrada La victoria.....	74
Anexo C. Composición de la estructura de macroinvertebrados acuáticos y valores del índice BMWP para la zona tres .Quebrada La victoria.....	75
Anexo D. Composición de la estructura de macroinvertebrados acuáticos y valores del índice BMWP para la zona cuatro. Quebrada La victoria.....	76
Anexo E. Composición de la estructura de macroinvertebrados acuáticos y valores del índice BMWP para la zona cinco. Quebrada La victoria.	77
Anexo F. Datos variables físicas y químicas. Promedio y desviación estándar durante el tiempo de muestreo	78
Anexo G. Precipitación Total Mensual Del Municipio De Popayán.....	79
Anexo H. Macroinvertebrados acuáticos encontrados en el estudio.....	80

INTRODUCCIÓN

Ante el progresivo interés por conocer y proteger los ecosistemas acuáticos, y también el de estudiar sus cambios en el tiempo, se ha buscado en las últimas décadas el desarrollo de criterios biológicos que permitan estimar el efecto de las intervenciones humanas en ellos.

El estudio de los macroinvertebrados acuáticos epicontinentales (MAE), comprende todos aquellos organismos que se pueden observar a simple vista, estos habitan sobre el fondo de los ríos y lagos, ó enterrados en el fango y la arena, adheridos a troncos o vegetación, nadando activamente dentro del agua o sobre la superficie (Roldán 1996), y que constituyen uno de los componentes principales de las cadenas tróficas de los ecosistemas acuáticos, que se han convertido en los indicadores biológicos de calidad de aguas más utilizados a nivel mundial. Los MAE son considerados como buenos bioindicadores de agua por ser testigos de lo que allí sucede a través del tiempo, ya que poseen numerosas ventajas respecto a otros organismos del ecosistema acuático (Rosenberg & Resh 1993), por ello, los juicios respecto a la calidad del agua realizados mediante métodos biológicos complementados con el método fisicoquímico es más confiable que el obtenido solamente con el fisicoquímico (Posada, 1999).

El presente trabajo pretende contribuir al conocimiento de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua de la quebrada “La Victoria” (sector comprendido entre la unión con la quebrada agua Tibia y su desembocadura al Río Cofre), relacionando los índices ecológicos de Shanon-Weaver (diversidad) y el índice de monitoreo biológico (BMWP). Al mismo tiempo se calcularon las concentraciones y los valores de temperatura, Oxígeno disuelto (O_2), porcentaje de oxígeno, gas carbónico (CO_2), pH, y conductividad con el fin de complementar el estudio. Los muestreos se realizaron mensualmente durante un periodo de seis meses que incluían las dos épocas climáticas.

1. ANTECEDENTES

Con respecto a la calidad biológica del agua existen variados estudios relacionados con las comunidades de macroinvertebrados acuáticos, de los cuales se pueden mencionar entre otros:

Miranda (1987), reportó que el río Piloña (Asturias – España) alberga una fauna de macroinvertebrados bentónicos equilibrada y diversa, propia de aguas limpias o con aportes orgánicos de escasa magnitud.

Riaño *et al.* (1993), Concluyeron que el régimen hidrológico, periphyton la biomasa y la perturbación por aguas residuales urbanas al parece fueron los principales factores responsables de la distribución espacial y la abundancia de comunidades de macroinvertebrados en la corriente del río Agüera (País Vasco-cantabria).

Pujante *et al.* (1995) macroinvertebrados y calidad de las aguas de los ríos próximos a la central térmica de Andorra (Teruel, España). Los resultados obtenidos les permitieron concluir que el efecto de la lluvia ácida no es el responsable directo de las agresiones que sufren algunos de los ríos estudiados (Regallo, Escuriza, Martín), sino que el detrimento de la calidad de sus aguas se debe principalmente al impacto provocado por las explotaciones mineras de la zona (especialmente el lavado de lignitos), y los vertidos de los núcleos urbanos y de granjas y campos de cultivo. Así mismo las características geoquímicas del suelo de las cuencas de recepción, ejercen una acción neutralizante, casi inmediata que mitiga la acción acidificante de dicha lluvia.

Muñoz y Arias (1994), La investigación permitió corroborar la consideración de indicadores de buena calidad del agua del Orden Ephemeroptera, puesto que los géneros colectados corresponden con los cuerpos de agua en los

diferentes grados de saprobidad en alteración moderada para el río Blanco y Palacé y alteración débil para los ríos Hondo y Molino. Popayán

Zamora, H. (1995). “Niveles de alteración de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos del río Molino por efecto de las actividades antrópicas y la contaminación doméstica”, donde se concluyó que el río Molino desde su nacimiento hasta la bocatoma, conserva en gran parte (70%) las características de un agua natural, razón por la cual es posible mejorar sus condiciones mediante un adecuado plan de reforestación y manejo de su cuenca.

Polindara y Chicangana. (1998). Contaminación del Río Timbio con base en las características fisicoquímicas y su efecto ambiental (zona urbana del municipio de Timbio). Trabajo de grado. Programa de ecología. Fundación universitaria de Popayán. Donde se concluyó que el Río Timbio desde hace 18 años presenta características fisicoquímicas y biológicas que correspondientes a una calidad de agua medianamente contaminada; estos efectos se atribuyen a la sobreexplotación de materiales de arrastre y vertimientos domésticos.

Posada *et al.* (1999). Caracterización fisicoquímica y biológica de calidad de aguas en la cuenca Piedras Blancas, Antioquia, Colombia. Departamento de Biología. Universidad de Antioquia. Medellín. El estudio realizó un mapa de calidad de agua de la cuenca Piedras Blancas; considerando criterios físicos, químicos y biológicos.

Zamora y Sarria. (2001). Calidad biológica de dos ecosistemas lóticos afectados por aguas residuales de rallanderías de yuca, mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores, comparando además la aplicación de los índices de Shannon – Weaver y BMWP. Revista Unícauca- Ciencia; 6:21-41. Concluyeron con base en el análisis biológico de los cuerpos de agua estudiados, todos los sitios de

muestreo presentan algún grado de alteración o de contaminación, que oscila entre mediana hasta contaminación de grado severo.

Campuzano, M. (2003). Calidad biológica y fisicoquímica del Río Grande en el área de influencia del Municipio de Puracé - Coconuco Departamento del Cauca. Trabajo de grado. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias Naturales Exactas y de la Educación, Universidad del Cauca. Concluyó que los procesos de alteración del río Grande, están influenciados principalmente, por las actividades antrópicas desarrolladas a lo largo del recorrido por las diferentes estaciones del muestreo.

Pino *et al.* (2003). Donde el objetivo principal era evaluar la diversidad de organismos y posteriormente, determinar la calidad del agua de la quebrada La Bendición, ubicada en el municipio de Quibdó (Chocó, Colombia), observaron que los índices ecológicos evaluados para el área de muestreo, presentaron una riqueza y una equidad alta, mientras que la dominancia presentó niveles bajos. Mediante los índices biológicos se pudo determinar que dicha microcuenca, presenta aguas de buena calidad, no contaminadas o no alteradas de modo sensible.

Almeida, Y. (2007). Evaluación del estado ambiental de la quebrada Guandibas, generado por el vertimiento de la agroindustria panelera del municipio de Consacá, departamento de Nariño. En el cual se concluyó que las zonas de muestreo en relación con el análisis biológico del agua, presentan algún grado de alteración que oscila de leve a moderada.

En cuanto a la quebrada "La victoria" no existen antecedentes de estudios que se hayan realizado respecto al tema de calidad biológica con base en macroinvertebrados, del mismo modo sucede para el río cofre que no presenta referencias bibliográficas para el tema en cuestión.

2. JUSTIFICACIÓN

En el departamento Cauca existe una gran riqueza de recursos hídricos de los cuales la mayoría presentan por lo menos una leve intervención, trayendo como consecuencia la reducción y degradación ambiental de los recursos hidrobiológicos naturales, esto prácticamente se debe a la falta de atención que le da la sociedad a las cuencas hidrográficas.

Los cuerpos de agua presentan un conjunto de características que determinan el uso que se le puede dar al líquido. En este caso es necesario resaltar que aguas arriba (Quebrada El Lecheral) el agua se emplea principalmente en el lavado de fique situación que trae consecuencias negativas en la biodiversidad del ecosistema acuático, tanto para la quebrada expuesta a esos vertimientos como para la quebrada la Victoria debido a que el contenido del jugo del fique es extremadamente tóxico en los peces y otros organismos acuáticos, además en la quebrada La Victoria el agua es utilizada para actividades de recreación que es otro de los proyectos que se están realizando en la zona, para ello se debe hacer una canalización del cauce y la construcción de una presa con el fin de retener parte del agua, incrementando de alguna manera la alteración de las tan mencionadas características, adicional a lo anterior esta quebrada aporta agua para riego de cultivos, consumo animal, y lavado de instalaciones pecuarias, aunque en menor proporción.

Es importante considerar que lo anterior se debe a que el resguardo de Novirao es una zona de predominio de parcelaciones y casas campestres debido a su relación con la vía panamericana, cabe destacar que por la construcción y por la ampliación de estas parcelaciones de recreo se siguen talando los relictos de bosques, y es poco lo que se reforesta. La unidad está articulada con Popayán y en grado mínimo con Totoró.

El desarrollo de este proyecto permitirá comprender el estado ecológico de la quebrada, teniendo en cuenta las actividades previamente señaladas, para saber si los diferentes procesos que se están llevando a cabo realmente tienen efectos en el ecosistema acuático y en el entorno en general.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la calidad biológica del agua de la quebrada La Victoria en el tramo comprendido entre la unión con la quebrada agua Tibia y su desembocadura al Río Cofre.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar la comunidad de macroinvertebrados acuáticos y su rol como organismos indicadores de la calidad biológica de la quebrada La Victoria.
- Comparar los resultados de calidad biológica obtenidos entre los índices de Shannon Weaver y BMWP adaptado para Colombia.
- Determinar las características fisicoquímicas hídricas de la quebrada La victoria, Como complemento del análisis de calidad biológica.

4. MARCO TEORICO

4.1 CALIDAD DEL AGUA

Para determinar la calidad del agua, es necesario evaluar el conjunto de características físicas, químicas y biológicas, estas últimas incluyen fauna y flora ambas en sus componentes micro y macro, junto con las condiciones climáticas, geográficas y geológicas (Zamora, 1999).

Características biológicas: comprende la composición, estructura y diversidad de las comunidades acuáticas, tanto para animales como vegetales. Entre las características físico-químicas tenemos: temperatura, oxígeno disuelto, gas carbónico, pH, conductividad, alcalinidad, fósforo, nitrógeno, amonio, turbidez, etc.

Los estudios anteriores no determinan por si solos de manera precisa la calidad que un cuerpo de agua pueda tener en un momento determinado. La combinación de los análisis es la forma ideal de evaluar el estado real de un ecosistema acuático. Sin embargo al conocer el tipo de organismos que viven en un ecosistema bajo determinadas condiciones físico-químicas y biológicas, se puede definir el impacto que los agentes externos pueden ó hayan podido causar sobre su equilibrio ecológico (Roldan, 2003).

4.2 CALIDAD BIOLÓGICA

Los seres vivos tienen unos requerimientos ecológicos, esto es, un rango de condiciones en el que pueden vivir por necesidad de determinados recursos del medio. Conociendo los requerimientos de determinado grupo de organismos vivos, su presencia y abundancia puede ser utilizada para evaluar el estado ecológico del medio en el que viven. Este conocimiento por parte del observador sobre los principales grupos de organismos

indicadores, le permitirá mediante una rápida observación, inferir posibles alteraciones que estén ocurriendo en el sistema acuático.

4.2.1 Concepto de Calidad Biológica

La calidad biológica en un ecosistema acuático, se puede determinar por la dominancia de las poblaciones de organismos adaptados, característicos, ó propios de la calidad de sus aguas, los cuales utilizamos como bioindicadores bien sea cualitativamente ó cuantitativamente, según el índice que se aplique (Zamora, 1999).

4.2.2 Bioindicación

Se considera que un organismo es indicador de calidad de agua, cuando este se encuentra invariablemente en un ecosistema de características definidas y cuando su abundancia es superior ó por lo menos similar al resto de los organismos con los cuales comparte el mismo hábitat (Roldan, 2003).

En relación con los efectos de la contaminación, un organismo indicador es una especie seleccionada por su sensibilidad (sí se trata de ecosistemas prístinos) ó tolerancia (sí se trata de ecosistemas alterados) a los diversos tipos de alteración y sus efectos, en el ecosistema (Washington, 1984).

Un contaminante ó cualquier otro evento particular que perturbe las condiciones iniciales de un ecosistema acuático provocará una serie de cambios en los organismos, cuya magnitud dependerá del tiempo que dure la perturbación, su intensidad y su naturaleza (Pinilla, 1998).

4.2.3 Los macroinvertebrados acuáticos epicontinentales

Los macroinvertebrados acuáticos epicontinentales (MAE) comprenden todos aquellos organismos que se pueden observar a simple vista, generalmente su tamaño es mayor de 0.5mm. Dentro de estos se encuentran los poríferos, hidozoos, turbelarios, oligoquetos, hirudíneos, insectos, arácnidos, crustáceos, gastrópodos, y bivalvos; además viven sobre el fondo de lagos y ríos, adheridos a sustratos como rocas, plantas acuáticas, enterrados en el sustrato y algunos nadan libremente (Roldan, 1992).

Las razones por las cuales las comunidades de macroinvertebrados acuáticos, son los organismos que han sido utilizados con mayor frecuencia en los estudios relacionados con la contaminación de los ríos, como indicador de las condiciones ecológicas o de la calidad de las aguas, son las siguientes: (Roldan, 1992)

- **Por su tamaño relativamente grande:** la captura en campo se realiza a simple vista, así mismo el trabajo de identificación en el laboratorio.
- **Su colección es relativamente fácil** existen técnicas estandarizadas, requieren poco personal y equipos de bajo costo para la toma de muestras, son suficientes mallas de fácil construcción a partir de materiales muy económicos.
- **Son organismos sedentarios**, ya que debido a su escasa capacidad de movimiento, están directamente afectados por las sustancias vertidas en las aguas; convirtiéndolos en buenos indicadores de impactos localizados.
- **Ciclo de vida comparativamente largo**, los macroinvertebrados pueden mostrar los efectos acontecidos por periodos largos de tiempo anteriores

a la fecha de muestreo y los efectos acumulativos de contaminantes leves, lo cual no es posible con los análisis fisicoquímicos.

- **El número de organismos requeridos para el estudio rutinario es relativamente bajo**, por lo cual los muestreos causan poco daño a la comunidad residente.
- **Reflejan las alteraciones en corto tiempo.** Especialmente los organismos estenotópicos o esteno, lo cual se manifiesta y detecta fácilmente en la magnitud y estructura de la comunidad.
- **Alta diversidad.** Debido a la alta diversidad en las aguas del neotrópico, existe una amplia gama de poblaciones que presentan en cada caso, variados grados de tolerancia frente a los diferentes niveles y parámetros de alteración. Entonces existen organismos estenotópicos muy sensibles o intolerantes a los cambios fisicoquímicos y por ello mismo, muy buenos indicadores de la calidad de las aguas, ya sean estas de buena o mala calidad según el caso, y organismos euritópicos que si bien es cierto no son buenos indicadores de calidad, si nos permiten realizar un completo análisis de la estructura de la comunidad, para de esta forma determinar la calidad biológica correcta.
- **Amplia distribución.** Lo cual permite la utilización del análisis biológico, de los ecosistemas acuáticos epicontinentales en la mayoría de las regiones del mundo.

El principio básico del uso de macroinvertebrados en el monitoreo de ambientes acuáticos es que algunos organismos son más tolerantes que otros a la contaminación y/o a la degradación de hábitats.

4.2.3. Macroinvertebrados acuáticos como Indicadores de calidad de agua

Según Murgel, (1984) “una especie indicadora es la que ocupa un nicho inalterado o un nicho creado por la perturbación ambiental” es decir que no todos los organismos se adaptan a diferentes lugares, hay individuos que se encuentran en ciertos ambientes pero que cualquier alteración del medio los hace reducir en número hasta desaparecerlos, experimentando entonces un cambio en la estructura de la comunidad, por ejemplo en aguas de buena calidad es normal encontrar grupo de Plecópteros, Ephemeropteros, Trichópteros, Odonatos, Neurópteros y algunos Coleópteros; en aguas alteradas muy posiblemente se encontraran grupos de algunos Dípteros, hirudíneos, Oligoquetos y algunos Gastrópodos; la proporción en que se encuentran estos individuos en la comunidad determinan la calidad del agua.

No es la presencia de un solo individuo, sino la proporción en que este se encuentre representado en la comunidad, lo que tiene valor en la calidad de agua.

4.2.4 Índices de diversidad

Miden la complejidad de una comunidad en términos de mayor a menor cantidad de especies y de la abundancia relativa de los organismos de cada una de ellas.

Los índices bióticos están basados en la ordenación y ponderación de las especies de macroinvertebrados presentes en las aguas según su tolerancia a la contaminación orgánica (Moreno, 2001).

4.2.4.1 Índice de Shannon- Weaver

Es una de las expresiones matemáticas que se utilizan para calcular estimaciones de diversidad en un ecosistema. Este índice expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra, es una medida de la complejidad de la comunidad en términos de mayor a menor cantidad de poblaciones (especies), y de la abundancia relativa (densidad) de los organismos de cada una de ellas (Roldan 1992).

La formula de Shannon-Weaver es la expresión que ofrece más ventajas para análisis ecológicos.

$$\text{Shannon-Weaver: } H' = \sum[(ni/N) \ln(ni/N)]$$

Donde:

H' = Índice de diversidad

ni = Número de organismos de cada género.

N = Número total de organismos colectados.

ln = Logaritmo natural.

