

Informe sobre la evaluación de la calidad del agua de la quebrada Zapatero del municipio de La Plata Huila, mediante la aplicación de los métodos BMWP/COL y ASPT correlacionados con parámetros fisicoquímicos

Tesis presentada para obtener el título de
Ingeniera Ambiental

Ángela Daniela Pérez Losada

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD
Escuela de Ciencias Agrícola, Pecuaria y del Medio Ambiente
Ingeniería ambiental
La Plata Huila
2019

Informe sobre la evaluación de la calidad del agua de la quebrada Zapatero del municipio de La Plata Huila, mediante la aplicación de los métodos BMWP/COL y ASPT correlacionados con parámetros fisicoquímicos

Tesis presentada para obtener el título de
Ingeniera Ambiental

Ángela Daniela Pérez Losada

Erika Tatiana Obando
Director

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD
Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente
Ingeniería ambiental
La Plata Huila
2019

Página de Aceptación

Myrian Sofía Guzmán Oliveros
Jurado

Dedicatoria

Este proyecto está dedicado a mis padres que con gran esfuerzo y sacrificio han logrado que hoy me encuentre a un paso de ser profesional, además de ser siempre mi compañía en todos los momentos difíciles, a mis hermanas por ser mi apoyo, a cada una de las personas que estuvieron conmigo en el desarrollo de esta investigación.

Agradecimientos

A Dios por permitirme desarrollar este proyecto con éxito, dándome la sabiduría correspondiente y la pasión por el trabajo.

A mi familia, en especial a mis padres y hermanas por su colaboración en todo este proceso.

A la Ingeniera Erika Obando, por su asesoría en el desarrollo de este trabajo de investigación y por compartir sus conocimientos como Ingeniera ambiental.

A mi compañera Eliana Andrade por su conocimiento en macroinvertebrados y acompañamiento en los días de muestreo.

Al Ingeniero Daniel Rodríguez por su colaboración y conocimiento en macroinvertebrados.

Tabla de Contenidos

Aspectos Generales.....	12
Introducción.....	12
Planteamiento del problema.....	15
Justificación.....	17
Objetivos.....	19
Objetivo general.....	19
Objetivos específicos.....	19
Marco Teórico.....	20
El agua.....	20
Calidad de agua.....	20
Agotamiento de los recursos naturales: contaminación.....	20
Fuentes de contaminación.....	21
Los macroinvertebrados como alternativa de análisis.....	22
Índices biológicos: una herramienta de monitoreo.....	25
Método BMWP/Col.....	26
Método ASPT.....	27
Parámetros físicos y químicos del agua.....	27
Área de Estudio.....	29
Características geográficas.....	29
Metodología.....	31
Definición de sitios de muestreo.....	31
Muestreo.....	34
Procesamiento de la información.....	37
Resultados.....	39
Parámetros fisicoquímicos.....	43
Análisis de Resultados.....	45
Composición de macroinvertebrados.....	45
Puntaje BMWP/COL VS Puntaje ASPT.....	49
Calidad del agua por el método BMWP/Col y ASPT en la parte alta de la quebrada Zapatero.....	51
Calidad del agua por el método BMWP/Col y ASPT en la parte media de la quebrada Zapatero.....	53
Calidad del agua por el método BMWP/Col y ASPT en la parte baja de la quebrada Zapatero.....	56
Relación de parámetros fisicoquímicos.....	58
Comparación de macroinvertebrados con los parámetros fisicoquímicos.....	65
Conclusiones.....	70
Recomendaciones.....	72
Referencias Bibliográficas.....	73
Anexos.....	77

Lista de tablas

Tabla 1. Clases de calidad del agua, valores BMWP/Col.....	26
Tabla 2. Coordenadas y puntos de muestreo.....	30
Tabla 3. Composición de Macroinvertebrados.....	40
Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos.....	43
Tabla 5. Clasificación de Macroinvertebrados.....	45
Tabla 6. Familia de Macroinvertebrados.....	48
Tabla 7. Relación de partes puntaje BMWP/Col.....	50
Tabla 8. Relación de partes puntaje ASPT	50
Tabla 9. Puntaje BMWP/Col parte alta quebrada Zapatero.....	52
Tabla 10. Puntaje ASPT parte alta quebrada Zapatero.....	53
Tabla 11. Puntaje BMWP/Col parte media quebrada Zapatero.....	55
Tabla 12. Puntaje ASPT parte media quebrada Zapatero.....	55
Tabla 13. Puntaje BMWP/Col parte baja quebrada Zapatero.....	57
Tabla 14. Puntaje ASPT parte baja quebrada Zapatero.....	58
Tabla 15. pH quebrada Zapatero.....	59
Tabla 16. Turbiedad quebrada Zapatero.....	60
Tabla 17. Conductividad quebrada Zapatero.....	61
Tabla 18. Temperatura quebrada Zapatero.....	62
Tabla 19. Concentración de Oxígeno quebrada Zapatero.....	63
Tabla 20. Salinidad quebrada Zapatero.....	64
Tabla 21. Sólidos Disueltos Totales quebrada Zapatero.....	65

Lista de Figuras

Figura 1. Mapa Fuente Hídrica Zapatero.....	29
Figura 2. Red de pantalla.....	35
Figura 3. Hojarasca y fauna bentónica.....	35
Figura 4. Toma de parámetros fisicoquímicos in situ.....	37
Figura 5. Diversidad de Macroinvertebrados.....	38
Figura 6. Aspecto e impactos en la zona de influencia quebrada Zapatero.....	39
Figura 7. Macroinvertebrados predominantes.....	47

Lista de Graficas

Grafica 1. Familia de Macroinvertebrados encontrados en los tres puntos de muestreo.....	48
Grafica 2. Puntaje BMWP/Col VS Puntaje ASPT.....	49
Grafica 3. Calidad del agua por el método BMWP/Col en la parte alta de la quebrada Zapatero.....	51
Grafica 4. Calidad del agua por el método ASPT en la parte alta de la quebrada Zapatero....	52
Grafica 5. Calidad del agua por el método BMWP/Col en la parte media de la quebrada Zapatero.....	54
Grafica 6. Calidad del agua por el método ASPT en la parte media de la quebrada Zapatero.	54
Grafica 7. Calidad del agua por el método BMWP/Col en la parte baja de la quebrada Zapatero.....	56
Grafica 8. Calidad del agua por el método ASPT en la parte baja de la quebrada Zapatero....	57
Grafica 9. Ph Quebrada Zapatero.....	59
Grafica 10. Turbiedad Quebrada Zapatero.....	60
Grafica 11. Conductividad Quebrada Zapatero.....	61
Grafica 12. Temperatura Quebrada Zapatero	62
Grafica 13. Concentración de Oxigeno Quebrada Zapatero.....	63
Grafica 14. Salinidad Quebrada Zapatero.....	64
Grafica 15. Solidos Disueltos Totales Quebrada Zapatero.....	65

Resumen

Este trabajo de investigación se realizó con el propósito de evaluar la calidad del agua de la quebrada Zapatero del municipio de La Plata Huila, utilizando macroinvertebrados como indicadores biológicos del agua, con el fin de aportar información que ayude a determinar el grado de contaminación de la fuente hídrica. Se establecieron 3 puntos de muestreo, los cuales se seleccionaron teniendo en cuenta la parte alta, media y baja de la cuenca. Para realizar el análisis y la recolección de la fauna bentónica, se efectuaron 15 repeticiones por cada uno de los puntos de muestreo utilizando una red de pantalla para atrapar los macroinvertebrados, utilizando la metodología BMWP/Col, el método ASPT correlacionados con parámetros fisicoquímicos.

Se recolectaron en total 4000 macroinvertebrados distribuidos en 4 Phylum, 6 Clases, 13 Órdenes, 27 Familias y 34 Géneros, los parámetros como, pH, turbiedad, conductividad, temperatura, Solidos Totales Disueltos (TDS), salinidad, presentaron cambios en cada uno de los puntos de muestreo, la fuente hídrica cuenta con alta disponibilidad de Concentración Oxígeno, en relación con los resultados obtenidos con el índice BMWP/Col y el índice ASPT permitió clasificar las tres zonas en Clase II – Calidad Aceptable- Aguas Ligeramente Contaminadas.

Se concluye que la evaluación de la calidad del agua de la quebrada Zapatero mediante indicadores biológicos es una estrategia confiable donde se obtiene resultados favorables para conocer los grados de contaminación de la fuente hídrica.

Palabras Clave: Biondicadores, Macroinvertebrados, Fuente Hídrica, método BMWP/Col, ASPT, Calidad del agua.

Abstract

The research was carried out with the aim of evaluating the water quality of Zapatero stream from the municipality of La Plata-Huila, using macroinvertebrates as biological water indicators, in order to provide information that determine the contamination degree. Three sampling points were established, considering the upper, middle and lower part of the stream. 15 repetitions were made for each sampling points, using a screen net according to the BMWP/Col methodology, and the ASPT method correlated with physicochemical parameters. A total of 4000 macroinvertebrates were distributed in 4 phylum, 6 Classes, 13 Orders, 27 Families and 34 generas. Parameters as pH, turbidity, conductivity, temperature, Total Dissolved Solids (TDS), salinity showed changes among sampling points. The water source has high availability of oxygen concentration, in relation to the results obtained with the BMWP/Col index and the ASPT index allowed classifying the three zones in Class II - Acceptable Quality - Slightly Contaminated Water. We concluded that the evaluation of Zapatero stream water quality by biological indicators is a reliable strategy where favorable results are obtained to know the water source contamination degree.

Keywords: Biondicators, Macroinvertebrates, Water Source, BMWP/Col method, ASPT, Water quality

Aspectos Generales

Introducción

Colombia es un país que contiene una extensa red superficial de agua, representada en ríos, quebradas, lagos, lagunas, riachuelos y demás. Las fuentes hídricas hacen parte de los recursos naturales más importantes y fundamentales para la vida puesto que desarrollan dentro de sí una variedad de ecosistemas (Meza, Rubio, Días & Walteros, 2012). El departamento del Huila a nivel nacional, es uno de los mayores territorios con disponibilidad hídrica. Según la Evaluación Regional del Agua – ERA realizada por la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM) en el año 2018, este departamento cuenta con aproximadamente 92.200 corrientes hídricas superficiales dentro de las cuales 2.129 corresponden a quebradas, que a lo largo de su cauce sufren impactos significativos como cambios en el flujo natural de la materia y energía, alteración del ciclo de los nutrientes y degradación de la calidad a causa de la contaminación generada por actividades agrícolas y demás actividades antropogénicas (Coutinho, Noellemeyer, Jobbagy, Jonathan & Paruelo, 2009).

La quebrada Zapatero, situada en la vereda Bajo Cañada, zona rural del municipio de La Plata en el Departamento del Huila, es una de las fuentes hídricas que se ve expuesta a sufrir los efectos de la contaminación. No obstante, es utilizada como fuente de abastecimiento de un acueducto rural que suministra agua a un barrio del municipio y

lo largo de su trayectoria se emplea para riego de cultivos, consumo de animales e incluso consumo humano sin ningún tipo de tratamiento. Teniendo en cuenta lo dicho, se puso en marcha este proyecto de investigación con el objetivo de analizar la calidad del agua de esta red hídrica superficial en su zona alta, media y baja, puntos estratégicos en los que se evidencian diferentes tipos de contaminación, empleando macroinvertebrados como bioindicadores. Estos, son una fauna bentónica que se puede identificar a simple vista y presentan largos ciclos de vida, reaccionan a los diferentes impactos que se efectúan en los cuerpos de agua, ya sea porque son tolerantes a la contaminación o por el contrario demasiados sensibles y por lo tanto permiten un análisis rápido, económico y veraz (Roldán, 2003).

El desarrollo metodológico se llevó a cabo mediante la aplicación del índice biológico BMWP (Biological Monitoring Working Party), el cual consiste en la asignación de un puntaje que oscila entre 1 y 10 para las diversas familias de macroinvertebrados. De acuerdo con Viveros (2016), se basa en datos cualitativos de presencia o ausencia de los bentos de acuerdo a la cantidad de contaminación orgánica existente en la zona.

Además, se aplicó el índice ASPT (Average Score Per Taxon) que resulta a partir del puntaje obtenido del método BMWP dividido por el número de familias identificadas en cada punto de muestreo, con el fin de aportar mayor veracidad a los datos (Patiño, 2015).

Este tipo de investigación permite ampliar el conocimiento sobre la biodiversidad presente en los cuerpos de agua y la importancia ecológica de los mismos. A su vez, se convierte en una herramienta clave que sirve como modelo de estudio y análisis de la calidad del agua de las demás fuentes hídricas del municipio, al ser un método fácil de aplicar, que aporta información técnico-científica confiable a los entes ambientales y gubernamentales de la región para mejorar la calidad del agua y la condición de vida de la comunidad en general.

Planteamiento del problema

Colombia es uno de los países con mayor número de fuentes hídricas en el mundo. Los ríos y quebradas forman un sistema a través de las cuencas hidrográficas y sus desembocaduras para trasladar sedimentos y fluidos vitales, realizando complejas reacciones dinámicas con el fin de dar sustento en todo su recorrido a la vida (Campoblanco y Gomero, 2000). Dentro de la atmósfera, se llevan a cabo procesos superficiales naturales y antrópicos decisivos en la dinámica de transformaciones sociales y productivas que influyen de forma adversa en la cantidad, distribución y calidad del recurso hídrico (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia – IDEAM, 2015).