El índice de diversidad oscila entre 0.0 y 5.0 y se interpreta de la siguiente manera:

0.0 – 1.5	Baja diversidad	Alta contaminación
1.6 – 3.0	Mediana diversidad	Mediana contaminación
3.1 – 5.0	Alta diversidad	Baja contaminación

Cabe aclarar que al aplicar este índice, una baja diversidad no siempre es indicadora de contaminación, ya que en algunos casos la baja diversidad está determinada por la carencia de nutrientes en el cuerpo de agua, más no porque exista algún tipo de alteración de origen antrópico. Por lo anterior es importante tener en cuenta otros parámetros al momento de realizar análisis de este tipo.

4.2.4.2 Índice de equidad de Pielou

Para medir la proporción de la diversidad observada en cada zona con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran 1988). El cálculo se efectuó según la siguiente expresión:

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

Donde: $H'_{max} = \ln(S)$ y

H' = medida logarítmica de la diversidad.

4.2.4.3 Coeficiente de Bray curtis

El índice de Bray-Curtis es una medida de similitud que enfatiza la importancia de las especies que se tienen en común entre los sitios de muestreo (Pielou, 1984).

4.2.4.4 Índice de Monitoreo Biológico BMWP. Adaptado para ecosistemas acuáticos epicontinentales naturales de Colombia. (Zamora, 1999)

Consiste en la ordenación de los macroinvertebrados acuáticos al nivel taxonómico de familia en diez grupos, según una escala de mayor a menor tolerancia a las alteraciones de las condiciones normales naturales de los cuerpos de agua. Una vez realizado el inventario se asigna el puntaje correspondiente en una primera tabla y mediante la sumatoria se obtiene el valor del índice BMWP.

El valor del índice BMWP obtenido en la tabla 1. Se ubica en su respectivo rango en la tabla 2. De esta manera se obtienen juicios sobre la calidad y

cartografía correspondientes, Los límites entre las categorías no deben ser estrictos, por que necesariamente se presentan situaciones de transición, para ellas, se han considerado entonces con cinco (5) unidades por exceso o por defecto entre los límites establecidos en la tabla 2. En relación con los colores, también se deben considerar dichas transiciones y se representan alternando los colores correspondientes de los rangos plenos.

Tabla 1. Sistema para la determinación del Índice de Monitoreo Biológico BMWP. Adaptación para Colombia.

Ordenes	Familias	Puntaje
Plecóptera Ephemeroptera Trichoptera Coleóptera Odonata Diptera Unionoidea Acari Hidroidea	Perlidae Oligoneuridae, Euthyplociidae, Polymtarcyidae. Odontoceridae, Glossosomatidae, Rhyacophilidae, Calamoceratidae, Hydroptilidae, Anomalopsychidae, Atriplectididae.. Psephenidae, Ptilodactylidae, Lampyridae. Polythoridae. Blepharoceridae. Unionidae. (Cl: Bivalvia o Pelecypoda) Lymnessiidae. (Cl: Arachnoidea o Hidracarina). Hidridae. (Cl: Hydrozoa)	10
Ephemeroptera Trichoptera Coleoptera Odonata Diptera Gordioidae Lepidoptera Mesogastropoda Hirudiniformes	Leptophlebiidae, Efemeridae. Hydrobiosidae, Philopotamidae, Xiphocentronidae. Gyrinidae. Scirtidae. Gomphidae, Megapodagrionidae, Coenagrionidae.. Simullidae. Gordiidae, Chordodidae. (Cl: Nematomorpha) Pyralidae Ampullariidae. (Cl: Gastrópoda). Hirudinae. (Cl: Hirudinea)	9
Ephemeroptera Trichoptera Coleoptera Odonata Hemiptera Diptera Decápoda Basommatophora	Baetidae, Caenidae, Hydropsychidae, Leptoceridae, Helicopsychidae. Dytiscidae, Dryopidae. Lestidae, Calopterygidae. Pleidae. Saldidae, Guerridae, Veliidae, Hebridae Dixidae. Palaemonidae, Pseudothelphusidae. (Cl Crustácea) Chilinnidae. (Cl: Gastrópoda)	8
Ephemeroptera Trichoptera Coleoptera Odonata Hemiptera Diptera Basommatophora Mesogastropoda Archeogastrópoda	Tricorythidae, Leptohiphidae. Polycentropodidae. Elmidae, Staphylinidae Aeshnidae. Naucoridae, Notonectidae, Mesoveliidae, Corixidae. Psychodidae Ancylidae, Planorbidae. (Cl: Gastrópoda) Melaniidae, Hydrobiidae, (Cl: Gastrópoda) Neritidae.. (Cl: Gastrópoda)+	7
Coleoptera Odonata Hemiptera Diptera Megalóptera Decapoda Anphipoda Tricladida	Limnichidae, Lutrochidae. Libellulidae, Belostomatidae, Hydrometridae, Gelastocoridae, Nepidae, Dolichopodidae. Corydalidae, Sialidae.. Atyidae. . (Cl Crustácea) Hyalellidae. . (Cl Crustácea) Planariidae, Dugesiidae..	6

Ordenes	Familias	Puntaje
<i>Coleóptera</i> <i>Diptera</i> <i>Basommatophora</i>	Chrysomelidae, Haliplidae, Curculiónidae. Tabanidae, Stratiomyidae, Empididae. Thiaridae. (Cl: Gastrópoda)	5
<i>Coleoptera</i> <i>Diptera</i> <i>Basommatophora</i>	Hidrophilidae, Noteridae, Hydraenidae, Noteridae. Tipulidae, Ceratopogonidae. Limnaeidae, Sphaeridae.. (Cl: Gastrópoda).	4
<i>Diptera</i> <i>Basommatophora</i>	Culícidae, Muscidae, Sciomizidae. Physidae. (Cl: Gastrópoda).	3
<i>Diptera</i> <i>Haplotaquída</i>	Chironomidae, Ephydriidae, Syrphidae Todas las familias (Excepto tubifex)	2
<i>Haplotaquída</i>	Tubífidae (Tubifex)	1

Tabla 2. Clases, Valores y Características para aguas naturales clasificadas mediante el índice BMWP.

Clase	Rango	Calidad	Características	Color
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	Critica	Aguas Muy contaminadas	Naranja 
VI	≤ 15	Muy critica	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo 

Fuente: Zamora H. Adaptación del Índice BMWP para Colombia, 1999.

4.3 CARACTERIZACION FISICO-QUIMICA HÍDRICA

Los parámetros físico-químicos hídricos demuestran cambios en el agua en función de pisos altitudinales, zonas fitogeográficas, dinámica del cuerpo de agua, que condicionan la adaptación y distribución de la biota acuática en general. Asimismo, este análisis permite un enfoque preliminar preciso sobre las condiciones del ecosistema acuático (Vázquez, G. 2001).

Desde el punto de vista limnológico, los principales parámetros físico-químicos son: temperatura del agua, pH, oxígeno disuelto, % de saturación de oxígeno, dióxido de carbono, conductividad, entre otros, estos parámetros adquieren especial interés, fundamentalmente en el análisis integrado permitiendo una visión preliminar concreta sobre la calidad del agua y las condiciones del ecosistema acuático en un momento dado.

4.3.1 Parámetros físicos

4.3.1.1 Temperatura: La temperatura se deriva directamente de la radiación solar, juega un papel fundamental en la regulación de numerosos procesos físicos, químicos, y biológicos que se llevan cabo en los ecosistemas acuáticos (Roldan, 1992).

Es importante considerar este parámetro puesto que él incide en: la densidad del agua, solubilidad de los gases, reacciones químicas tanto en la columna de agua como en el sustrato y en procesos biológicos tales como: Niveles trofodinámicos de la biota acuática, tasas metabólicas, procesos de maduración gonádica, procesos de degradación de materia orgánica, entre otras (Vázquez, 2001).

Es necesario correlacionar la temperatura ambiental con la del agua con el fin de obtener información sobre el microclima.

4.3.1.2 Conductividad: Sirve para medir la cantidad total de iones en aguas naturales y por lo tanto se correlacionan con los sólidos disueltos totales y con la salinidad, también se conoce como la capacidad de una sustancia para conducir una corriente eléctrica. Es una medida de la resistencia de una solución de flujo eléctrico, la resistencia disminuye el contenido de sales, y por consiguiente aumenta la conductividad. Los valores varían según el equipo que se use puede expresarse en Ohm/cm; $\mu\text{mhos/cm}$; $\mu\text{S/cm}$. Por medio de este parámetro se tiene una idea más clara acerca del funcionamiento del ecosistema acuático. (Roldan 1992)

4.3.2 Parámetros químicos

4.3.2.1 Oxígeno disuelto: Es uno de los gases primordiales en la dinámica de los sistemas acuáticos. El oxígeno llega al agua por difusión de la atmósfera o por fotosíntesis, esta última juega un papel fundamental en sistemas lénticos; la difusión del oxígeno en un ecosistema acuático se lleva a cabo por medio de la circulación y los movimientos del agua provocados por la densidad de las capas de agua ó por los vientos. (Roldan, 1992)

El oxígeno disuelto en el agua, se puede determinar mediante métodos estándar, como Winkler modificado ó con reactivos analíticos colorimétricos, pero también existen instrumentos electrónicos digitalizados, como los oxígenómetros u oxímetros, los cuales brindan una información precisa en mg/L.

4.3.2.2 Gas Carbónico: El segundo gas importante presente en el agua. Las fuentes de este gas en el ecosistema acuático son respiración tanto animal como vegetal (en ausencia de la luz), procesos de degradación de materia orgánica, agua lluvia y en general reacciones químicas que se manifiestan tanto en la columna como en el sustrato (Vásquez, 2001).

El dióxido de carbono en el agua cumple dos labores esenciales, una de ellas es la actividad buffer en el agua, que permite que no se presenten cambios

bruscos de pH en el agua y la segunda posiblemente la más importante, constituye la materia prima de la fotosíntesis y en especial el carbono elemento básico para la constitución de la materia orgánica (Roldan, 1992).

Tradicionalmente, la medición del dióxido de carbono se ha hecho por el método de fenolftaleína. Este método consiste en tomar una cantidad determinada de agua (50 ml) y agregar tres ó cuatro gotas de fenolftaleína (indicador); si la muestra se torna rosada es porque no hay CO₂ libre, si permanece incolora se titula con Hidróxido de sodio (NAOH, 0.025N) hasta obtener un color rosado.

4.3.2.3 pH: Según Roldan, pH se define como el “potencial de hidrogeniones (H⁺)” e indica la concentración de estos iones en el agua. El pH se define como el logaritmo negativo de la concentración de los hidrogeniones en moles por litro.

Los valores de pH varían en función de, estado trófico del sistema, concentración de gas carbónico presencia de iones que determinan la alcalinidad (HCO₃⁻; SO₄⁻; PO₄⁻, etc.); Acidez mineral; factores edáficos, presencia de ácidos orgánicos (ácidos húmicos); columna de agua (Vásquez, 2001).

5. ZONA DE ESTUDIO

5.1 UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.

MUNICIPIO DE TOTORÓ

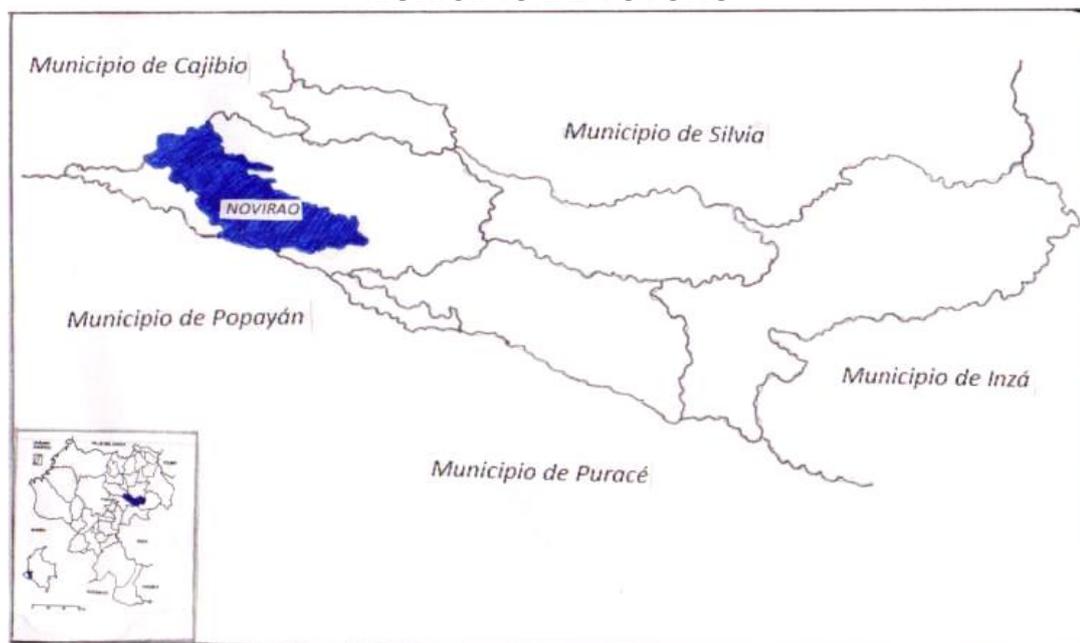


Figura 1. Localización general del estudio.

5.1.1 Límites generales: El resguardo indígena de Novirao se encuentra ubicado al norte de la ciudad de Popayán, en el kilómetro siete de la vía que de esta ciudad conduce a Cali (**Figura 1**). Sus coordenadas geográficas en sus puntos extremos son: latitud norte $2^{\circ} 33,7' 47''$ y $76^{\circ} 32' 30,9''$; al norte este resguardo limita con el río Cofre al oriente limita con el resguardo de Paniquita, al sur con la vía que de Popayán conduce al municipio de Totoró, y al Occidente con las quebradas la Perezosa y La Victoria. El resguardo de novirao colinda además, con las veredas de Santa Ana, bajo Palacé y Florencia, todas comunidades mestizas. Se encuentra bañado por una serie de quebradas que desembocan en los ríos Cofre y Palacé, los cuales hacen parte de la cuenca hidrográfica del Alto Cauca. El paisaje de Novirao dominan las colinas localizadas en altitudes mayores a los 1700 msnm y menores de 2200 msnm la superficie de este territorio, está compuesta de

suelos muy profundos derivados de ceniza volcánica, con una capa orgánica de escasa profundidad. (Londoño, 2000).

Novirao tiene una extensión de 1321 hectáreas y está dividido en los predios de El Retiro, Belén; Novirao; yuquilandia I y yuquilandia II.

5.1.2 Quebrada la victoria: La quebrada La Victoria se encuentra ubicada en el corregimiento de Novirao, Municipio de Totoró, Departamento del Cauca. Nace en el corregimiento de Paniquita en el sitio de unión con la quebrada El Lecheral. Atraviesa los corregimientos de Paniquita, Novirao y Florencia, y esta a su vez desemboca en el Río Cofre. La cuenca posee un área de 215.9 hectáreas y una longitud de 15.10 Km. **(Figura 2)**

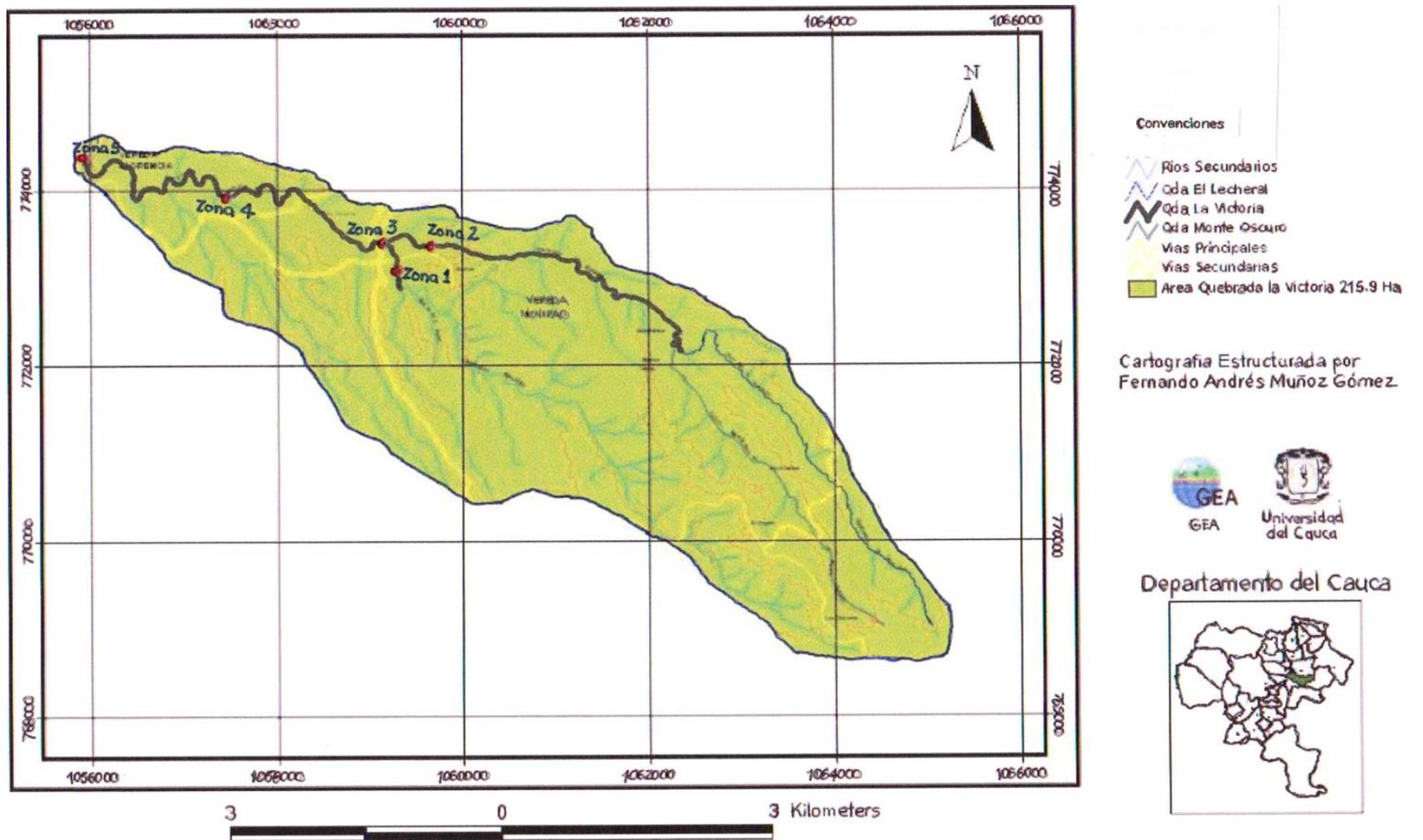


Figura 2. Área de la quebrada La Victoria en el resguardo de Novirao.