Actualmente, los flujos hídricos están expuestos a un alto grado de vulnerabilidad por negligencia, falta de conciencia y desconocimiento de la población acerca de la necesidad de protegerlos, además de la falta de toma de medidas de acción por parte de las autoridades ambientales, técnicos y profesionales a quienes les corresponde cuidar y velar por la conservación de los recursos naturales (Mejía, 2005).

El municipio de La Plata en el Departamento del Huila, cuenta con una cantidad considerable de afluentes hídricos, dentro de los cuales se encuentra la quebrada Zapatero, una fuente importante del ecosistema del municipio, de la cual se suplen necesidades sociales como el consumo de agua de la población tanto rural como urbana, además de emplearse para usos agrícolas en riego de cultivos, usos pecuarios en el

consumo de agua de animales y demás sistemas productivos, aun desconociendo su calidad.

La quebrada Zapatero, al tener una elevada demanda, presenta focos de contaminación por vertimientos en gran parte de su trayectoria, donde la expansión agrícola es una de las actividades que más impactos adversos genera, con los cultivos de café, cacao, maíz y plátano, teniendo en cuenta el uso indiscriminado de agroquímicos que por escorrentía o infiltración llegan al cuerpo de agua. Sumando a esto, la descarga de aguas residuales domésticas resultantes de las actividades de la población rural aledaña, que en su mayoría no cuentan con servicios públicos o pozos sépticos.

De esta manera, surge la necesidad de conocer la calidad del agua de la quebrada Zapatero, afluente y ecosistema hídrico importante para el desarrollo social y productivo del municipio de La Plata Huila que se ve afectado por diferentes actividades antrópicas y el cual se ha convertido en un problema ambiental latente que pone en riesgo la salud de las personas y la conservación de los recursos naturales de la región.

Pregunta de investigación. ¿Cuál es el estado de la calidad del agua de la quebrada Zapatero de acuerdo a los macroinvertebrados presentes en la fuente hídrica?

Justificación

Actualmente, los problemas de contaminación ambiental a causa de actividades antrópicas se han convertido en escenarios complejos en los que según Beck (como se citó en Ramírez, 2015) un modelo de desarrollo cada vez más dependiente del consumo y uso inadecuado de los recursos naturales ha forjado un panorama de insostenibilidad que da paso a una sociedad de riesgo.

Este proyecto evalúa la calidad de agua de la quebrada Zapatero, identificando macroinvertebrados, empleados como bioindicadores, y relacionándolos con parámetros físico químicos del agua. Teniendo en cuenta la importancia ecosistémica, y su uso como fuente abastecedora de sistemas sociales y de producción que carece de estudios pertinentes sobre calidad de agua y fauna asociada.

Con esta investigación, se generan bases para la toma de decisiones entorno a medidas de compensación, mitigación, restauración y corrección para esta fuente hídrica y para el manejo de las aguas residuales resultantes de las actividades antrópicas. Al trabajar con bioindicadores se aplica un método eficaz y económico que brinda información biológica a partir de los macroinvertebrados bentónicos, con lo que se reduce el costo de los estudios que son fundamentales en el monitoreo de la calidad del agua, ya que este tipo de fauna es generalmente abundante, de fácil recolección, se puede ver a simple vista, presenta un ciclo de vida relativamente largo con reacción inmediata ante un impacto, además de no requerir personal especializado para su identificación y trabajo en laboratorio.(Toro, Schuster, Kurosawa, Araya y Contreras, 2003).

De acuerdo con CEPAL 2002, se estima que para el año 2020, el aprovechamiento del agua se incrementará en un 40% con el fin de satisfacer las necesidades de una población en crecimiento, razón que se convierte en una justificación más para el desarrollo de este proyecto, pues se hace necesario conocer la calidad del agua de esta fuente hídrica, la cual puede ser empleada como alternativa para abastecimiento del acueducto municipal en caso de presentarse una situación crítica de escases.

Con el desarrollo de este proyecto se potencializará el uso de indicadores biológicos, los cuales son una herramienta útil y fácil de emplear, que reduce costos al momento de requerirse un monitoreo de la calidad de un cuerpo de agua. Además de generarse información técnico-científica en cuanto a los focos o fuentes principales de contaminación del recurso, para posteriormente realizar campañas de sensibilización y concientización a la comunidad aledaña de la fuente hídrica.

Al momento de realizar la investigación se observó que la población está consumiendo el agua de esta fuente hídrica sin ningún tipo de tratamiento. De la misma forma, por falta de conocimiento, los impactos ambientales sobre la quebrada se incrementan aguas abajo.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar la calidad el agua de la quebrada Zapatero del municipio de La Plata Huila, mediante la aplicación de los métodos BMWP/COL y ASPT correlacionados con parámetros fisicoquímicos.

Objetivos específicos

- Identificar los puntos de muestreo en la parte alta, media y baja de la quebrada Zapatero del municipio de la Plata Huila.
- Caracterizar los macroinvertebrados presentes en la quebrada Zapatero del municipio de La Plata Huila.
- Presentar el análisis de los resultados en el estudio y compararlo con los análisis fisicoquímicos que se hallaron.

Marco Teórico

El agua

Un recurso natural renovable que en condiciones normales existe en los tres estados de la materia: líquida, sólida y gaseosa, así es considerada el agua, una fuente esencial para el mantenimiento de los seres vivos (Mancheno & Ramos, 2015).

Calidad del agua

De acuerdo con Mejía (2005), se habla de calidad de agua cuando se refiere a las condiciones en que se encuentra el agua con respecto a sus características físicas, químicas y biológicas en su estado natural o después de ser alteradas antropológicamente. La calidad del agua varía dependiendo los usos que a esta se le den.

Agotamiento de los recursos naturales: contaminación

La presencia o incorporación al ambiente de sustancias o elementos tóxicos que resultan ser perjudiciales para el medio ambiente o el hombre, se conoce como contaminación (Bermúdez, 2010). De acuerdo a la afectación que estas sustancias o elementos ocasionan a los recursos naturales, se conocen diferentes tipos de contaminación;

- Contaminación del agua: Este suceso ocurre cuando al recurso hídrico son depositados vertimientos, lixiviados y demás sustancias ya sean sólidas o acuosas que alteran sus parámetros físicos, químicos y biológicos. Se conoce como la modificación del recurso, que la convierte en peligrosa para el consumo humano, la industria, agricultura y demás actividades. En la mayoría, es ocasionada por el hombre.

Fuentes de contaminación

Existen dos fuentes de contaminación del agua. Una es por medio natural, donde el agua puede contener componente de origen nativo debido al contacto con la atmósfera y el suelo como sales y minerales. Por otra parte, están las fuentes artificiales, donde la contaminación se produce a partir de las actividades humanas.