5.1.3 Geología: En términos generales los materiales involucrados en la configuración de esta unidad son rocas ígneas y metamórficas. (IGAG 1982) Se caracteriza por tener suelos bien drenados, texturas medianas a finas, formados por cenizas volcánicas derivados de esquistos, andesitas y diabasas, muy profundos, ácidos y ricos en materia orgánica con bajos contenidos de fósforo aprovechable y bases. Con pendientes entre 25 y 75%, el cual ha sido afectado por fenómenos de remoción en masa ligera, moderada y severa. Las limitaciones más importantes que presentan estos suelos para su uso y manejo son: pendientes fuertes, relieve irregular, baja fertilidad y saturación de aluminio en algunos sectores. (P.O.T. 2002)

En la actualidad estas zonas son usadas para ganadería extensiva, cultivos de subsistencia: (maíz, café, yuca plátano, y frutales) y algunos cultivos de fique; también predomina la vegetación natural (Aliso, encenillo, nacedero etc). El uso del suelo agropecuario se hace mediante agricultura tradicional con técnicas de conservación de los suelos como: barreras vivas, siembra con curvas a nivel, implementación de sistemas agroforestales, silvopastoriles, agricultura biológica, etc.

En general los suelos son aptos para implementar zonas de preservación y conservación activa, manejo ecoturístico, recreación e investigación.

5.1.4 Clima: Este territorio posee un clima húmedo con una temperatura que fluctúa entre los 17°C y los 24°C, y la zona de vida predominante es de bosque muy húmedo premontano; el periodo de precipitación es de unos 2100 mm/año y la evaporación media es de 1100 mm (C.R.C, consorcio IRH, Hidroceron, 2002); se presenta un régimen de lluvias bimodal bien definido. La primera temporada lluviosa del año comprende los meses de Marzo, Abril y Mayo, y la segunda va desde Septiembre hasta mediados de Diciembre, siendo Noviembre el mes de más altas precipitaciones durante el año; en el intermedio de las dos temporadas lluviosas se presentan dos temporadas secas, que van de mediados de Diciembre a

Febrero la primera y de Junio a Agosto la segunda, siendo esta ultima la más seca del año y junio el mes con menores volúmenes de precipitación. (IDEAM, 1999)

6. METODOLOGÍA

Este trabajo se desarrolló dentro del contexto de una investigación Descriptiva - explicativa, se llevo a cabo durante un tiempo de seis meses (Junio a Noviembre 2007) permitiendo obtener información del estado actual de la quebrada La Victoria. Según el IDEAM (1999) los periodos de lluvia o invierno se presentan en los meses de Marzo, Abril, Mayo Septiembre, Octubre, noviembre y mediados de Diciembre y los meses con tendencia seca o verano son, mediados de Diciembre, Enero, Febrero, Junio, Julio y Agosto. Con relación a estos datos, se tomaron tres muestreos en el período de sequia y tres en el período de lluvia. **(Anexo G.)**

6.1. DETERMINACION DE LAS ZONAS DE MUESTREO

Para realizar el estudio, Inicialmente se realizó un reconocimiento del área de muestreo, con el fin de determinar la distribución y ubicación de las zonas a evaluar, tomando como criterio los sitios de impactos habituales, uso del territorio y las principales actividades económicas de la zona.

La fase de trabajo de campo estableció seis (6) muestreos que se realizaron una vez por mes tanto para macroinvertebrados acuáticos como para los parámetros físico-químicos hídricos, El área de estudio comprende una longitud de 5.73 km, donde se delimitaron cinco zonas **(Figura. 2)** que se describen a continuación:

6.1.2 Zona uno: Quebrada “Aguas Tibias” Localizada a 80 metros antes del sitio de unión con la quebrada La Victoria, a los 1801 msnm, latitud 02° 32' 10"N y longitud 076° 32' 00" W **(Figura 3)**.



Figura 3. Quebrada Agua Tibia. 80 metros antes de unirse con la Quebrada la Victoria.

6.1.3 Zona dos: Quebrada “La victoria” localizada a 80 metros antes del sitio de unión con la quebrada Aguas tibias, a los 1803 msnm. Latitud 02° 32’ 18”N y longitud 076° 32’ 01” W, Esta zona está influenciada por el lavado de fique que se realiza aguas arriba en el resguardo de paniquita en la quebrada el Lecheral (**Figura 4**).



Figura 4. Quebrada La Victoria. 80 metros antes de unirse con la Quebrada Agua Tibias.

6.1.4 Zona tres: A 80 metros del sitio de unión de las quebradas Aguas Tibias y “La Victoria”, representa un punto de comparación entre las dos quebradas, teniendo en cuenta que la quebrada “Agua tibia” no presenta una intervención importante de carácter antrópico. Localizada a los 1795 msnm Latitud 02° 32’ 18’’N y longitud 076° 32’ 03’’ W (**Figura 5**).



Figura 5. Unión de las quebradas Aguas Tibias y La Victoria.

6.1.5 Zona cuatro: Finca Loma Linda (Sede Ecológica del instituto académico artístico del Cauca INCA). En este sitio se desarrollan actividades de recreo que alteran la condición natural, la dinámica y el equilibrio del ecosistema acuático (piscicultura, balneario), presenta escasa vegetación lo cual incide en la ocurrencia de frecuentes deslizamientos (**Figura 6**).



Figura 6. Balneario Loma Linda. Quebrada La Victoria.

6.1.6 Zona cinco: Vertimiento de sus aguas al Río cofre. Localizada a 1752 msnm Latitud $02^{\circ} 33' 10''N$ y longitud $076^{\circ} 33' 53'' W$ se tomo dentro del estudio para evidenciar como la quebrada aporta sus aguas al rio cofre **(Figura 7)**.



Figura 7. Quebrada La victoria, 100 metros antes de la desembocadura al río Cofre.

6.2 TOMA DE MUESTRAS Y ANALISIS FISICOQUIMICOS DE LA QUEBRADA LA VICTORIA

La caracterización de la quebrada se llevo a cabo mediante la utilización de análisis biológicos del agua (macroinvertebrados) y algunos parámetros físicos y químicos, durante seis meses (Junio a noviembre), con la intención de obtener resultados que revelen el estado de la quebrada en cada una de sus zonas.

6.2.1 TOMA DE MUESTRAS Y ANÁLISIS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DE LA QUEBRADA LA VICTORIA

La captura de macroinvertebrados se realizó mediante el método de recolección cualitativo, que consiste en una red de mano, pantalla o de bentos de más o menos 1m² con un ojo de malla de 500 µm aproximadamente. La red está sujeta a dos mangos de madera, una persona se coloca en contra de la corriente y sostiene la red con ambas manos, mientras la otra, colocada en dirección de la corriente, remueve el fondo. El material removido al flotar es conducido por la corriente acumulándose en la red, este procedimiento se repite por lo menos tres veces ó hasta que se halla cubierto unos 6m² aproximadamente, luego los ejemplares capturados se preservan en alcohol al 70% en frascos plásticos de boca ancha y posteriormente se llevan al laboratorio para su identificación por medio de la guía taxonómica (Roldan, 1996).

Los datos obtenidos se utilizaron para hacer un análisis integral de cada una de las zonas de muestreo, con base al índice de Shannon Weaver, utilizado para calcular la diversidad del ecosistema, índice de equidad de Pielou para calcular la distribución de los individuos en las diversas especies presentes, se empleo el análisis de similitud por agrupamientos (clusters) de Bray-Curtis con el programa BioDiversity Pro 2.0, para comparar las especies que se tienen en común entre las zonas de muestreo y finalmente se utilizó el índice de monitoreo biológico BMWP para determinar la calidad biológica del agua.

6.2.2 TOMA DE MUESTRAS Y ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE LA QUEBRADA LA VICTORIA

Los datos de los parámetros físico-químicos se tomaron directamente en la quebrada. La tabla.3 relaciona los parámetros físicoquímicos que se estimaron en este estudio y los equipos de medición correspondientes

Tabla 3. Parámetros físicoquímicos y equipos de medición correspondiente

Parámetro	Equipo de medición
Temperatura hídrica (Tº)	Teletermómetro YSI
Oxígeno disuelto (O ₂ D)	Método Standard Winkler
% de saturación de oxígeno	Calculo: valor de OD, la temperatura del agua y la altura sobre el nivel del mar
dióxido de carbono (CO ₂)	Kit de análisis Aquamerck 50 test
pH (Unidades)	Kit indicador de pH
Conductividad (µMhos/cm)	Conductímetro YSI

Fuente: Propia.

6.3 TRATAMIENTO DE DATOS

Para establecer si existían diferencias significativas respecto a los meses de muestreo, épocas climáticas y zonas de estudio, en las variables dependientes como: macroinvertebrados acuáticos, se verificaron primero los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas a través del test de Shapiro–Wilks respectivamente. Para los casos de la conductividad e índice de Shannon Weaver fue posible aplicar análisis de varianza (ANOVA) paramétrico, en los demás casos no fue posible ajustar los datos aun habiendo aplicado transformaciones, por lo que fue necesario aplicar el contraste no paramétrico ANOVA de Kruskal – Wallis y el post test de Tukey (Zar, 1999). Las variables físico-químicas del agua fueron comparadas entre meses de muestreo, épocas climáticas y zonas de estudio, utilizando ANOVA de Kruskal – Wallis y el post – test de Tukey. El grado de

dependencia entre variables bióticas y las físico-químicas se determinó a través de un modelo de regresión y correlación lineal simple; algunas variables fueron transformadas usando raíz cuadrada (Guisande et al., 2005). Para estos análisis estadísticos se usaron los programas STATISTICA v 7.0 y SPSS12.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 CARACTERIZACION Y ANALISIS DE MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS DE LA QUEBRADA LA VICTORIA

Tabla 4. Macroinvertebrados más representativos para cada zona.

Zonas	Ubicación	% de individuos por zonas	% de géneros más representativos	
Zona 1	Quebrada Aguas Tibias (80m. antes del sitio de unión)	1.485 (16,6%)	<i>Leptonema</i>	16%
			<i>Anacroneuria</i>	15%
			<i>Smicridia</i>	13%
			<i>Leptohyphes</i>	6%
Zona 2	Quebrada la victoria (80m. antes del sitio de unión)	1.536 (17,1%)	<i>Smicridia</i>	17%
			<i>Leptonema</i>	13%
			<i>Heterelmis</i>	7%
			<i>Anacroneuria</i>	7%
Zona 3	Sitio de unión (Q. Agua tibia y La Victoria)	1.706 (19,0%)	<i>Leptonema</i>	24%
			<i>Smicridia</i>	14%
			<i>Leptohyphes</i>	10%
			<i>Heterelmis</i>	7%
Zona 4	Balneario	1.782 (19,9%)	<i>Chironomus</i>	12%
			<i>Heterelmis</i>	11%
			<i>Tricorythodes</i>	10%
			<i>Macrelmis</i>	8%
Zona 5	Desembocadura al río Cofre	2.454 (27,4%)	<i>Physa</i>	16%
			<i>Chironomus</i>	12%
			<i>Cyloepus</i>	12%
			<i>Tricorythodes</i>	11%

El número total de individuos colectados para las cinco zonas fue 8.963 individuos, distribuidos en 13 órdenes, 30 familias y 42 géneros (**Tabla 5**).

Tabla 5. Macroinvertebrados presentes en las cinco zonas de muestreo

PHILUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Total individuos	Abundancia porcentual	
ARTROPODA	INSECTA	Odonata	Libellulidae	Traema	6		13			19	0,21	
				Brechmorhoga	20	23	18	31		92	1,03	
				Pantala	5					5	0,06	
			Aeshnidae	Aeshna	10					10	0,11	
			Calopterygidae	Hetaerina	65	41	54	59	38	257	2,87	
			Coenagrionidae	Acantagrion		43				43	0,48	
		Hemiptera	Naucoridae	Heleocoris	22	69				91	1,02	
				Cryphocricos	30	39	21	67	36	193	2,15	
				Ambrysus	24	20	21	31	31	127	1,42	
		Ephemeroptera	Tricorythidae	Trycorythodes				186	276	462	5,15	
				Leptohyphes	87	74	165	132	50	508	5,67	
			Baetidae	Baetodes	41	43	43	23	35	185	2,06	
				Baetis	63	50	83	29		225	2,51	
			Leptophlebiidae	Thraulodes	50	74	41	41	34	240	2,68	
				Terpides	62	81	25	21	30	219	2,44	
		Neuroptera	Coridalidae	Corydalus	25	70	39	69	68	271	3,02	
		Coleoptera	Elmidae	Cylloepus	33	48	61	100	290	532	5,94	
				Macrelmis				139	236	375	4,18	
				Heterelmis	75	113	114	197	103	602	6,72	
			Ptilodactylidae	Anchytarsus	57	35	77			169	1,89	
		Psephenidae	Psephenos	31	52	32			115	1,28		
		Plecoptera	Perlidae	Anacroneuria	219	110	61	36		426	4,75	
		Diptera	Tipulidae	Hexatoma	14		19			33	0,37	
				Tipula				62	86	148	1,65	
			Blepharoceridae	Limonicola	5					5	0,06	
			Empididae	Hemerodronia	1					1	0,01	
			Tabanidae	Chrysops		14				14	0,16	
			Chironomidae	Chironomus				218	306	524	5,85	
			Simuliidae	Simulium					62	62	0,69	
			Trichoptera	Hydropsychidae	Smicridia	188	260	248	83	77	856	9,55
		Leptonema			237	193	418	69	73	990	11,05	
		Leptoceridae		Grumichella	48					48	0,54	
				Nectopsyche	24		45		34	103	1,15	
		Glossosomatidae		Mortoniella	43	51	58			152	1,70	
		Hydrobiosidae		Atopsyche				48		48	0,54	
		Helicopsychidae	Helicopsyche					37	37	0,41		
		Lepidoptera	Pyalidae	Sin determinar		33				33	0,37	
		Arachnoidea	Acari	NN			50			50	0,56	
		MOLLUSCA	GASTROPODA	Basommatophora	Physidae	Physa			91	386	477	5,32
					Limnaeidae	Lymnaea			16	48	64	0,71
		ANNELIDA	OLIGOCHAETA	Haplotaxida	NN	NN			34	7	41	0,46
PLATHELMINTHES	TURBELLARIA	Tricladida	Planaridae	Dugesia					111	111	1,24	
4	4	13	30	42								
					N	1485	1536	1706	1782	2454	8963	100,00

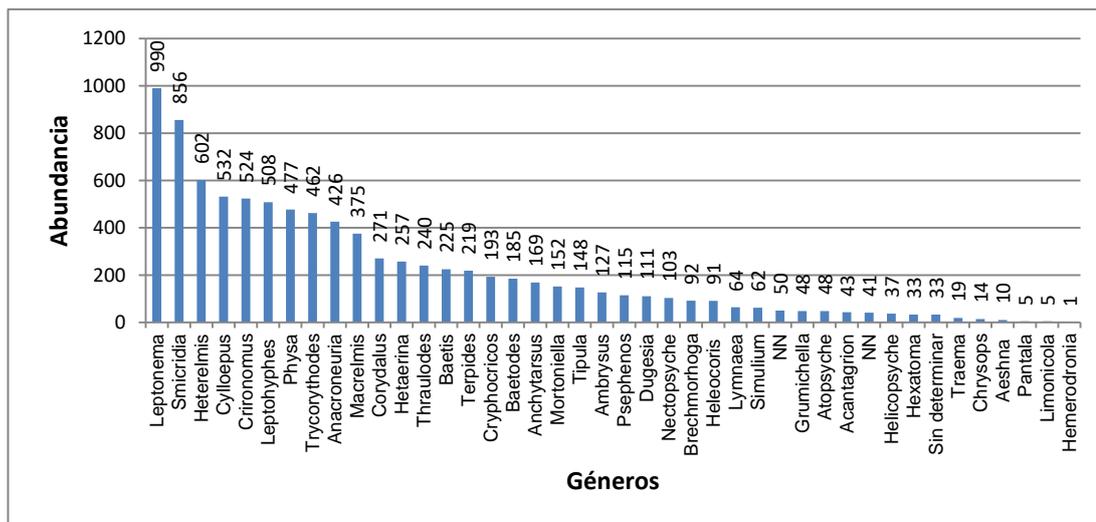


Figura 8. Distribución de géneros encontrados en el estudio.