Los principales contaminantes del agua se clasifican en ocho grupos, mencionados a continuación:

a. Microorganismos patógenos (son todos aquellos que transmiten enfermedades y llegan al agua en las heces)

b. Desechos orgánicos (conjunto de residuos producidos por los seres humanos y animales que pueden ser descompuestos por bacterias en procesos de consumo de oxígeno, pero que, por gran cantidad, las bacterias agotan el oxígeno presente en el agua)

c. Sustancias químicas inorgánicas (ácidos, sales y metales tóxicos que causan daño a los seres vivos)

d. Nutrientes vegetales inorgánicos (si se encuentran en cantidades excesivas provocan eutrofización)

e. Compuestos orgánicos (productos fabricados por el hombre que tienen estructuras moleculares complejas difíciles de degradar por los microorganismos presentes en el agua)

f. Sedimentos y materiales suspendidos (son la mayor fuente de contaminación del agua, provocan un alto nivel de turbiedad dificultando así la vida de algunos microorganismos)

g. Sustancias radioactivas

h. Contaminación térmica (la elevación de temperatura disminuye la capacidad que tiene el agua de contener oxígeno y afecta la vida de los organismos). Bermúdez, M. (2010).

Los macroinvertebrados como alternativas de análisis

Un indicador biológico es aquel que por su presencia o ausencia en un sitio determinado puede servir para identificar o conocer las condiciones en las que se encuentra su hábitat, pues guardan información de su ecosistema por largo tiempo. (Roldan, 2012).

Al denominar una especie como indicadora, previamente se debe conocer su estructura comunitaria bajo condiciones normales, el ciclo de vida y las posibles variaciones que presenta para que después de que se presente alguna perturbación ambiental se puedan comparar las condiciones de un antes y un después.

Moreno, Patarroyo & Rodríguez (2006), reconocen como ventajas al momento de emplear los bioindicadores para identificar la calidad del agua que estos acumulan información que los análisis fisicoquímicos no detectan. Este tipo de fauna se encuentra en la mayor parte o todos los ecosistemas acuáticos, situación que permite los análisis comparativos, son de fácil identificación, la recolección y registro de la información no requiere de personal experto en el caso, es un método económico y permite la aplicación de índices biológicos que arrojan información de tipo cualitativo y cuantitativo. Sin embargo, presenta limitaciones como el ajuste de los índices bióticos para distintas regiones, requiere de un mayor tiempo para el muestreo y en algunos casos requiere de pruebas de toxicidad para obtener una evaluación integral.

Los macroinvertebrados acuáticos son aquellos organismos que se pueden ver a simple vista ya que tienen tamaños superiores a 0.5 mm de longitud. Los organismos que son retenidos por redes de tamaño entre 200 – 500 mm se denominan por el prefijo “macro” y, además, superan en fase adulto o ultimo estado larvario los 2.5 mm.

Dentro del grupo de los macroinvertebrados se encuentran principalmente insectos coleópteros, hemípteros, efemerópteros, plecópteros, odonatos, dípteros,

neurópteros y tricópteros, encontrando también en menor proporción Moluscos, Crustáceos, Turbelarios, Hirudineos, Oligoquetos, los cuales viven en el fondo de lagos y ríos, sobre rocas, troncos sumergidos, vegetación flotante o simplemente dentro del agua o la superficie. (Roldán, 1992).

Para el entendimiento de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas dentro de la ecología de los cuerpos de agua, los macroinvertebrados bentónicos juegan un papel principal, ya que son clave fundamental en la cadena trófica, pues sirven de alimento a los peces, aves y anfibios asociados al medio acuático; como bio – indicadores de la calidad del agua y como componentes del sistema acuático, suministrando también una herramienta importante para monitoreo y programas de manejo.

Hay dos tipos de ecosistemas donde habitan los macroinvertebrados de agua dulce muy distintos entre sí, que son los ecosistemas lenticos (aguas tranquilas) y los ecosistemas loticos (aguas rápidas), en los cuales se encuentran diferentes y numerosas especies de anélidos, artrópodos y moluscos.

- Clasificación de la Fauna de Macroinvertebrados

Según Roldán (1992), en su libro de Fundamentos de Limnología Neotropical 1°, los macroinvertebrados se clasifican por diferentes nombres de acuerdo a condiciones, tales como:

- Fauna béntica o bentos: son todos aquellos organismos que habitan en el fondo de lagos y ríos adheridos a diferentes sustratos.
- Fauna Neuston: son los organismos que viven en la superficie del agua ya sea patinando, brincando o caminando.
- Fauna Necton: corresponde a los organismos que nadan activamente en el agua.

Índices biológicos: una herramienta de monitoreo

Los índices biológicos permiten medir la calidad del agua en función de los organismos existentes en un ecosistema determinado. Para lo cual, dependiendo del grado de sensibilidad o tolerancia de cada individuo frente a la contaminación, se le asigna un valor que, por lo general al ser sumado, arroja un puntaje que clasifica cualitativa y cuantitativamente el lugar de estudio en diferentes niveles de contaminación (Gonzales & Fajardo, 2013).

Método BMWP/COL

Biological Monitoring Working Party, es un método simple, rápido y económico diseñado en Inglaterra que permite evaluar la calidad del agua por medio de la identificación de macroinvertebrados hasta el grado taxonómico de familia, a los cuales los clasifica en un puntaje de 1 a 10, de acuerdo al grado de tolerancia o sensibilidad a la contaminación que presente el lugar de hábitat.

Este método, consiste en sumar los puntajes de las diferentes familias identificadas en los diversos puntos de muestreo. El puntaje final clasifica la zona de estudio en cinco clases (Tabla 1) con calidad de agua desde buena, aceptable, dudosa, crítica hasta muy crítica (Roldan, 2012).

Tabla 1. Clases de calidad de agua, valores BMWP / Col,

Clase	Calidad	BMWP/COL	Significado	Color
I	Buena	> 150, 101 -120	Aguas muy limpias a limpias	Azul
II	Aceptable	61 -100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	Dudosa	36 - 60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Crítica	16 – 35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy crítica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Roldan (1988).

Método ASPT

Average Score Per Taxon es más bien un puntaje promedio que se obtiene al dividir el valor obtenido en el método BMWP/COL por el número de familias de macroinvertebrados encontrados en cada zona. Para este caso, los valores van de 0 a 10, donde un valor bajo de ASPT indica condiciones graves de contaminación. Un indicador biológico es aquel que por su presencia o ausencia en un sitio determinado puede servir para identificar o conocer las condiciones en las que se encuentra su hábitat, pues guardan información de su ecosistema por largo tiempo.

Parámetros físicos y químicos

La composición física y química del agua se define a partir de la presencia de sustancias químicas disueltas e insolubles en el agua, ya sean de origen natural o antropogénico. Algunos procesos fisicoquímicos presentes en el agua se pueden evaluar por medio de los principios de equilibrio químico, ley de acción de masas y ecuación de Nerst o mediante el mecanismo de reacción y proporciones para los procesos irreversibles según Barrenechea (s.f.)

Los parámetros fisicoquímicos del agua son:

- **pH:** corresponde al Potencial de Hidrógeno representado en la acidez del agua. Se mide en un intervalo de 1 a 14, donde el menor valor expresa condiciones máximas de acidez y el mayor valor condiciones de alcalinidad extrema. El intervalo de

pH ideal para que exista una calidad del recurso y por lo tanto diversidad biológica se ubica entre un rango de 6.5 y 8 (Mastrangelo, 2009).

- **Temperatura:** de acuerdo con Sotil & Flores (2016) la temperatura es una medida de la energía cinética de las moléculas del agua. Es considerada una de las características más importantes al momento de analizar la calidad del agua puesto que afecta la química y las funciones de los organismos acuáticos.

- **Conductividad:** es la capacidad que presenta una sustancia para conducir la corriente eléctrica dependiendo de la cantidad de sales que esta contenga. Es directamente proporcional a la cantidad de sólidos disueltos.

- **Oxígeno Disuelto:** hace referencia a la cantidad de oxígeno gaseoso disuelto en una solución acuosa. Este es un elemento necesario para todas las formas de vida.

- **Turbiedad:** es el efecto óptico que se origina al interferirse el paso de luz que atraviesan una muestra de agua, dependiendo de la cantidad de partículas en suspensión (Marcó, Azario, Metzler & García, 2004).

- **Sólidos disueltos:** Es uno de los principales indicadores de la calidad del agua. Se refiere a la cantidad de partículas suspendidas en el recurso, que en su mayoría son sales.

Área de Estudio

Características Geográficas

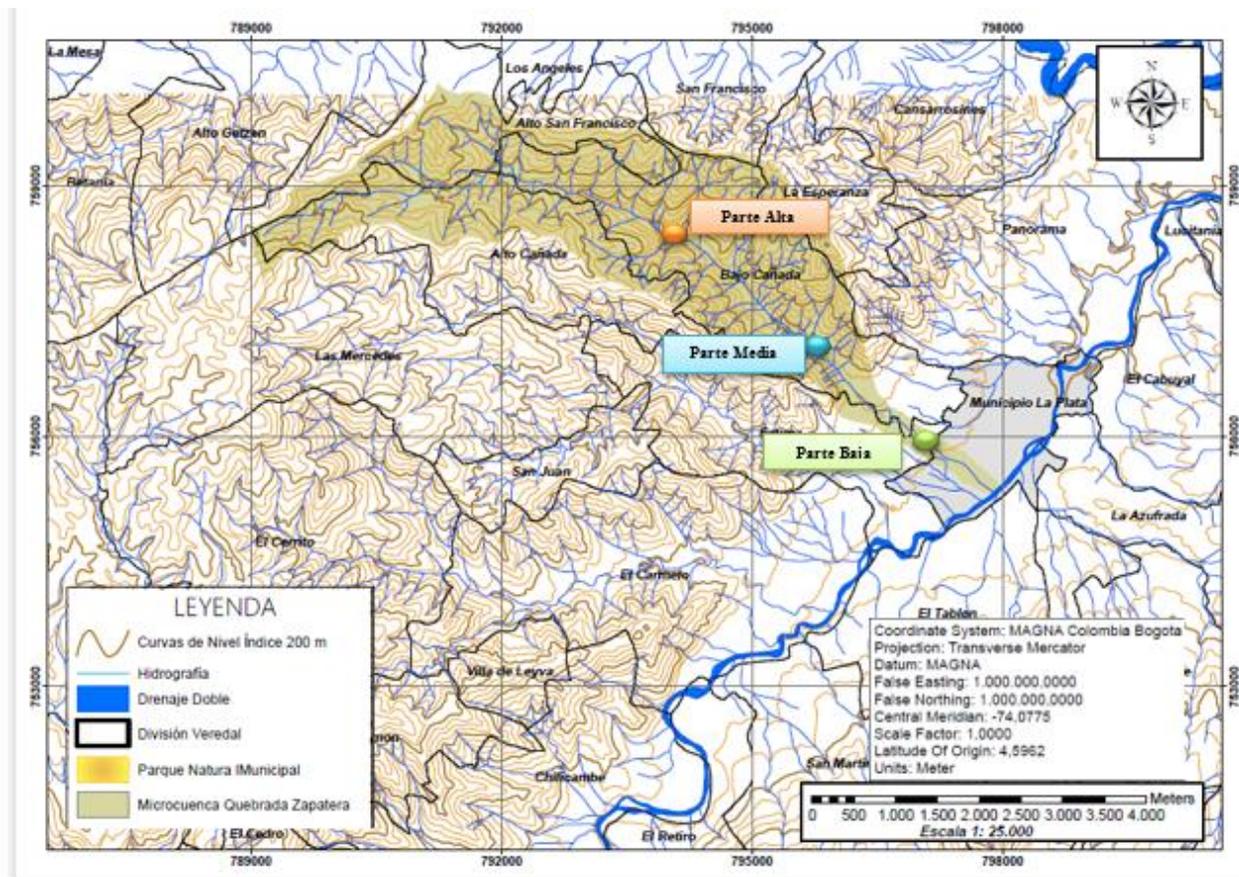


Figura 1. Mapa Fuente Hídrica Zapatero La Plata Huila.

Coordenadas y puntos de muestreo.

Tabla 2. Coordenadas y puntos de muestreo

Punto de Muestreo	Coordenadas	
	Norte	Este
1	02° 24' 33,6"	75° 55' 36,5"
2	02° 23' 40.0"	75° 54' 53,2"
3	02° 23' 0,96"	75° 53' 54,9"

Fuente: Propia.

La Quebrada Zapatero está ubicada en el municipio de La Plata, la cual es una fuente hídrica que en su trayectoria es utilizada como fuente de abastecimiento de un acueducto rural que no cuenta con ningún tipo de tratamiento.

En la parte alta y media se observa una alta vegetación en las riberas de la fuente hídrica, la parte baja no tiene vegetación ya está atravesada por unos barrios del municipio. En el transcurso de la investigación se registraron las características del entorno ambiental, información general y resultados de la medición in situ.

Metodología

Se realizó una revisión de literatura de los antecedentes de las fuentes hídricas del municipio de La Plata Huila, teniendo en cuenta las características propias de la quebrada Zapatero, su capacidad ambiental, las fuentes de contaminación y actividades antrópicas llevadas a cabo en la zona de influencia. Además, se recopiló información sobre diversos estudios aplicados en fuentes hídricas a nivel local, regional, nacional e incluso internacional, que sirvieron como base y sustento para el desarrollo de la presente investigación.