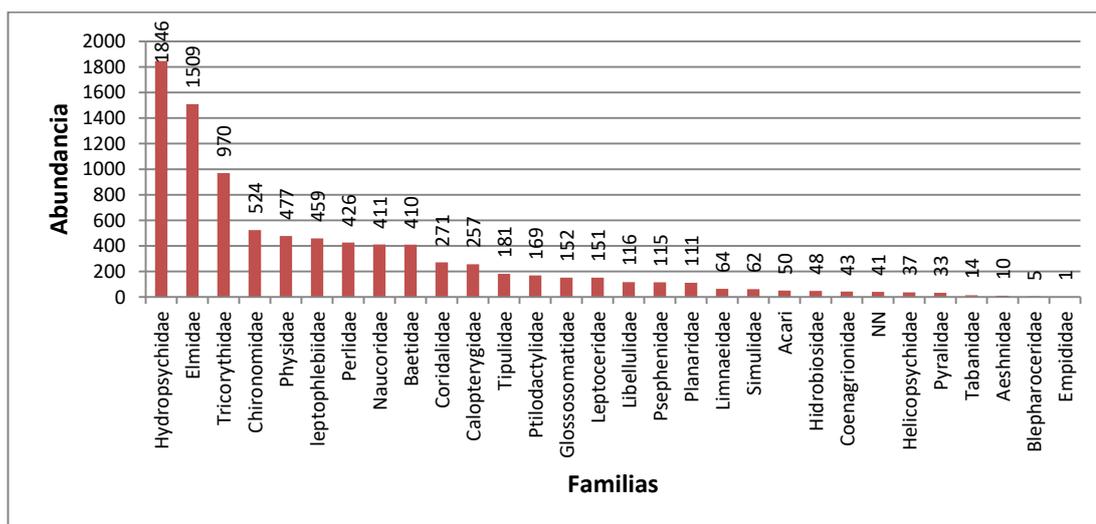


Figura 9. Distribución de familias encontradas en el estudio.

Como puede observarse en estos resultados, las familias con mayor abundancia de organismos son *Hydropsychidae*, *Elmidae*, *Tricorythidae* y *Chironomidae*. La zona cinco reportó el mayor número de individuos colectados 2.454 (27,44%), mientras que las demás zonas manifestaron uniformidad, posiblemente esto se deba a que las cuatro primeras zonas están muy próximas entre sí (**Tabla 4**).

Zona uno. (Quebrada Aguas Tibias), para esta zona se colectaron 1485 individuos, pertenecientes a 27 géneros, agrupados en 18 familias y 8 órdenes (**Anexo A**), la distribución de la comunidad está dominada por los géneros *Leptonema*, *Anacroneuria*, *Smicridia* y *Leptohyphes* respectivamente (**Tabla 4**) (**Figura 10**), los cuales indican una buena calidad ecológica de la quebrada, ya que se caracterizan por habitar aguas corrientes, limpias y bien oxigenadas (Pinilla, 1998).

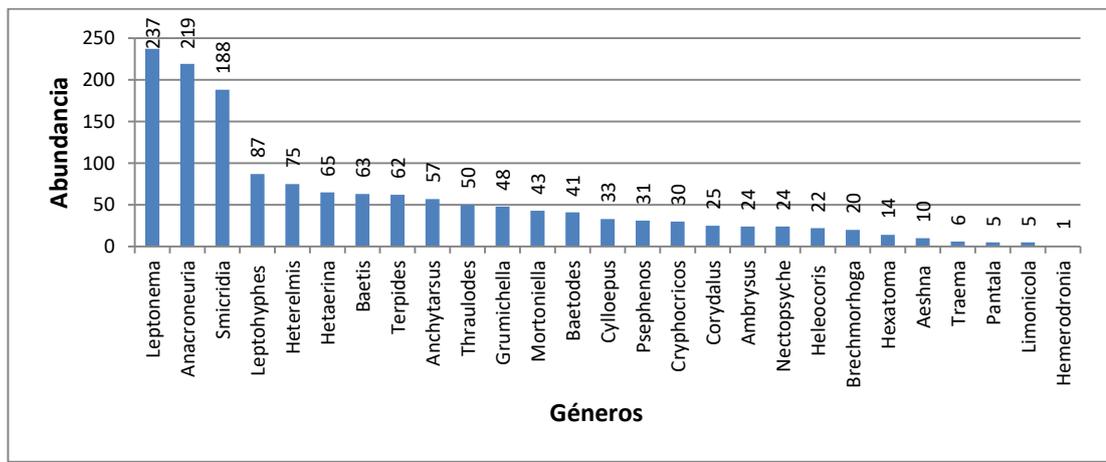


Figura 10. Distribución de géneros para la zona uno.

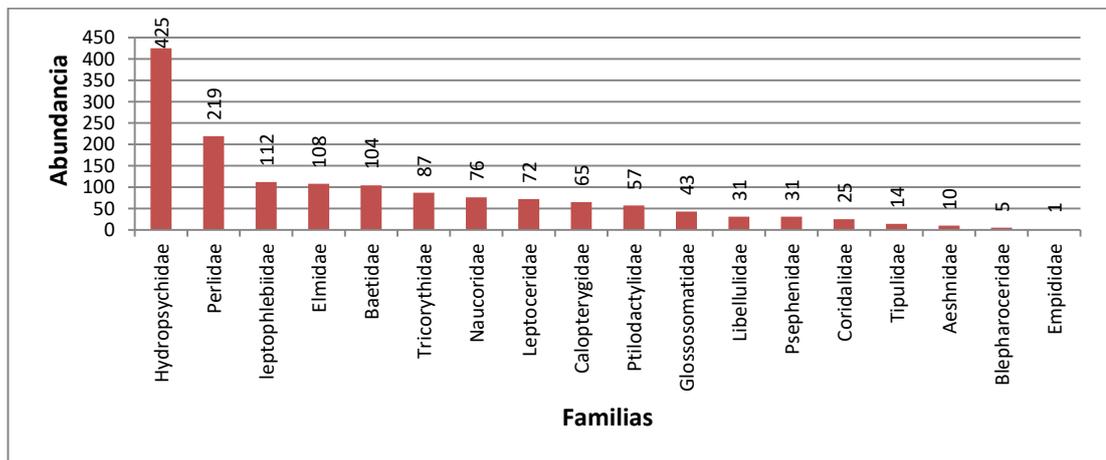


Figura 11. Distribución de familias para la zona uno.

Zona dos (Quebrada La victoria antes del sitio de unión), se colectaron 1536 individuos, pertenecientes a 22 géneros, agrupados en 17 familias y 9 órdenes (**Anexo B**); para esta zona los géneros que presentaron mayor

dominancia fueron *Smicridia*, *Leptonema*, *Heterelmis* y *Anacroneuria* (**Tabla 4**) (**Figura 12**), esta zona al igual que la zona uno presenta una buena calidad de agua y los organismos son indicadores de aguas poco contaminadas (Roldan, 2003).

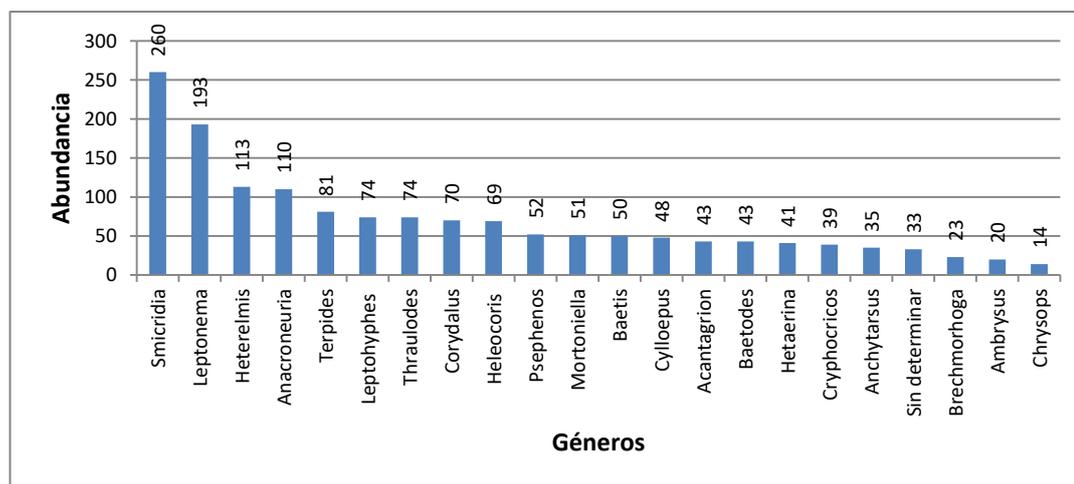


Figura 12. Distribución de géneros para la zona dos.

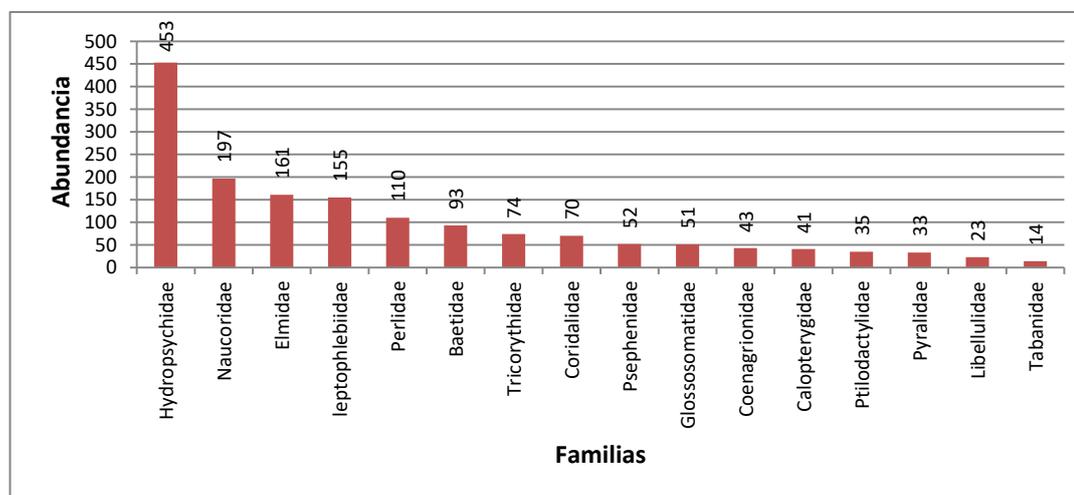


Figura 13. Distribución de familias para la zona dos.

Zona tres (Sitio de unión de la quebrada La victoria y Aguas tibias), en este sitio se colectaron 1706 organismos, pertenecientes a 22 géneros, agrupados en 16 familias y 9 órdenes (**Anexo C**), los géneros predominantes fueron *Leptonema*, *Smicridia*, *Leptohyphes* y *Heterelmis*

(Tabla 4) (Figura 14), los anteriores géneros son propios de aguas limpias y bien oxigenadas (Pinilla, 1998).

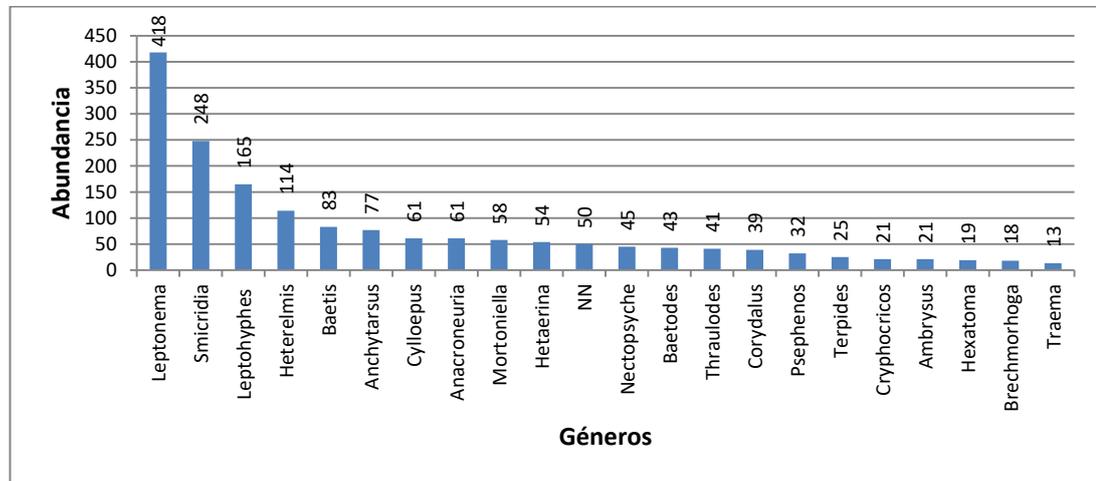


Figura 14. Distribución de géneros para la zona tres.

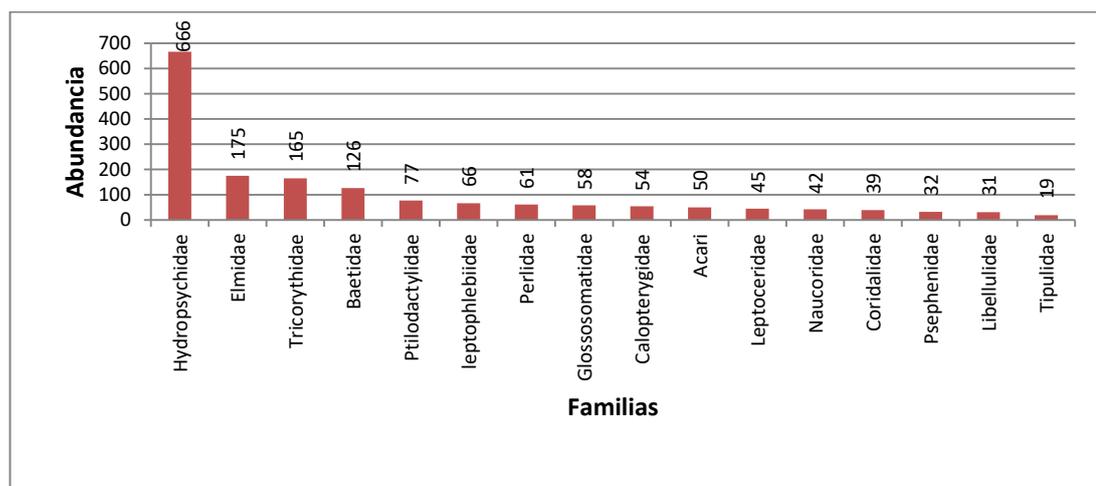


Figura 15. Distribución de familias para la zona tres.

Zona cuatro (Balneario) el total de individuos colectados fue de 1782, pertenecientes a 23 géneros, agrupados en 16 familias y 10 órdenes (**Anexo D**), La estructura de esta zona se caracterizó por presentar alta dominancia por unos pocos géneros, dentro de los cuales se mencionan *Chironomus*, estos individuos viven en aguas loticas y lenticas con abundante materia orgánica en descomposición, son indicadores de aguas mesotróficas, le siguen en orden de importancia los géneros *Heterelmis*, *Tricorythodes* y

Macrelmis (Tabla 4) (Figura 16); Estos organismos viven en aguas loticas y lenticas, bajo residuos vegetales y hojas en descomposición, indicadores de contaminación orgánica moderada, habitan fondos arenosos y aguas limpias.

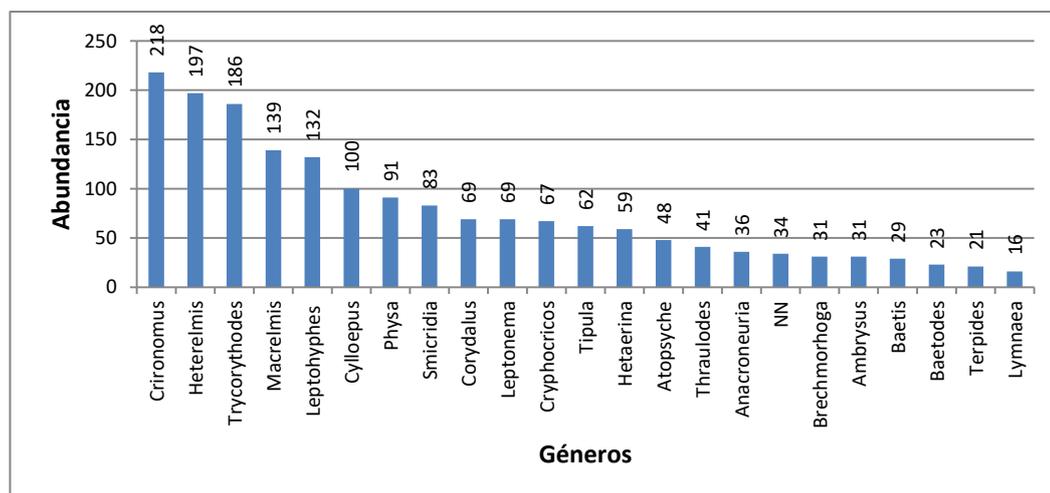


Figura 16. Distribución de géneros para la zona cuatro.

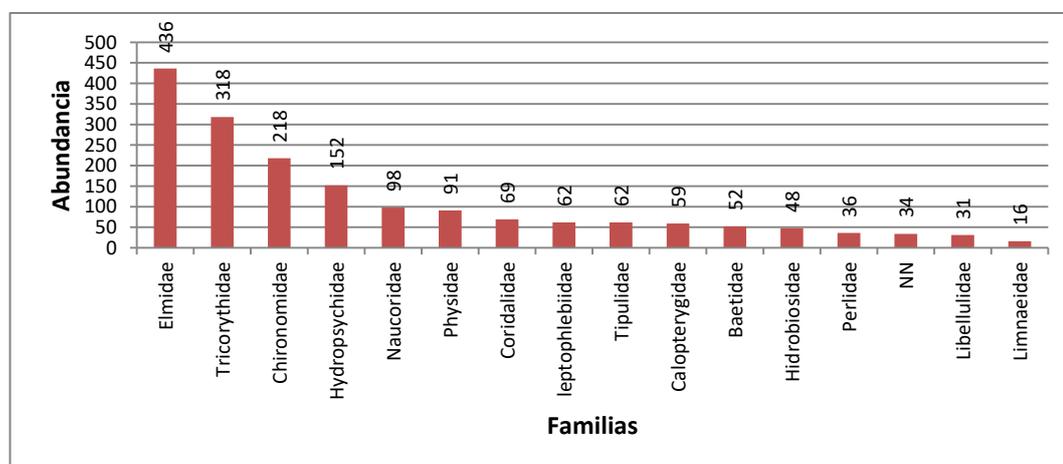


Figura 17. Distribución de familias para la zona cuatro.