Definición de los sitios de muestreo

Por medio de un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) se georreferenciaron los lugares en los que se llevó a cabo el proceso de muestreo, recolección y cuantificación de macroinvertebrados e información de interés para el desarrollo del proyecto, teniendo en cuenta la zona de influencia de la parte alta, en la cual no se evidencian focos de contaminación ya que no es una zona con mayor cobertura vegetal, en la parte media la contaminación aumenta ya que en el recorrido el agua va recogiendo los diferentes contaminantes y en la parte baja la carga de contaminantes es mayor ya que esta fuente hídrica recibe las aguas residuales de las viviendas aledañas a esta fuente hídrica.

Para todo lo anterior, se realizó una visita previa a la fuente hídrica Zapatero en día 31 de agosto del 2018 para ubicar y georreferenciar los 3 puntos de muestreo así, parte alta donde se encontró abundante vegetación en las riberas de la quebrada, en la parte media se observó que hay presencia de viviendas campesinas y menos vegetación y la parte baja está situada en el casco urbano del municipio. Para obtener mayor seguridad en la identificación de los macroinvertebrados se utilizó un microscopio y las claves taxonómicas de la autoría de (Roldan, 2012).

Se estiman hacer los siguientes muestreos:

Toma 1. Fecha 3 de septiembre. Parte alta, media y baja de la quebrada Zapatero

Toma 2. Fecha 10 de septiembre. Parte alta, media y baja de la quebrada Zapatero

Toma 3. Fecha 17 de septiembre. Parte alta, media y baja de la quebrada Zapatero

Toma 4. Fecha 24 de septiembre. Parte alta, media y baja de la quebrada Zapatero

Toma 5. Fecha 1 de octubre. Parte alta, media y baja de la quebrada Zapatero

Toma 6. Fecha 8 de octubre. Parte alta, media y baja de la quebrada Zapatero

Toma 7. Fecha 12 de octubre. Parte alta, media y baja de la quebrada Zapatero

Toma 8. Fecha 17 de octubre. Parte alta, media y baja de la quebrada Zapatero

Toma 9. Fecha 22 de octubre. Parte alta, media y baja de la quebrada Zapatero

Toma 10. Fecha 29 de octubre. Parte alta, media y baja de la quebrada Zapatero

Toma 11. Fecha 5 de noviembre. Parte alta, media y baja de la quebrada Zapatero

Toma 12. Fecha 12 de noviembre. Parte alta, media y baja de la quebrada Zapatero

Toma 13. Fecha 19 de noviembre. Parte alta, media y baja de la quebrada Zapatero

Toma 14. Fecha 26 de noviembre. Parte alta, media y baja de la quebrada Zapatero

Toma 15. Fecha 30 de noviembre. Parte alta, media y baja de la quebrada Zapatero

De esta forma, se propone para la evaluación de la calidad del agua del afluente Zapatero, considerar las condiciones ambientales en las que se encuentra la quebrada en la parte alta, media y baja, recolectando fauna bentónica para aplicar los métodos BMWP (Biological Monitoring Working Party) adaptado para Colombia, el cual clasifica a los macroinvertebrados en un puntaje de 1 a 10 de acuerdo a su tolerancia o sensibilidad a la contaminación y ASPT (Average Score Per Taxon) el cual se obtiene a partir de la división del puntaje final del BMWP por el número de familias de bentos identificados, con el fin de mostrar en más detalle la dinámica de la contaminación en las diferentes estaciones (Roldan, 2003) y que en relación con los valores fisicoquímicos de pH, temperatura, oxígeno disuelto, turbiedad, salinidad, conductividad, y TDS (Sólidos Disueltos Totales) del agua arrojan información confiable y puntual sobre el sitio de estudio.

Muestreo

Los macroinvertebrados recolectados en la parte alta, media y baja de la quebrada Zapatero, fueron tomadas empleando la técnica de red de pantalla que consiste en una red de 1 m² con un ojo de malla de 500 um, método de recolección cualitativo (Palma & Arana, 2014). Para su uso, la red se ubica en contra corriente (Figura 2), seguidamente se procede remover el fondo cubriendo un área de 5m² aproximadamente con el fin de atrapar la hojarasca y material suspendido y consigo la fauna bentónica (Figura 3). A su vez, se realizaron muestreos manuales para la recolección de los organismos, levantando rocas y atrapando el material flotante para recoger bentos adheridos a estos. La fauna muestreada, se depositó en tasas con agua, teniendo en cuenta que se contaba con el tiempo y las herramientas necesarias se realizó el conteo de los macroinvertebrados de manera insitu seguidamente se llevó a cabo la identificación, cuantificación y registro fotográfico. Los datos se registraron en hojas de campo. Esto tal como lo menciona (Roldan, 2012) en su metodología, donde sugiere que se examine en el mismo campo el material acumulado.



Figura 2. Red de pantalla. Fuente: Propia.



Figura 3. Hojarasca y fauna bentónica. Fuente: Propia.

Junto a los muestreos de macroinvertebrados en la parte alta, media y baja, se realizaron algunas mediciones fisicoquímicas; donde se obtuvieron los valores de pH, Turbiedad, conductividad, temperatura, concentración de oxígeno, salinidad, sólidos disueltos totales; el equipo utilizado fue un multiparametro digital de alta precisión, como se puede observar en la Figura 4. Para este procedimiento, se llevó a campo el equipo multiparámetro donde se tomó una muestra de agua de la quebrada en un balde de 10 litros donde se sumerge la sonda multiparametrica en el agua para así obtener los datos de los parámetros fisicoquimicos, ya que al realizarla directamente en la fuente hídrica los datos serán incorrectos por el movimiento del agua.



Figura 4. Toma de parámetros fisicoquímicos in situ. Fuente: Propia.

Procesamiento de la información

Al finalizar cada muestreo, los datos recolectados en campo se sistematizaron en hojas de cálculo Excel, en las cuales se clasificaron los macroinvertebrados (Figura 5) taxonómicamente por Filo, Clase, Orden, Familia y Género. Se realizó la cuantificación, referente a número de individuos por muestreo, puntaje BMWP/COL, valor ASPT, para determinar la calidad del agua de la fuente Zapatero.

Los parámetros físico – químicos del agua, se graficaron de acuerdo a los valores promedio obtenidos en los diferentes muestreos de la parte alta, media y baja de la quebrada el Zapatero.



Figura 5. Diversidad de macroinvertebrados. Fuente: Propia.



Figura 6. Aspectos e impactos en la zona de influencia Quebrada Zapatero. Fuente: Propia.

Resultados

Se realizó la identificación y cuantificación de los macroinvertebrados acuáticos en los tres puntos de muestreo clasificándolos taxonómicamente. Como se puede ver en la (Tabla 3). También se desarrolló el análisis de los parámetros fisicoquímicos comparándolos con las muestras de la fauna bentónica recolectada.

Tabla 3. Composición de macroinvertebrados.