Zona cinco (Desembocadura al río Cofre), se colectaron 2454 organismos, pertenecientes a 23 géneros, agrupados en 17 familias y 10 órdenes (**Anexo E**); La estructura de esta zona presentó mayor dominancia en los géneros, *Physa*, *Chironomus*, *Cylopeus* y *Tricorythodes*(Tabla 4) (Figura 18), según Roldan 1992, en situaciones intermedias o sea, en aguas que comienzan a

mostrar síntomas de contaminación, o por el contrario que comienzan a recuperarse, es común encontrar poblaciones dominantes de turbelarios, hirudíneos, ciertos moluscos (Lymnaeidae y Physidae), chironomidos y oligoquetos, mezcladas en menor proporción con ciertos efemerópteros y tricópteros. Por lo tanto en esta zona, se evidencia una alteración por estar expuesta a la erosión del terreno que se presenta desde la zona cuatro y también a la extracción de arena, estos dos factores hacen que haya una leve alteración en el cuerpo de agua.

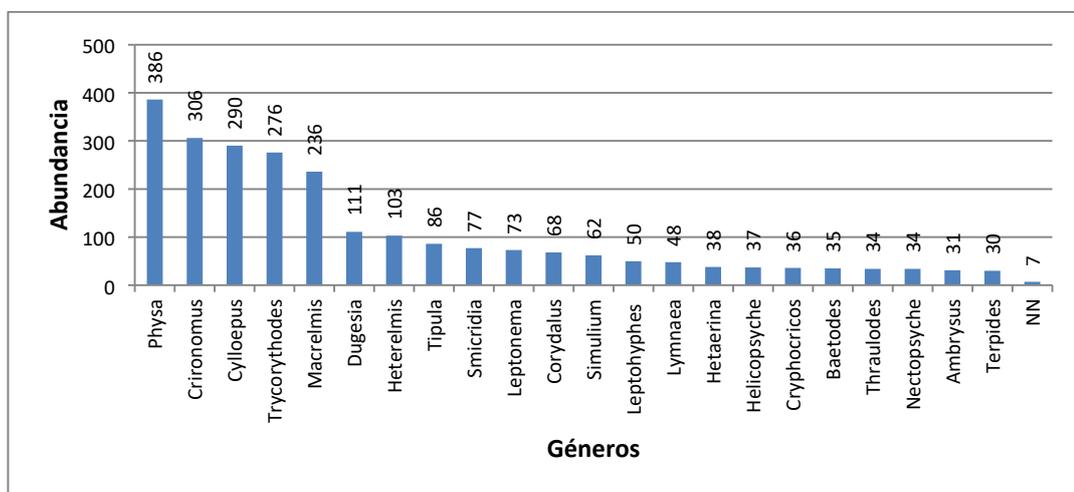


Figura 18. Distribución de géneros para la zona cinco.

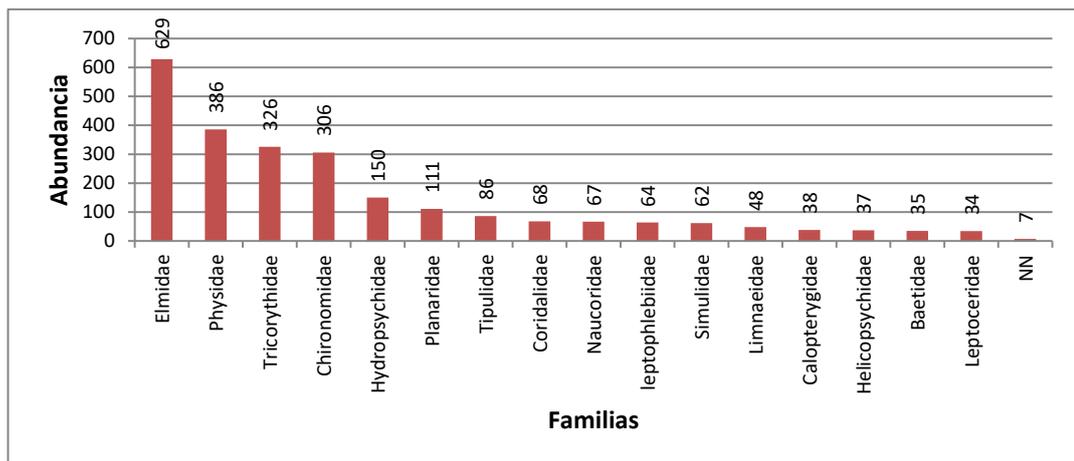


Figura 19. Distribución de familias para la zona cinco.

7.1.2 Índices de calidad biológica.

7.1.2.1 Índice de Monitoreo Biológico BMWP.

A la información sobre las familias de MAE representadas en las colectas, se aplicó el índice de calidad biológica BMWP, adaptado para Colombia (Zamora, H. 1999).

En relación con el índice BMWP, para las tres primeras zonas, donde no hay vertimientos de tipo domestico o que son relativamente muy bajos, se obtuvieron los siguientes valores: zona uno (Quebrada Aguas Tibias) un valor de **140**, zona dos **129** y zona tres un valor de **128 (Tabla 6)**, teniendo en cuenta estos valores se puede concluir, que estas tres primeras zonas de muestreo se categorizan por tener aguas muy limpias y de muy buena calidad.

La zona cuatro presentó un valor de **100 (Tabla 6)**, que según el índice BMWP se categorizan como aguas medianamente contaminadas y de calidad aceptable, es decir, en esta zona se presentan características naturales aceptables para el desarrollo de una comunidad biótica constituida por organismos propios de aguas limpias y medianamente contaminadas, como consecuencia de la erosión, de los vertimientos domésticos y pecuarios, permitiendo que nuevos géneros de macroinvertebrados se establezcan; y la zona cinco obtuvo un valor de **106 (Tabla 6)**, característico de aguas limpias y de buena calidad, observándose una tendencia a incrementar la calidad biológica del agua a través del espacio, es decir una leve recuperación del sistema (**Figura 20**)

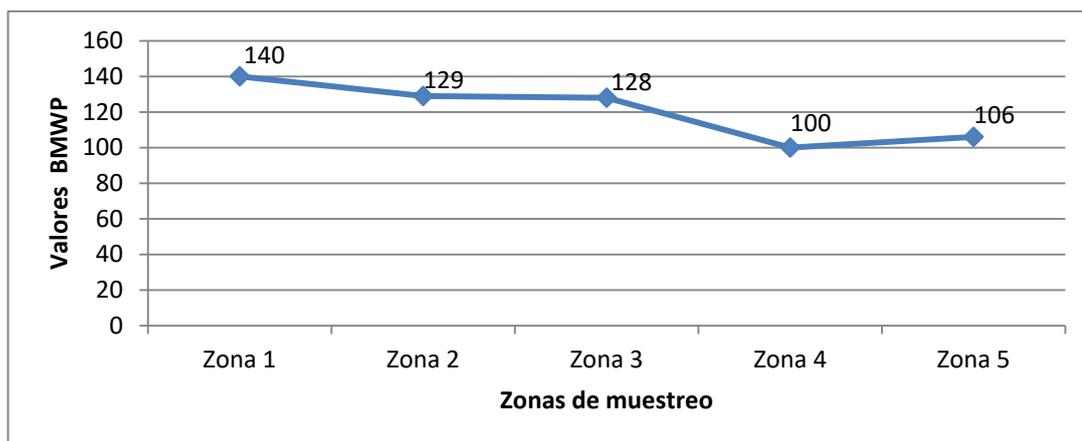


Figura 20. Variación del índice de monitoreo biológico (BMWP), en función de las zonas de muestreos.

Tabla 6. Calidad biológica de las zonas según BMWP

ZONA	VALOR BMWP	CALIDAD DE AGUA	CARACTERISTICAS
Zona uno	140	MUY BUENA	Aguas muy limpias
Zona dos	129	MUY BUENA	Aguas muy limpias
Zona tres	128	MUY BUENA	Aguas muy limpias
Zona cuatro	100	ACEPTABLE	Aguas medianamente contaminadas
Zona cinco	106	BUENA	Aguas limpias

7.1.2.2 Índice de Shannon Weaver (H'): Este índice permitió determinar la diversidad estableciendo la composición de la comunidad teniendo en cuenta el número de especies y el tamaño de cada una, siendo sensible a los cambios en la abundancia de las especies raras o no dominantes presentes en la muestra. Se empleo la fórmula:

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

Donde:

$$p_i = n_i / N$$

n_i = número de individuos del taxón i ésimo

N = número total de individuos en la muestra

$$N = \sum n_i$$

El valor obtenido se coteja con los siguientes rangos de diversidad y clasificación de calidad de aguas, además del índice BMWP:

De 0.0 a 1.5: Muy baja diversidad o *aguas contaminadas*

De 1.6 a 3.0: Mediana diversidad o *aguas medianamente contaminadas*

De 3.1 a 5.0: Alta diversidad o *aguas limpias*.

Análisis de diversidad entre zonas.

De acuerdo con el índice de Shannon Weaver, las cinco zonas de muestreo presentan un valor promedio de (2.76) (**Tabla 7**), correspondiente a mediana diversidad o *aguas medianamente contaminadas*, indicando que la comunidad no está siendo afectada por tenses ambientales diferentes a los de origen natural. La menor diversidad que se presentó en la zona tres (2.63) y en la zona cinco (2.72) (**Tabla 7**), puede deberse a que estas regiones presentan mayor cobertura vegetal y menor disponibilidad de luz que las demás zonas, también en la zona cinco (desembocadura) puede corresponder a que los vertimientos de tipo doméstico que se realizan en la zona cuatro estén influyendo en la estabilidad de las comunidades bióticas, además en esta zona se extrae arena, hecho que puede incidir en la desaparición de los hábitats de algunas especies.

Los datos obtenidos se presentan a continuación:

Tabla 7. Diversidad biológica de las cinco zonas según índice de Shannon Weaver.

ZONA	PROMEDIO SHANNON WEAVER	CARACTERÍSTICAS
ZONA UNO	2,82	Mediana diversidad
ZONA DOS	2,84	Mediana diversidad
ZONA TRES	2,63	Mediana diversidad
ZONA CUATRO	2,89	Mediana diversidad
ZONA CINCO	2,72	Mediana diversidad
PROMEDIO	2,76	Mediana diversidad

7.1.2.3 Índice de equidad de Pielou: se empleó el índice de equidad de Pielou para medir la proporción de la diversidad observada en cada zona con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran 1988)

De acuerdo con el índice de equidad de Pielou, el valor promedio de las zonas de muestreo fue de 0,88 (**Tabla 8**), este índice mostró para las cinco zonas valores cercanos a uno, lo cual demuestra que las zonas presentan una distribución homogénea, es decir, que los organismos se encuentran bien repartidos dentro de la comunidad.

7.1.2.4 Densidad

La densidad mostró un promedio de 298,1 Ind/m², los valores entre las zonas uno, dos, tres y cuatro fueron muy similares, sin embargo la zona cinco mostró los valores más altos (**Tabla 8**), ya que la acumulación de sedimentos y material vegetal permite la formación de canales y pozos aumentando la diversidad de hábitats y de especies en este sector (Rice *et al.*, 2001 y Bernal *et al.*, 2006).

Tabla 8. Valores de los Índices obtenidos para cada zona de muestreo.

Zona de muestreo	Taxa	Riqueza	Shannon Weaver H'	Equidad Pielou J'	Densidad	BMWP
Zona 1	27	1485	2,82	0,86	245,5	140
Zona 2	22	1536	2,84	0,91	254,5	129
Zona 3	22	1706	2,63	0,85	284,3	128
Zona 4	23	1782	2.89	0,92	297,0	100
Zona 5	23	2454	2.72	0,86	409,0	106
Promedio Muestreo	42	8942	2,76	0,88	298,1	120,6

7.1.2.5 Índice de similitud de Bray Curtis.

El Coeficiente de Bray-Curtis, permitió comparar las poblaciones de distintos ecosistemas o de un mismo ecosistema en diferentes momentos.

La fórmula correspondiente es la siguiente: $2w Cz = a b$

Donde:

a = Suma de las poblaciones de todas las especies del ecosistema A

b = Suma de las poblaciones de todas las especies del ecosistema B

w= Suma de la población menor para cada especie presente en ambos ecosistemas.

Cuanto más próximo a 100 sea el valor obtenido, más similares serán las poblaciones.

Para su cálculo se utilizó el programa BioDiversity Pro 2.0

Según este índice el mayor grado de similitud de especies colectadas entre zonas se presentó en las zonas uno y dos, seguida por las zonas dos y tres, mientras que las zonas tres y cinco presentaron el valor más bajo (**Figura 21**), demostrando que los vertimientos de tipo domestico e intervenciones que se realizan a partir de la zona cuatro afectan directamente el establecimiento de las especies.

Tabla 9. Resumen del índice de similaridad de Bray Curtis por zonas de muestreo

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5
Zona 1	*	75,498	73,0179	40,0979	27,8243
Zona 2	*	*	71,0795	43,5177	30,746
Zona 3	*	*	*	43,6927	29,375
Zona 4	*	*	*	*	64,6364
Zona 5	*	*	*	*	*

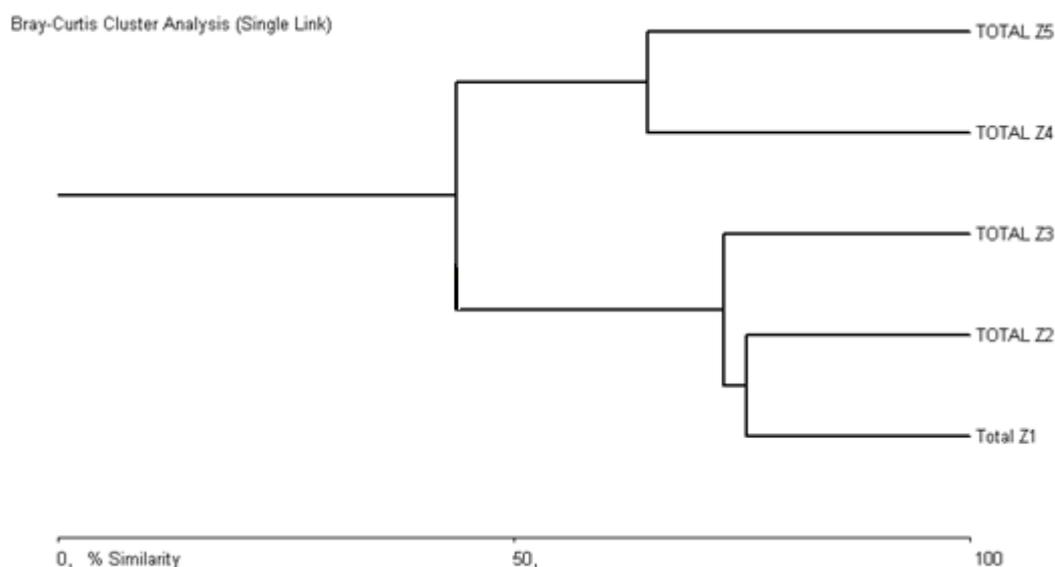


Figura 21. Dendrograma de Bray-Curtis entre zonas de muestreo

7.1.4 Relación entre el índice de diversidad Shannon Weaver y el índice de monitoreo biológico BMWP adaptado para Colombia (Zamora, 1999).

- **Zona uno quebrada Aguas Tibias (80 metros antes de la unión)**

La quebrada Aguas tibias se caracteriza por no tener vertimientos domésticos y por presentar buena cobertura vegetal a lo largo de su cauce. De acuerdo con el índice de Shannon Weaver esta zona presentó una diversidad media (2.82) y según el índice BMWP, una calidad de agua muy buena presentando un valor de 140, **(Tabla 10)**. En esta zona se encontraron la mayor cantidad de géneros, puesto que las características fisicoquímicas, principalmente la temperatura hídrica, el oxígeno y la baja cantidad de materia orgánica, permitieron el desarrollo de varias especies, propias de aguas limpias como Plecópteros, Tricópteros y Ephemeropteros, sin embargo la diversidad presenta un valor medio.

- **Zona Dos quebrada La Victoria (80 metros antes de la unión)**

De acuerdo con el índice de Shannon Weaver esta zona presentó una diversidad media de 2,84 correspondiente a aguas medianamente contaminadas, según el índice BMWP, presentó un valor de 129, que corresponde a una calidad muy buena, con características de aguas muy limpias (**Tabla 10**), indicando que está quebrada al igual que la quebrada Aguas tibias, no presenta alteraciones que afecten la dinámica de las especies, su mediana diversidad puede deberse a que se encuentra en la parte media de la cuenca, los géneros más dominantes para esta zona son. *Smicridia* y *Leptonema* pertenecientes a la familia Hydropsychidae, *Anacroneuria* que pertenece a la familia Perlidae y *Heterelmis* que pertenece a la familia Elmidae, las anteriores familias según el BMWP se encuentran entre los valores más altos de calidad de agua (8, 10 y 7 respectivamente).

- **Zona Tres quebrada La Victoria (Sitio de unión de las quebradas Aguas Tibias y La Victoria)**

Esta zona está muy influenciada por las zonas anteriores, es de esperarse que conserve las mismas características, de acuerdo con el índice de Shannon Weaver, presentó una diversidad media de 2,63, correspondiente a mediana contaminación; según el índice BMWP, mostró un valor de 128, proporcionando una caracterización de aguas muy limpias y de muy buena calidad (**Tabla 10**).

- **Zona Cuatro quebrada La Victoria (Finca Loma Linda- Sede ecológica del instituto artístico del cauca INCA)**

La diversidad se incrementa en esta zona con respecto a la anterior zona de muestreo, pero los valores se siguen ubicando dentro del rango de aguas medianamente diversas (2,89), por lo cual se puede establecer que la cantidad de géneros ha aumentado en una pequeña proporción, pero ese relativo aumento de diversidad, se debe a que en el cuerpo de aguas hay presencia de nuevos individuos indicadores de eutrofia que aparecen por el incremento de la carga orgánica como: *Chironomus* y *Physa*; sin embargo

en el orden de dominancia le siguen los géneros *Heterelmis* y *Macrelmis* pertenecientes a la familia Elmidae y el género *Tricorythodes* de la familia Tricorythidae, que son característicos de aguas limpias con contaminación orgánica moderada (Pinilla,1998), por esta razón el valor del índice BMWP obtenido para la zona cuatro disminuyó (100) **(Tabla 10) (Figura 22)**, ubicándose en la categoría de aguas medianamente contaminadas y de calidad aceptable, indicando un grado de alteración causada por la descomposición de materia orgánica producidas por los vertimientos domésticos, por la escasa vegetación y los frecuentes deslizamientos.

- **Zona Cinco quebrada La Victoria (Vertimiento de aguas al río Cofre)**

En esta zona la diversidad según el índice de Shannon Weaver disminuyó un poco (2,72) **(Tabla 10)**, ya que los géneros de esta zonas están distribuidos equitativamente con respecto a la zona anterior, sin embargo el valor se ubica en el rango de aguas medianamente diversas, los géneros más representativos para esta zona fueron: *Physa* de la Familia Physidae y *Chironomus* que pertenece a la familia Chironomidae, característicos de aguas moderadamente contaminadas; y *Cyloepus* (Elmidae) y *Tricorythodes* (Tricorythidae) propios de aguas limpias o poco contaminadas, según los valores de BMWP obtenidos para esta zona (106) el sistema presenta una leve recuperación ampliando el rango y clasificándose en este punto de muestreo como aguas limpias y calidad buena **(Figura 22)**.

Tabla 10. Relación entre el índice de diversidad Shannon Weaver y el índice de monitoreo biológico BMWP adaptado para Colombia.

ZONAS	VALOR BMWP	CALIDAD DE AGUA	CARACTE- RÍSTICAS	PROMEDIO SHANNON	CARACTE- RÍSTICAS
ZONA UNO	140	MUY BUENA	Aguas muy limpias	2,82	Mediana diversidad
ZONA DOS	129	MUY BUENA	Aguas muy limpias	2,84	Mediana diversidad
ZONA TRES	128	MUY BUENA	Aguas muy limpias	2,63	Mediana diversidad
ZONA CUATRO	100	ACEPTABLE	Aguas medianamente contaminadas	2,89	Mediana diversidad
ZONA CINCO	106	BUENA	Aguas limpias	2,72	Mediana diversidad

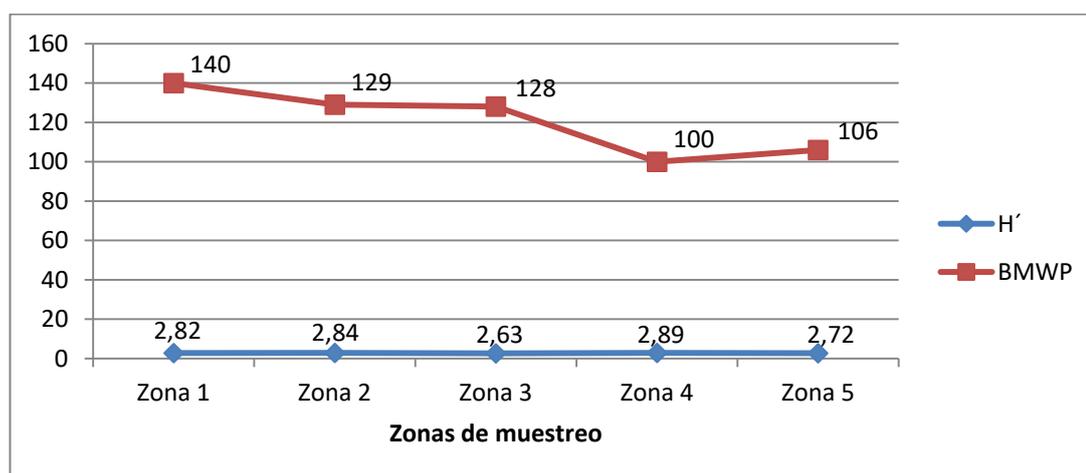


Figura 22. Relación entre el índice de diversidad Shannon Weaver y el índice de monitoreo biológico BMWP adaptado para Colombia.

7.2 CARACTERIZACION FISICOQUIMICA DE LA QUEBRADA LA VICTORIA

Se realizó una caracterización físico-química hídrica básica, con el fin de analizar la calidad de las aguas naturales en función espacio-temporal y correlacionar dichos datos con el estado biológico de las aguas, se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros: temperatura ambiental, temperatura hídrica, Oxígeno disuelto, porcentaje de saturación de oxígeno, dióxido de carbono, pH y conductividad, dichos valores se presentan a continuación:

Tabla 11. Valores promedios de los parámetros fisicoquímicos hídricos, en la zona de muestreo.

PARAMETRO	UNIDAD	ZONA UNO	ZONA DOS	ZONA TRES	ZONA CUATRO	ZONA CINCO
Temperatura Ambiental	° C	21	21	21	21	21
Temperatura del Agua	° C	18,75	19,17	19	19,92	19,17
Oxígeno Disuelto (O ₂)	mg /L	8,54	8,86	8,55	8,38	7,5
Porcentaje de saturación O ₂ Disuelto.	%	88	92	91,83	90	81,33
Dióxido de Carbono (CO ₂)	mg/L	2,3	2,35	2,43	3,22	2,42
pH	Unidades	7	7	7	8,03	8,07
Conductividad	μMhos/cm	47,83	37,5	40,67	51,5	56,5

7.2.1 Temperatura ambiental

Los valores de temperatura ambiental presentaron uniformidad. El promedio para los seis muestreos fue de 21 °C (**Tabla 11**) (CV: 4,63 %), presentando diferencias significativas entre épocas climáticas ($U = 62,500$ $\alpha = 0,037$), indicando que la temperatura esta directamente afectada por las condiciones ambientales de la época de muestreo.

Octubre registró las temperaturas más bajas, correspondiendo a uno de los meses del periodo de lluvia, mientras que las más altas fueron Junio y Julio coincidiendo con el periodo de sequia (**Anexo F**) (**Figura 23**).

7.2.2 Temperatura Hídrica

El promedio fue de 19,2 °C (**Tabla 11**) (CV: 5,23 %) para los seis meses de muestreos.

Como lo muestra el coeficiente de variación, la temperatura del agua presentó poca variación entre las diferentes zonas, pues el promedio de temperatura aumentó un poco en la zona cuatro (**Figura 23**). Ya que en esta zona aumenta la penetración lumínica y la cantidad calórica es absorbida por el cuerpo de agua natural, además empiezan a llegar los vertimientos de aguas domesticas y otras actividades de tipo antrópico. Aunque se presentó este pequeño aumento en la temperatura a nivel de zonas de muestreo, después de aplicar la prueba de ANOVA se estableció que la temperatura no presenta cambios significativos ($P > 0.05$), permitiendo concluir que los vertimientos de aguas residuales no influyen significativamente en la temperatura hídrica de la quebrada La Victoria.

Con respecto a los meses de muestreo, la temperatura hídrica presentó diferencias significativas ($H_{(5,30)} = 14,60$ $\alpha = 0,012$) (**Tabla 12**), los valores más altos se observaron en los meses de Junio (21°C) y Julio (22°C) de la zona cuatro (**Anexo F**), coincidiendo con el periodo de sequia, además presenta escasa vegetación riparia lo cual incide con el aumento de temperatura; mientras que los valores más bajos se registraron en Octubre para todas las zonas, ya que corresponde a la época de lluvia (**Figura 24**). Indicando que la temperatura hídrica esta directamente afectada por las condiciones ambientales en los meses de muestreo.

Tabla 12. Post – test de Tukey para diferencias significativas entre los meses de muestreo para la temperatura hídrica.

Comparación Meses	Diferencia de medias	Error Típico	α
Jun vs. Oct	1,80	0,516	0,021
Jul vs. Oct	1,80	0,516	0,021

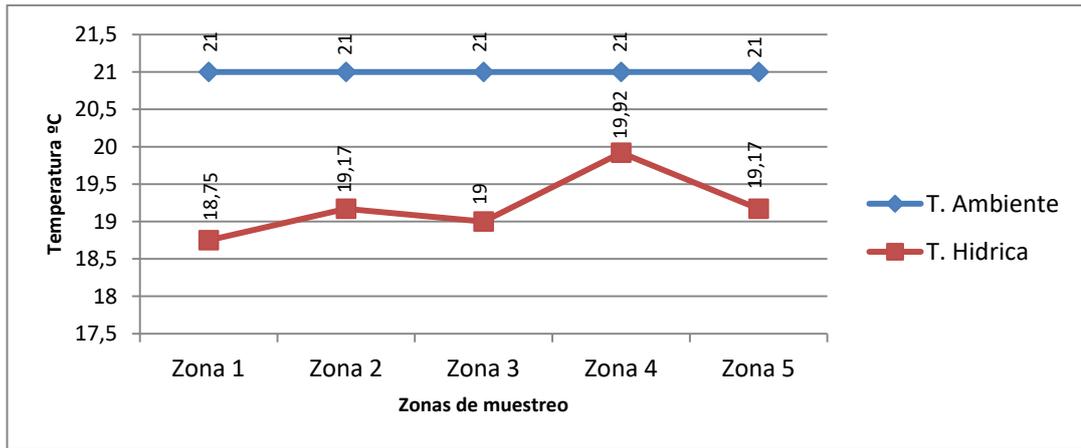


Figura 23. Variación de la temperatura en las zonas de muestreo.

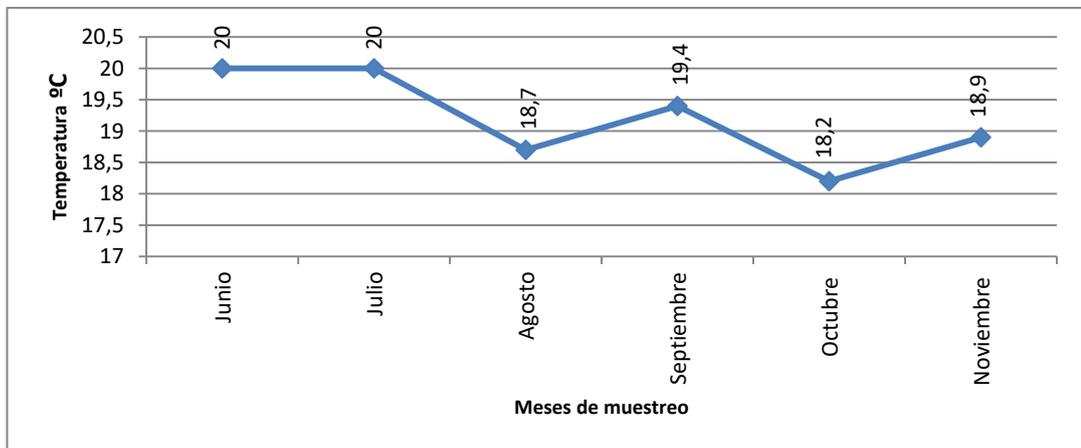


Figura 24. Variación de la temperatura hídrica entre meses de muestreo.

7.2.3 Oxígeno Disuelto (O₂)

Presentó un promedio de 8,37 mg/L (**Tabla 11**) (CV: 8,35 %). hubo diferencias significativas entre zonas de muestreo ($F_{(4,25)} = 5,102 \alpha = 0,004$), pero no entre meses de muestreo y épocas climáticas. El porcentaje de saturación mostro un promedio de 88,63% (CV: 8,82%). Además, se presentaron diferencias significativas entre zonas de muestreo ($H_{(4,30)} = 11,33808 \alpha = 0,023$) (**Tabla 13**).

Las zonas uno, dos y tres presentaron los valores más altos de saturación de oxígeno (88%, 92% y 91% respectivamente) (**Figura 25**), puesto que estas zonas aun conservan parte de su estado natural, sus orillas están

protegidas por vegetación, no presenta alteración en sus cauces de ahí que la velocidad de corriente es alta, en contraste con la zona cinco reporta una pequeña disminución en la saturación de oxígeno (81%) (**Tabla 11**); aunque estos valores no están por debajo de los rangos óptimos para el desarrollo de biota acuática, es posible que su descenso se deba a la descarga de compuestos orgánicos de origen domestico, y a la tala de pequeños bosques, que contribuye en la reducción de los niveles de oxígeno (Jacobsen *et al.*, 2003), sin embargo esta reducción no afecta el agua de la quebrada ya que sigue conservando una buena hidrodinámica y una buena recuperación a lo largo de su cauce.

Tabla 13. Post – test de Tukey para diferencias significativas entre zonas de estudio respecto al oxígeno disuelto.

Comparación Zonas	U	N Grupo 1	N Grupo2	α
Zona 1 vs Zona 5	1,000	6	6	0,004
Zona 2 vs Zona 5	0,500	6	6	0,002
Zona 3 vs Zona 5	4,500	6	6	0,025
Zona 4 vs Zona 5	3,500	6	6	0,015

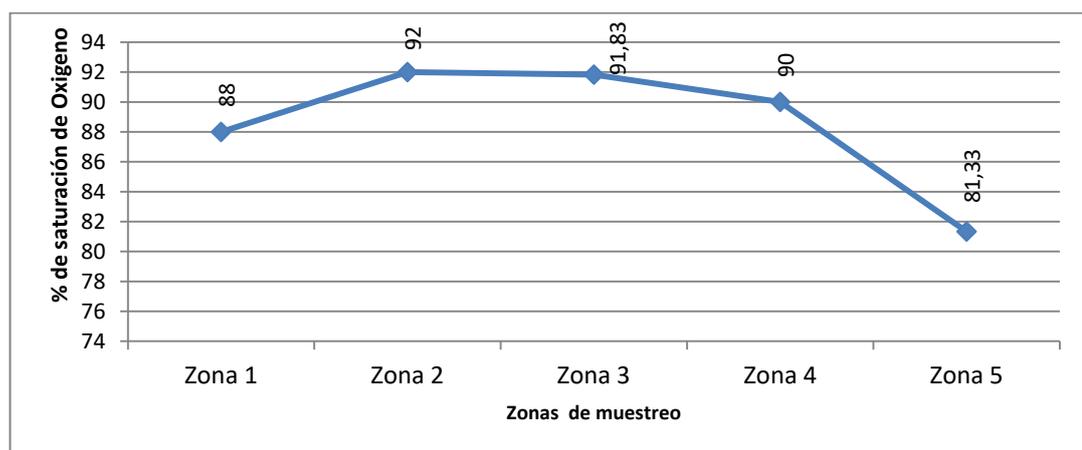


Figura 25. Variación del porcentaje de saturación de oxígeno en las zonas de muestreo.

7.2.4 Gas Carbónico (CO₂)

El promedio para los seis muestreos fue 2,54 mg/L (**Tabla 11**) (CV: 23,10%). Estadísticamente no hubo diferencias significativas entre meses de muestreo, zonas y épocas climáticas.

En el caso de la quebrada La Victoria, el promedio de valores de este parámetro, están por debajo del valor limitante y corresponden a valores normales para aguas naturales. Según Vásquez (1992) en aguas naturales Los valores de CO₂ superiores a 20mg/L se consideran como limitante para el desarrollo de la biota acuática; El valor más alto corresponde a la zona cuatro (3.22 mg/L) (**Anexo F**) (**Figura 26**); esto puede deberse a que en esta zona se evidencia la presencia de vertimientos de aguas residuales de origen domestico, fenómeno que enriquece el sistema con materia orgánica, desarrollándose procesos de degradación y respiración con una mayor producción de gas carbónico y un mayor consumo de oxígeno (Esteves, 1988), por otro lado se puede evidenciar la recuperación del sistema en la zona cinco, donde nuevamente disminuye la concentración de este gas (2.42 mg/L).

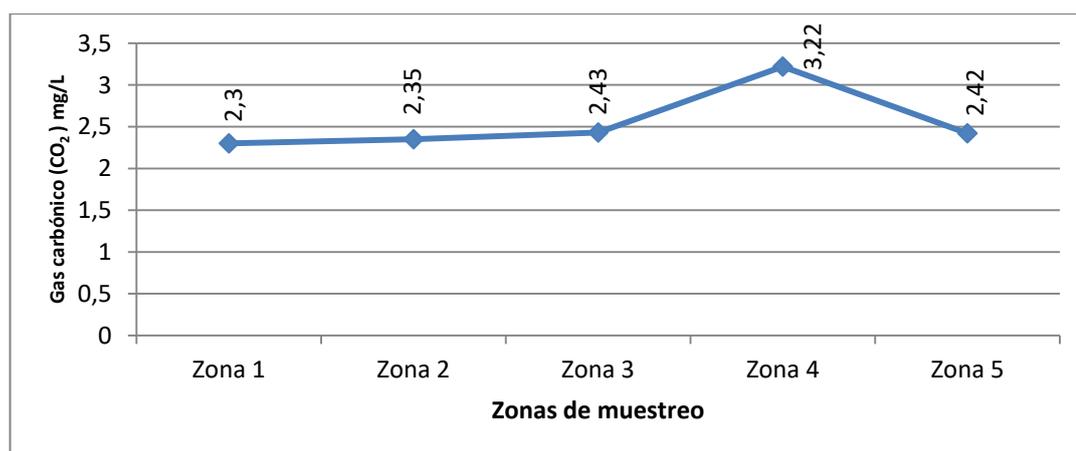


Figura 26. Variación de CO₂ en las zonas de muestreo.

7.2.5 pH

El promedio de pH fue de 7.41 (Tabla 11) (CV: 0,52%). este rango corresponde a sistemas oligotróficos con valores cercanos a la neutralidad y no son limitantes para la vida acuática (Roldan *et al.*, 2001). Como se muestra en la **Figura 27**, el valor de pH para las zonas uno, dos y tres fue de 7.0 unidades manteniendo las condiciones de neutralidad, mientras que las zonas cuatro y cinco presentaron valores de 8.0 unidades, que concuerdan con las características de aguas ricas en carbonatos (HCO_3^-) (Esteves, 1988).