Tabla De Composición De Macroinvertebrados De La Quebrada Zapatero				
Phylum	Clase	Orden	Familia	Género
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	<i>Hydropsychidae</i>	Leptonema
			<i>Leptoceridae</i>	Oecetis
				Grumichella
				Trienodes
				Atanatolica
			<i>Helicopsychidae</i>	Helicopsyche
			<i>Calamoceratidae</i>	Phylloicus
		<i>Hydrobiosidae</i>		
		Ephemeroptera	<i>Oligoneuriidae</i>	Lachlania
			<i>Leptophlebiidae</i>	Traverella
				Thraulodes
			<i>Leptohyphidae</i>	Tricorythodes
		<i>Baetidae</i>	Baetis	
		Plecoptera	<i>Perlidae</i>	Anacroneuria
		Diptera	<i>Tipulidae</i>	Hexatoma
			<i>Simuliidae</i>	Simulium Fibrinflatum
			<i>Chironomidae</i>	
			<i>Blepharoceridae</i>	Paltostoma
		Coleoptera	<i>Ptilodactylidae</i>	Tetraglossa
			<i>Lampyridae</i>	
			<i>Elmidae</i>	Narpus
		Odonata	<i>Libellulidae</i>	Tramea
				Brechmorhoga
Dythemis				
<i>Calopterygidae</i>	Hetaerina			
Megaloptera	<i>Corydalidae</i>	Corydalus		
Hemiptera	<i>Naucoridae</i>	Ambrysus		
	<i>Belostomatidae</i>	Lethocerus		
Arachnoidea	Acari	<i>Lymnessiidae</i>	Lymnessia	
Annelida	Hirudinea	Glossiphoniiformes	<i>Glossiphoniidae</i>	Dacnobia
	Oligochaeta	Haplotaxida	<i>Tubificidae</i>	Tubifex
Platyhelminthes	Turbellaria	Tricladia	<i>Dugesiidae</i>	Dugesia
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	<i>Physidae</i>	Physa

Fuente: Propia

El primer muestreo se realizó el día 3 de septiembre donde se encontraron las siguientes características de la zona día soleado con poca presencia de hojarasca y material vegetal en la quebrada.

El 10 de septiembre se realizó la primera muestra con el equipo multiparametro, la quebrada contaba con abundante material vegetal en los tres puntos donde se realizaron las muestras.

El 17 de septiembre la fuente hídrica estaba con poco caudal debido a que estos días han sido de verano lo cual facilito la recolección de los Macroinvertebrados.

El 24 de septiembre la quebrada esta con un caudal abundante debido a que la noche anterior se presentaron lluvias los cual disminuyo la presenta de la fauna bentónica.

El 1 de octubre se observó que en los tres puntos había poca presencia de material vegetal por lo cual se realizó varias repeticiones en la toma de muestras.

El 8 de octubre se realizó la segunda toma de las muestras fisicoquímicas con el multiparemetro, la fuente hídrica se encontraba con bajo caudal.

El 12 de octubre en la noche anterior se presentaron lluvias por lo cual la fuente hídrica se encontraba con abundante caudal lo que hizo que la presencia de macroinvertebrados fuera menor.

El 17 de octubre en fuente hídrica zapatero se encontró abundante hojarasca y material vegetal lo cual hizo que la presencia de fauna bentónica fuera mayor.

El 22 de octubre se tomó la tercer muestra fisicoquímica con el multiparametro la fuente hídrica contaba con un caudal medio lo cual facilita el muestreo de los macroinvertebrados.

E 29 de octubre la fuente hídrica zapatero contaba con un caudal abundante ya que los días anteriores se presentaron lluvias por lo cual el agua se encontraba un poco turbia.

El 5 de noviembre en la fuente hídrica se encontró bastante presencia de hojarasca en la cual había abundante fauna bentónica.

El 12 noviembre se tomó el cuarto muestreo fisicoquímico con el multiparametro, en la noche anterior hubo presencia de lluvias por lo cual la quebrada zapatero estaba crecida y la presencia de macroinvertebrados fue mínima.

El 19 noviembre en la quebrada zapatero contaba con poca presencia de material vegetal y bajo caudal.

El 26 de noviembre se tomó el quinto muestreo con el equipo multiparametro, la fuente hídrica tenía un caudal medio y abundante presencia de material vegetal lo cual hizo la recolección de macroinvertebrados más fácil.

El 30 de noviembre se realizó el sexto muestreo con el equipo multiparametro la quebrada zapatero esta crecida porque los días anteriores se presentaron lluvias los cual disminuyo la presencia de fauna bentónica.

Parámetros fisicoquímicos.

Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos.

Muestreo 1			
Parámetros	Parte Alta	Parte Media	Parte Baja
Ph	7,8	7,9	8,29
Turbiedad (FNU)	4,6	4,6	7,5
Conductividad (us/cm)	311	360	578
Temperatura (°C)	18,5	19,86	21,55
Concentración Oxígeno (ppm)	7,3	8,18	8,69
Salinidad (PSU)	0,14	0,17	0,21
TDS (ppm)	151	148	221
Coordenadas	02° 24' 33,6" N	02° 23' 40,0" N	02° 23' 0,96" N
	75° 55' 36,5" W	75° 54' 53,2" W	75° 53' 54,9 W
Muestreo 2			
Parámetros	Parte Alta	Parte Media	Parte Baja
Ph	7,79	7,98	8,22
Turbiedad (FNU)	5,1	14,4	9,8
Conductividad (us/cm)	237	283	292
Temperatura (°C)	18,14	19,44	20,73
Concentración Oxígeno (ppm)	5,79	6,43	4,94
Salinidad (PSU)	0,12	0,13	0,14
TDS (ppm)	118	141	145
Muestreo 3			
Parámetros	Parte Alta	Parte Media	Parte Baja
Ph	7,75	7,7	8,31
Turbiedad (FNU)	3,2	3,8	6,4
Conductividad (us/cm)	256	301	399
Temperatura (°C)	18	18,92	19,47
Concentración Oxígeno (ppm)	7,5	8,01	8,45
Salinidad (PSU)	0,12	0,17	0,22

TDS (ppm)	157	168	239
Muestreo 4			
Parámetros	Parte Alta	Parte Media	Parte Baja
Ph	7,52	7,81	8,28
Turbiedad (FNU)	2,1	7,4	8,9
Conductividad (us/cm)	246	297	315
Temperatura (°C)	18,19	19,34	20,81
Concentración Oxígeno (ppm)	5,49	6,62	5,04
Salinidad (PSU)	0,1	0,12	0,14
TDS (ppm)	100	133	182
Muestreo 5			
Parámetros	Parte Alta	Parte Media	Parte Baja
Ph	7,76	7,91	8,41
Turbiedad (FNU)	2,98	3,7	6,9
Conductividad (us/cm)	299	318	498
Temperatura (°C)	17,96	19	21,05
Concentración Oxígeno (ppm)	7,1	8,26	8,89
Salinidad (PSU)	0,1	0,14	0,19
TDS (ppm)	151	178	243
Muestreo 6			
Parámetros	Parte Alta	Parte Media	Parte Baja
Ph	7,6	8,01	8,45
Turbiedad (FNU)	2,6	10,4	9,1
Conductividad (us/cm)	226	309	488
Temperatura (°C)	18,05	19,21	20,46
Concentración Oxígeno (ppm)	7,65	7,98	8,01
Salinidad (PSU)	0,11	0,12	0,15
TDS (ppm)	101	153	167

Fuente: Propia

Análisis de Resultados

Composición de macroinvertebrados.