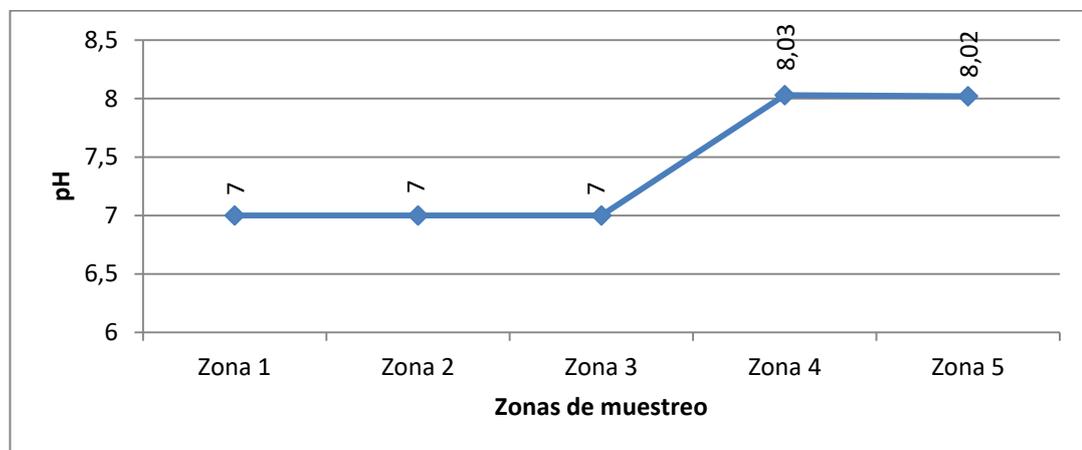


Figura 27. Variación del pH entre zonas de muestreo.

7.2.6 Conductividad

Mostro un promedio de 46.8 $\mu\text{Mhos}/\text{cm}^2$ (**Tabla 11**) (CV: 12.54%); Se presentaron diferencias significativas entre épocas climáticas ($F_{(1,28)} = 4,377$ $\alpha = 0,046$), entre zonas ($F_{(4,25)} = 3,298$ $\alpha = 0,027$) y también entre meses ($F_{(5,24)} = 3,563$ $\alpha = 0,015$) (**Tabla 13**).

La Conductividad en la quebrada conservó los valores normales (30-60 $\mu\text{Mhos}/\text{cm}^2$) (Roldan, 1992).

En las tres primeras zonas, no hubo presencia de vertimientos residuales y por eso los valores de conductividad fueron bajos, estos valores indican la baja cantidad de iones en el agua y el poco aporte alóctono en el cuerpo de

aguas. En cuanto a las zonas cuatro y cinco se observó un aumento de los valores de conductividad, ya que, en estas zonas llegan vertimientos domésticos, la erosión del terreno es muy frecuente y se extrae arena (zona cinco). Sin embargo los valores de conductividad a lo largo de las zonas de muestreo se encuentran por debajo de 60 $\mu\text{Mhos/cm}$ (**Figura 28**).

La conductividad mostró diferencias significativas entre meses de muestreo, lo que indica que la cantidad de lluvia, la escorrentía y los arrastres afectan significativamente la conductividad en esta quebrada (**Figura 29**).

Tabla 14. Post – test de Tukey para diferencias significativas entre zonas de estudio y meses de muestreo respecto a la conductividad.

Conductividad	Comparación	Diferencia de medias	Error Típico	α
Zonas	Zona 2 Vs Zona 5	-1747,333	538,301	0,025
	Jun Vs Nov	23,2	6,605	0,02
Meses	Sep Vs Nov	22,6	6,605	0,024

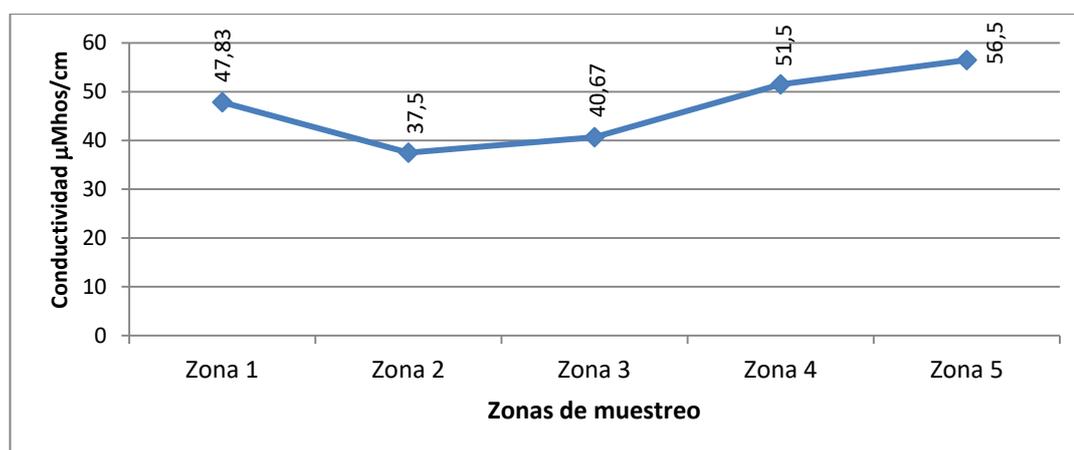


Figura 28. Variación de la conductividad en las zonas de muestreo.

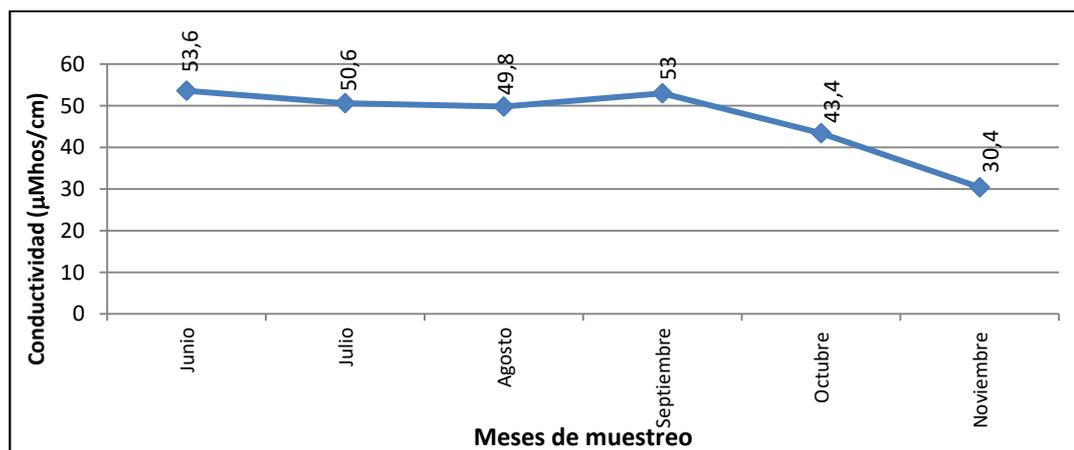


Figura 29. Variación de la conductividad durante meses de muestreo.

7.3 RELACION DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS Y LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS HIDRICOS.

La conductividad se correlaciono con la densidad en forma positiva ($r=0,464$, $\alpha<0,009$). Los valores de densidad obtenidos, reflejaron claramente que en las zonas afectadas directamente por el vertido de aguas domesticas fueron significativamente mayores, como consecuencia del enriquecimiento orgánico de la zona (Flecker & Feifarek, 1994). La zona cuatro ubicada aguas abajo en el balneario, y la zona cinco ubicada próxima a la desembocadura del río Cofre registraron densidades elevadas, evidenciando el importante aporte de materia orgánica.

Se encontró una correlación negativa entre el porcentaje de saturación de oxígeno y la densidad ($r= - 0,415$, $\alpha<0,022$), indicando que el número de individuos aumenta mientras que el oxígeno disminuye. La densidad aumenta a medida que la perturbación se incrementa en la quebrada como es el caso de la zona cuatro y cinco donde de se registraron los menores valores de saturación y a su vez son las zonas que están más expuestas a las intervenciones. La comunidad de macroinvertebrados en esas zonas, está representada por especies tolerantes a bajas concentraciones de oxígeno (*Chironomus* y *physa*) indicadoras de aguas medianamente contaminadas. Estos valores de oxígeno hacen que haya una alta densidad biológica representada en pocas especies y poco desarrollo de la

entomofauna acuática. Posiblemente la poca turbulencia generada por el sustrato disminuye la concentración de oxígeno en el agua y la disponibilidad de hábitat para organismos menos tolerantes a los bajos niveles de oxígeno. (Guerrero y Manjares, 2003).

8. CONCLUSIONES

Los parámetros fisicoquímicos y biológicos (macroinvertebrados acuáticos) demostraron que las zonas uno, dos y tres, presentan características propias de aguas oligotróficas; no obstante en las zonas cuatro y cinco se presentó una ligera variación en los parámetros tanto fisicoquímicos como biológicos, como consecuencia de los vertimientos domésticos y pecuarios, la acumulación de sedimentos y la tala de bosques, haciendo pensar que la quebrada La victoria presenta una intervención de leve a moderada.

Según las correlaciones se determinó que las características físicas y químicas del agua están ligadas a las biológicas de la misma, de esta forma cuando la conductividad aumenta, aumenta también la densidad pero disminuye el oxígeno, manifestando claramente que los valores que la conductividad y densidad aumentaron a medida que se presentó la intervención en las zonas, por otro lado el porcentaje de saturación de oxígeno disminuyó, evidenciando que el aporte de materia orgánica y la acumulación de sedimentos, aumenta los nutrientes en el agua y por ende la densidad, pero disminuye el oxígeno, es por ello que la comunidad de macroinvertebrados está representada por varias especies pero dominan muy pocas en esas zonas como: los Chironomus y Physa, que toleran bajas concentraciones de oxígeno en el agua y son característicos de aguas contaminadas.

Las perturbaciones a las que está sometida la fauna de macroinvertebrados acuáticos en la quebrada La victoria, están dadas principalmente por el vertido de efluentes domésticos y la extracción de arena.

Los valores de calidad del agua expresados por el índice de monitoreo biológico BMWP, para las zonas de muestreo evaluadas, corresponden a la clase I aguas muy limpias, clase III de calidad aceptable y clase II aguas limpias respectivamente, puede concluirse entonces que desde el punto de

vista ecológico las aguas de la quebrada La Victoria se encuentran en buen estado para el desarrollo de la biota acuática, y desde el punto de vista productivo pueden utilizarse para explotación acuícola, abastecimiento humano con tratamiento simplificado, agricultura e industria entre otros.

9. RECOMENDACIONES

Realizar un estudio similar en la parte alta de la quebrada La Victoria, que complemente la información para establecer la condición ambiental del sistema hídrico; Implementando en el estudio la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) para determinar el grado de contaminación de las aguas domésticas y de el lavado de fique, que permita conocer la cantidad de materia orgánica presente en el agua de la quebrada La Victoria.

Promover por medio de los resguardos beneficiados por la quebrada la protección y conservación del cuerpo de agua, comprometiendo a los habitantes y productores de todos los predios que componen la cuenca.

10. BIBLIOGRAFÍA

ALMEIDA, Y. 2007. Evaluación del estado ambiental de la quebrada Guandibas, generado por el vertimiento de la agroindustria panelera en el Municipio de Consacá, departamento de Nariño. Trabajo de grado. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias Naturales Exactas y de la Educación, universidad del Cauca. Popayán.

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.

CAMPUZANO, M. 2003. Calidad biológica y fisicoquímica del Río Grande en el área de influencia del Municipio de Puracé - Coconuco. Departamento del Cauca. Trabajo de grado. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias Naturales Exactas y de la Educación, universidad del Cauca. Popayán.

CHARÁ J. 2003. Manual para la evaluación biológica de ambientes acuáticos en microcuencas ganaderas. Apotema. Medellín (Colombia). p. 52

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA-CRC, IRH, HIDROCERON. 2002. Evaluación hidrogeológica de los acuíferos en la meseta de Popayán. Informe CRC, Popayán.

ESTEVES, F. 1988. Fundamentos de limnología. 2ª ed. Rio de Janeiro. Editorial Interciencia, Rio de Janeiro. 575 pp

FLECKER, A., & FEIFAREK, Br. 1994. Disturbance and the temporal variability of invertebrate assemblages in two Andean streams. *Freshwater Biology.* **31**: 131-142.

GUERRERO, FB., MANJARES, AH. Los macroinvertebrados bentónicos de pozo azul (cuenca del río Guaira, Colombia) y su relación con la calidad del agua. *Acta Biológica Colombiana*. 2003; 8 (2):43-55.

GUISANDE, C., BARREIRO, A., MANEIRO, I., RIVEIRO, I. & VERGARA, A. 2005. Tratamiento de datos. Universidad de Vigo. España. 262 pp.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES, IDEAM. El Macizo Colombiano y su área de influencia. [En línea]. <<http://www.ideam.gov.co/publica/Macizo/cap%C3%ADtulo%20.pdf>> [citado en 13 de Marzo de 1999]

JACOBSEN J., ROSTGAARD S. & VÁSCONEZ J.J. 2003. Are macroinvertebrate in high altitude streams affected by oxygen deficiency?. *Freshwater Biology*. 48: 2025-2032.

LONDOÑO, W. 2000. Reflexiones sobre el trabajo de campo de Novirao, una comunidad Páez. Popayán

MC ALEECE, N. 1997. BioDiversity Professional Beta 2.0. The Natural History Museum.

MAGURRAN, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp.

MARGALEF, R. 1983. *Limnología*. Barcelona: Omega. 1010 pp.

MIRANDA, B.A. 1987. Utilización de macroinvertebrados bénticos como indicadores biológicos de la calidad del agua en el río Viao-Piloña (Asturias-España). *Limnética* 3: 141-150.

MORENO, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Programa iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarrollo. Gorfi, S.A. Zaragoza, España. 41, 43.

MUÑOZ, M; ARIAS, A. 1994. Estudio de la fauna de macroinvertebrados acuáticos con énfasis en el orden Ephemeroptera (insecta) de los ríos Blanco, Hondo y Palacé del altiplano de Popayán. Universidad Del cauca. Facultad de Ciencias Naturales y de la Educación. Departamento de Biología. Popayán

MURGEL, S. 1984. Limnología sanitaria, estudio de la polución de aguas continentales. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington, D.C. 120 pp.

PILEOU, E.C. 1984. The interpretation of ecological data. Wiley, New York.

PINILLA, G. 1998. Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. Fundación universitaria de Bogotá Jorge Tadeo lozano.

PINO, W; MENA, D, MOSQUERA M, CAICEDO K, PALACIOS J, CASTRO A, y GUERRERO J. 2003. Diversidad de macroinvertebrados y evaluación de la calidad del agua de la quebrada la bendición, municipio de Quibdó (Chocó, Colombia). *Acta Biológica Colombiana, Vol. 8 No. 2: 23-30*

PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE TOTORO. Departamento del Cauca. 2002. Volumen II.

POLINDARA, M; CHICANGANA, M. 1998. Contaminación del Río Timbio con base en las características fisicoquímicas y su efecto ambiental (zona urbana del municipio de Timbio). Trabajo de grado. Programa de Ecología. Fundación Universitaria de Popayán.

POSADA, J; ROLDAN, G & RAMIREZ J. 1999. Caracterización fisicoquímica y biológica de calidad de aguas en la cuenca Piedras Blancas, Antioquia, Colombia. Departamento de Biología. Universidad de Antioquia. Medellín.

PUJANTE A, MARTÍNEZ-LÓPEZ F & TAPIA G. 1995. Macroinvertebrados y calidad de las aguas de los ríos próximos a la central térmica de andorra (Teruel, España). *Limnética*, 11 (2): 1-8

RIAÑO P, BASAGUREN A, POZO J. 1993. Variaciones espaciales en las comunidades de macroinvertebrados del Río Agüera (País Vasco-cantabria) en dos épocas con diferentes condiciones de régimen hidrológico. *Limnética*, 9: 19-28

RICE, S.P., GREENWOOD, M.T. & JOYCE, C.B. 2001. Tributaries, sediment sources, and the longitudinal organisation of macroinvertebrate fauna along river systems. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **58**(4): 824-840.

ROLDAN P, G. 1992. Fundamentos de la limnología neotropical. Editorial universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. 529 p.

ROLDAN P, G. 1996. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Medellín. Colombia. 217 p.

-----, 2003. La bioindicación de la calidad de agua en Colombia. Uso del método BMWP/ Col. Ed. Universidad de Antioquia.

ROSENBERG, D. M. & V. H. RESH. 1993. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman & Hall, N.Y. 488 pp.

VASQUEZ, G. 2001. Evaluación de la calidad de las aguas naturales. Universidad Del cauca. Facultad de Ciencias Naturales y de la Educación. Departamento de Biología. Popayán.

VANNOTE, R.L., G.W. MINSHALL, K.W. CUMMINS, J.R. SEDELL & C.E. CUSHING, 1980. The river cohtinuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37: 130-137.

WASHINGTON, H. G. 1984. Diversity, biotic and similarity indices. A review with special relevance to aquatic ecosystems. *Water Research*. 18(6): 653 – 694.

ZAMORA, H. 1999. Adaptación del índice BMWP para la evaluación biológica de la calidad de las aguas epicontinentales en Colombia. *Rev. Unicauca. Ciencia*. 4: 47-60.

ZAMORA. H; SARRIA. 2001. Calidad biológica de dos ecosistemas lóticos afectados por aguas residuales de rallanderias de yuca, mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores, comparando además la aplicación de los índices de Shannon – weaver y BMWP. *Revista Unícauca - Ciencia*; 6:21-41.

ZAR J. 1999. *Biostatistical Analysis*. Prentice hall Inc., Englewood Cliffs. 663 pp.

PHILUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ZONA 1. Quebrada Aguas Tibias						
					ni	pi	lnpi	H`	BMWP		
								(pi*lnpi)*-1			
ARTROPODA	INSECTA	Odonata	Libellulidae	Traema	6	0,0040404	-5,51141058	0,02226833	6		
				Brechmorhoga	20	0,01346801	-4,30743778	0,05801263			
				Pantala	5	0,003367	-5,69373214	0,01917082			
			Aeshnidae	Aeshna	10	0,00673401	-5,00058496	0,03367397	7		
			Calopterygidae	Hetaerina	65	0,04377104	-3,12878278	0,13695009	8		
		Hemiptera	Naucoridae	Heleocoris	22	0,01481481	-4,2121276	0,06240189	7		
				Cryphocricos	30	0,02020202	-3,90197267	0,07882773			
				Ambrysus	24	0,01616162	-4,12511622	0,06666854			
		Ephemeroptera	Tricorythidae	Leptohyphes	87	0,05858586	-2,83726193	0,16622343	7		
			Baetidae	Baetodes	41	0,02760943	-3,58959798	0,09910675	8		
				Baetis	63	0,04242424	-3,16003532	0,1340621			
			leptophlebiidae	Thraulodes	50	0,03367003	-3,39114705	0,11418004	9		
				Terpides	62	0,04175084	-3,17603567	0,13260216			
		Neuroptera	Coridalidae	Corydalus	25	0,01683502	-4,08429423	0,06875916	6		
		Coleoptera	Elmidae	Cylloepus	33	0,02222222	-3,80666249	0,0845925	7		
				Heterelmis	75	0,05050505	-2,98568194	0,15079202			
			Ptilodactylidae	Anchytarsus	57	0,03838384	-3,26011878	0,12513587	10		
			Psephenidae	Psephenos	31	0,02087542	-3,86918285	0,08077082	10		
		Plecoptera	Perlidae	Anacroneuria	219	0,14747475	-1,91409832	0,28228117	10		
		Diptera	Tipulidae	Hexatoma	14	0,00942761	-4,66411272	0,04397143	4		
			Blepharoceridae	Limonicola	5	0,003367	-5,69373214	0,01917082	10		
			Empididae	Hemerodronia	1	0,0006734	-7,30317005	0,00491796	5		
		Trichoptera	Hydropsychidae	Smicridia	188	0,12659933	-2,06672809	0,26164638	8		
				Leptonema	237	0,15959596	-1,83510991	0,29287613			
			Leptoceridae	Grumichella	48	0,03232323	-3,43196904	0,11093233	8		
				Nectopsyche	24	0,01616162	-4,12511622	0,06666854			
			Glossosomatidae	Mortoniella	43	0,02895623	-3,54196994	0,10256209	10		
		1	1	8	18	27	1485	1	0	2,8192257	140

Anexo A. Composición de la estructura de macroinvertebrados acuáticos y valores del índice BMWP para la zona uno .Quebrada Agua Tibia.

PHILUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ZONA 2. Quebrada La victoria antes del sitio de unión.				
								H'	BMWP
					ni	pi	lnpi	(pi*lnpi)*-1	
ARTROPODA	INSECTA	Odonata	Libellulidae	Brechmorhoga	23	0,01497396	-4,2014427	0,06291223	6
			Calopterygidae	Hetaerina	41	0,02669271	-3,62336485	0,09671742	8
			Coenagrionidae	Acanthagrion	43	0,02799479	-3,5757368	0,10010201	9
		Hemiptera	Naucoridae	Heleocoris	69	0,04492188	-3,10283041	0,13938496	7
				Cryphocricos	39	0,02539063	-3,67337527	0,09326929	
				Ambrysus	20	0,01302083	-4,34120464	0,0565261	
		Ephemeroptera	Tricorythidae	Leptohyphes	74	0,04817708	-3,03287182	0,14611492	7
			Baetidae	Baetodes	43	0,02799479	-3,5757368	0,10010201	8
				Baetis	50	0,03255208	-3,42491391	0,11148808	
			leptophlebiidae	Thraulodes	74	0,04817708	-3,03287182	0,14611492	9
				Terpides	81	0,05273438	-2,94248776	0,15517025	
		Neuroptera	Coridalidae	Corydalis	70	0,04557292	-3,08844167	0,14074929	6
		Coleoptera	Elmidae	Cylloepus	48	0,03125	-3,4657359	0,10830425	7
				Heterelmis	113	0,07356771	-2,60954909	0,19197855	
			Ptilodactylidae	Anchytarsus	35	0,02278646	-3,78158885	0,08616902	10
			Psephenidae	Psephenos	52	0,03385417	-3,3856932	0,11461982	10
		Plecoptera	Perlidae	Anacroneura	110	0,07161458	-2,63645655	0,18880874	10
		Diptera	Tabanidae	Chrysops	14	0,00911458	-4,69787958	0,04281921	5
		Trichoptera	Hydropsychidae	Smicridia	260	0,16927083	-1,77625528	0,30066821	8
				Leptonema	193	0,12565104	-2,07424672	0,26063126	
			Glossosomatidae	Mortoniella	51	0,03320313	-3,40511128	0,11306034	10
Lepidoptera	Pyralidae	Sin determinar	33	0,02148438	-3,84042935	0,08250922	9		
1	1	9	17	22	1536	1	0	2,8382201	129

Anexo B. Composición de la estructura de macroinvertebrados acuáticos y valores del índice BMWP para la zona dos. Quebrada La victoria.

PHILUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ZONA 3. Sitio de unión Quebrada La Victoria y Aguas Tibias.				
								H'	BMWP
					ni	pi	lnpi	(pi*lnpi)*-1	
ARTROPODA	IIINSECTA	Odonata	Libellulidae	Traema	13	0,00762016	-4,87695737	0,03716322	6
				Brechmorhoga	18	0,010551	-4,55153497	0,04802323	
			Calopterygidae	Hetaerina	54	0,03165299	-3,45292268	0,10929533	8
		Hemiptera	Naucoridae	Cryphocricos	21	0,0123095	-4,39738429	0,05412958	7
				Ambrysus	21	0,0123095	-4,39738429	0,05412958	
		Ephemeroptera	Tricorythidae	Leptohyphes	165	0,09671747	-2,33596125	0,22592826	7
			Baetidae	Baetodes	43	0,02520516	-3,68070661	0,09277279	8
				Baetis	83	0,04865182	-3,02306612	0,14707766	
			leptophlebiidae	Thraulodes	41	0,02403283	-3,72833466	0,08960242	9
				Terpides	25	0,01465416	-4,2230309	0,06188498	
		Neuroptera	Coridalidae	Corydalus	39	0,02286049	-3,77834508	0,08637483	6
		Coleoptera	Elmidae	Cyloopus	61	0,03575615	-3,33103286	0,11910493	7
				Heterelmis	114	0,06682298	-2,70570828	0,18080348	
			Ptilodactylidae	Anchytarsus	77	0,04513482	-3,09810131	0,13983224	10
			Psephenidae	Psephenos	32	0,01875733	-3,97617083	0,07458234	10
		Plecoptera	Perlidae	Anacroneura	61	0,03575615	-3,33103286	0,11910493	10
		Diptera	Tipulidae	Hexatoma	19	0,01113716	-4,49746775	0,05008903	4
		Trichoptera	Hydroptilidae	Smicridia	248	0,14536928	-1,92847798	0,28034147	8
				Leptonema	418	0,24501758	-1,4064253	0,34459893	
			Leptoceridae	Nectopsyche	45	0,02637749	-3,63524424	0,09588862	8
			Glossosomatidae	Mortoniella	58	0,03399766	-3,38146372	0,11496184	10
		Arachnoidea	Acari	NN	50	0,02930832	-3,52988372	0,10345497	10
1	1	9	16	22	1706	1	0	2,6291446	128

Anexo C. Composición de la estructura de macroinvertebrados acuáticos y valores del índice BMWP para la zona tres .Quebrada La victoria.

PHILUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	Zona 4. Balneario Loma Linda Quebrada la victoria.					
								H'	BMWP	
					ni	pi	Inpi	(pi*Inpi)*-1		
ARTROPODA	INSECTA	Odonata	Libellulidae	Brechmorhoga	31	0,01739618	-4,0515044	0,07048072	6	
			Calopterygidae	Hetaerina	59	0,03310887	-3,40795416	0,1128335	8	
		Hemiptera	Naucoridae	Cryphocricos		67	0,0375982	-3,28079899	0,12335215	7
				Ambrysus		31	0,01739618	-4,0515044	0,07048072	
		Ephemeroptera	Tricorythidae	Tricorythodes		186	0,1043771	-2,25974493	0,23586563	7
				Leptohyphes		132	0,07407407	-2,60268969	0,19279183	
			Baetidae	Baetodes		23	0,01290685	-4,34999739	0,05614475	8
				Baetis		29	0,01627385	-4,11819578	0,0670189	
			Leptophlebiidae	Thraulodes		41	0,02300786	-3,77191954	0,08678378	9
				Terpides		21	0,01178451	-4,44096917	0,05233465	
		Neuroptera	Coridalidae	Corydalus		69	0,03872054	-3,2513851	0,12589538	6
		Coleoptera	Elmidae	Cylloepus		100	0,05611672	-2,88032142	0,1616342	7
				Macrelmis		139	0,07800224	-2,55101767	0,1989851	
				Heterelmis		197	0,11054994	-2,20228788	0,2434628	
		Plecoptera	Perlidae	Anacroneura		36	0,02020202	-3,90197267	0,07882773	10
		Diptera	Tipulidae	Tipula		62	0,03479237	-3,35835722	0,1168452	4
			Chironomidae	Chironomus		218	0,12233446	-2,10099655	0,25702427	2
Trichoptera	Hydroptilidae	Smicridia		83	0,04657688	-3,066651	0,14283504	8		
		Leptonema		69	0,03872054	-3,2513851	0,12589538			
	Hydrobiosidae	Atopsyche		48	0,02693603	-3,6142906	0,09735463	9		
MOLLUSCA	GASTROPODA	Basommatophora	Physidae	Physa	91	0,05106622	-2,9746321	0,15190321	3	
			Limnaeidae	Lymnaea	16	0,00897868	-4,71290289	0,04231563	4	
ANNELIDA	OLIGOCHAETA	Haplotaxida	NN	NN	34	0,01907969	-3,95913108	0,07553898	2	
3	3	10	16	23	1782	1	0	2,8866042	100	

Anexo D. Composición de la estructura de macroinvertebrados acuáticos y valores del índice BMWP para la zona cuatro. Quebrada La victoria.

PHILUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ZONA 5. Quebrada La victoria desembocadura al río Cofre				
								H'	BMWP
					ni	pi	lnpi	(pi*lnpi)*-1	
ARTROPODA	INSECTA	Odonata	Calopterygidae	Hetaerina	38	0,01548492	-4,16788847	0,06453943	8
		Hemiptera	Naucoridae	Cryphocricos	36	0,01466993	-4,22195569	0,06193578	7
				Ambrysus	31	0,01263244	-4,37148742	0,05522254	
		Ephemeroptera	Tricorythidae	Tricorythodes	276	0,11246944	-2,18507376	0,24575402	7
				Leptohyphes	50	0,0203749	-3,89345162	0,07932868	
			Baetidae	Baetodes	35	0,01426243	-4,25012656	0,06061713	8
			Leptophlebiidae	Thraulodes	34	0,01385493	-4,2791141	0,05928683	9
		Terpides		30	0,01222494	-4,40427724	0,05384202		
		Neuroptera	Coridalidae	Corydalus	68	0,02770986	-3,58596692	0,09936665	6
		Coleoptera	Elmidae	Cylloepus	290	0,11817441	-2,1355937	0,25237252	7
				Macrelmis	236	0,09616952	-2,34164282	0,22519466	
				Heterelmis	103	0,04197229	-3,17074564	0,13308346	
		Diptera	Tipulidae	Tipula	86	0,03504482	-3,35112733	0,11743967	4
			Chironomidae	Chironomus	306	0,12469438	-2,08188952	0,25959992	2
			Simuliidae	Simulium	62	0,02526487	-3,67834024	0,0929328	9
		Trichoptera	Hydroptilidae	Smicridia	77	0,03137734	-3,4616692	0,10861798	8
				Leptonema	73	0,02974735	-3,51501518	0,10456239	
			Leptoceridae	Nectopsyche	34	0,01385493	-4,2791141	0,05928683	8
			Helicopsychidae	Helicopsyche	37	0,01507742	-4,19455671	0,06324311	8
MOLLUSCA	GASTROPODA	Basommatophora	Physidae	Physa	386	0,15729421	-1,84963726	0,29093724	3
			Limnaeidae	Lymnaea	48	0,0195599	-3,93427361	0,07695401	4
ANNELIDA	OLIGOCHAETA	Haplotaxida	NN	NN	7	0,00285249	-5,85956448	0,01671432	2
PLATHELMINTHES	TURBELLARIA	Tricladida	Planariidae	Dugesia	111	0,04523227	-3,09594442	0,14003661	6
4	4	10	17	23	2454	1	0	2,7208686	106

Anexo E. Composición de la estructura de macroinvertebrados acuáticos y valores del índice BMWP para la zona cinco. Quebrada La victoria.

Anexo F. Datos variables físicas y químicas. Promedio y desviación estándar durante el tiempo de muestreo.

ZONAS	MESES	Temperatura ambiente	Temperatura hídrica	Oxígeno	% de saturación	CO ₂	pH	Conductividad
UNO	Junio	22	19	9,1	95	2,7	7	50
	Julio	22,5	19,5	9	95	1,3	7	41
	Agosto	20	18	8,4	84	2,4	7	39
	Septiembre	20,5	19	8,1	85	2,5	7	65
	Octubre	20	18	8,43	84	2,5	7	52
	Noviembre	21	19	8,2	85	2,4	7	40
Promedio Zona Uno		21	18,75	8,54	88	2,3	7	47,83
DOS	Junio	22	20	9,1	99	2,6	7	49
	Julio	22,5	19	8,7	94	2,2	7	45
	Agosto	20	18,5	8,94	86	2,4	7	39
	Septiembre	20,5	19	8,19	84	2,2	7	42
	Octubre	20	18	8,44	85	2,2	7	30
	Noviembre	21	20,5	9,8	104	2,5	7	20
Promedio Zona Dos		21	19,17	8,86	92	2,35	7	37,5
TRES	Junio	22	20	9	100	2,8	7	47
	Julio	22,5	20,5	8,4	97	2,3	7	52
	Agosto	20	18,5	7,6	80	2,6	7	51
	Septiembre	20,5	19	8,2	85	2,2	7	45
	Octubre	20	18	8,6	87	2,2	7	39
	Noviembre	21	18	9,5	102	2,5	7	10
Promedio Zona Tres		21	19	8,55	91,83	2,43	7	40,67
CUATRO	Junio	22	21	8,4	96	2,5	7,8	54
	Julio	22,5	22	7,6	83	2,2	8	56
	Agosto	20	19,5	8,2	86	3,5	8	65
	Septiembre	20,5	20	8,6	88	3,5	8,1	53
	Octubre	20	18	7,9	82	3,5	8,1	42
	Noviembre	21	19	9,6	105	4,1	8,2	39
Promedio Zona Cuatro		21	19,92	8,38	90	3,22	8,03	51,5
CINCO	Junio	22	20	7,8	83	3,7	7,9	68
	Julio	22,5	19	7,5	80	2,5	8	59
	Agosto	20	19	8	84	1,8	8,3	55
	Septiembre	20,5	20	7,1	81	2,2	7,9	60
	Octubre	20	19	7	80	2,3	8	54
	Noviembre	21	18	7,6	80	2	8	43
Promedio Zona Cinco		21	19,17	7,5	81,33	2,42	8,07	56,5
Promedio Total de Muestreo		21	19,2	8,37	88,63	2,54	7,41	46,8
Desviación estándar		0,97	1,01	0,69	7,82	0,59	0,52	12,54

Anexo G. Precipitación Total Mensual Del Municipio De Popayán

Estación Aeropuerto Guillermo León Valencia

Departamento del Cauca

Municipio De Popayán

Latitud 2° 26` N

Longitud 76° 35` W

Altitud 1730 msnm

Medios	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Precipitación	199.8	175.7	216.4	200.9	170.7	76.9	54.8	65.9	122.7	252.6	338.5	252.3
N° días	17	16	19	20	21	14	10	10	15	23	24	21
T. máx. abs.	29	29	29.4	29.0	29.3	29.2	29	30.1	29.6	29	28.4	29.2
T. mín. abs.	8.2	7.4	6.4	8.8	8.8	6.8	6.8	6.1	6.1	8.8	8	8
T. máx. med.	24.1	24.3	24.6	24.4	24.3	24.6	24.9	25.1	24.8	24.1	23.8	23.9
Temperatura	18.8	19.1	19	19	18.9	19	19.1	19.3	19	18.5	18.4	18.6
T. mín. med.	13.2	13.3	13.5	13.7	13.8	12.8	11.9	12	12.4	13.4	13.6	13.7
Humedad	80	79	79	80	80	77	71	69	74	80	82	82
Evaporación	88.9	87.2	102.6	83.7	82.4	92.6	110.6	105	100.1	87.8	87.7	83.8
Brillo	160.6	125.9	125.9	106.8	113	147.6	172.8	162.3	129.2	108.9	121.4	140.4

Anexo H. Macroinvertebrados acuáticos encontrados en el estudio.

Orden : Trichoptera	
 <p>Leptoceridae, <i>Grumichella</i></p>	 <p>: Helicopsychidae, <i>Helicopsyche</i></p>
 <p>Hydrobiosidae, <i>Atopsyche</i></p>	 <p>Hydropsychidae, <i>Smicridia</i></p>

Orden: Coleóptera	
 <p>Elmidae, <i>Macrelmis</i> sp</p>	 <p>Ptilodactylidae, <i>Anchytarsus</i></p>

Orden: Díptera



Tipulidae, *Tipula*



Simuliidae, *Simulium sp*



Chironomidae, *Chironomus*

Orden : Ephemeroptera



Baetidae, *Baetis sp*



Baetidae- *Baetodes sp*



Leptophlebiidae, *Thraulodes*



Leptophlebiidae, *Terpides sp*

Orden: Plecóptera



Perlidae- Anacroneturia

**PLATHELMINTHES
Orden Tricladida**



Planariidae, Dugesia.

Orden: Odonata



Libellulidae, Brechmorhoga