En los 45 muestreos realizados en la quebrada Zapatero, durante 15 semanas se registraron 4000 macroinvertebrados, distribuidos en 4 Phylum, 6 Clases, 13 Órdenes, 27 Familias y 34 Géneros. El género más abundante en las tres zonas de estudio de la fuente hídrica es el Leptonema; se determinó que la diversidad es más significativa en la parte alta, con 31 géneros y 1781 individuos, mientras que en la parte media se reduce a 29 géneros con 1515 individuos, la parte baja con 27 géneros y 704 individuos. Como se puede ver en la (Tabla 4).

Tabla 5. Clasificación de Macroinvertebrados

Clasificación De Macroinvertebrados De La Quebrada Zapatero							
Phylum	Clase	Orden	Familia	Género	P. A.	P.M.	P.B.
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	<i>Hydropsychidae</i>	Leptonema	628	655	263
			<i>Leptoceridae</i>	Oecetis	21	15	8
				Grumichella	23	21	
				Trienodes	1		4
				Atanatolica	63	10	6
			<i>Helicopsychidae</i>	Helicopsyche	12	24	10
			<i>Calamoceratidae</i>	Phylloicus	45	56	4
		<i>Hydrobiosidae</i>		31	64	35	
		Ephemeroptera	<i>Oligoneuriidae</i>	Lachlania	378	75	12
			<i>Leptophlebiidae</i>	Traverella	39	18	9
				Thraulodes	2	11	2
			<i>Leptohyphidae</i>	Tricorythodes	153	129	114
		<i>Baetidae</i>	Baetis	15	12	21	
		Plecoptera	<i>Perlidae</i>	Anacroneuria	77	110	13
		Diptera	<i>Tipulidae</i>	Hexatoma	3	4	
			<i>Simuliidae</i>	Simulium	13	8	11
				Fibrinflatum			
			<i>Chironomidae</i>		77	40	20
		<i>Blepharoceridae</i>	Paltostoma	1			
		Coleoptera	<i>Ptilodactylidae</i>	Tetraglossa	89	15	7
<i>Lampyridae</i>			3	1			

			<i>Elmidae</i>	Narpus	7	12	3			
					47	29	9			
			Odonata		<i>Libellulidae</i>	Tramea	6	16	15	
						Brechmorhoga	4	23	7	
						Dythemis	4	3	5	
			Megaloptera		<i>Calopterygidae</i>	Hetaerina	2	12	15	
						<i>Corydalidae</i>	Corydalus	25	74	35
			Hemiptera			<i>Naucoridae</i>	Ambrysus	2		
						<i>Belostomatidae</i>	Lethocerus			1
			Arachnoidea		Acari	<i>Lymnessiidae</i>	Lymnessia	2	1	
Annelida	Hirudinea	Glossiphoniiformes	<i>Glossiphoniidae</i>	Dacnobjella	5					
	Oligochaeta	Haplotaxida	<i>Tubificidae</i>	Tubifex	3	17	22			
Platyhelminthes	Turbellaria	Tricladia	<i>Dugesiidae</i>	Dugesia		7	8			
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	<i>Physidae</i>	Physa		53	45			
Total De Individuos					1781	1515	704			
					4000					

Fuente: Propia.

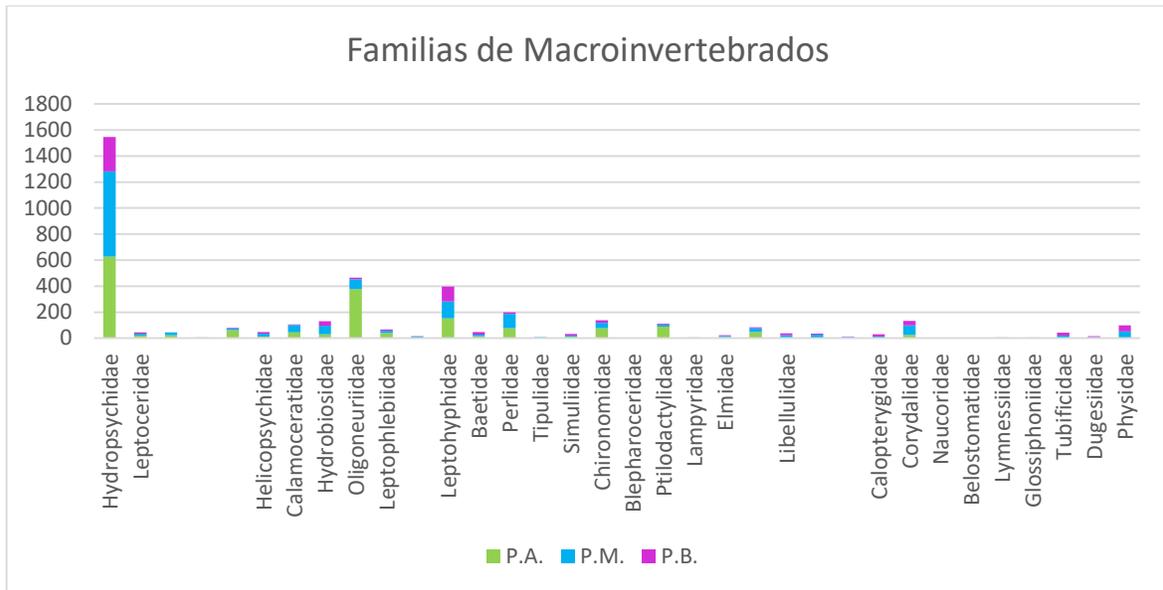
En la Quebrada Zapatero en la parte alta se identificaron 2 familias de macroinvertebrados que predominan: Oligoneuriidae, Ptilodactylidae las cuales corresponden a los géneros: Lachlania, Tetraglossa, en la parte media identifiqué 1 familia exclusiva: Corydalidae, correspondiente al género: Corydalus, en la parte baja se identifiqué 1 familia predominante: Tubificidae, la cual corresponde al género: Tubifex. (Ver Figura 7).

Macroinvertebrados predominantes



Figura 7. Macroinvertebrados predominantes. Fuente: Propia.

Las familias más representativas y de mayor abundancia (Ver Grafica 1) que se encontraron en los tres puntos de muestreo son: Hydropsychidae, Oligoneuriidae, Leptohiphidae, Perlidae, Chironomidae, Ptilodactylidae, Corydalidae.



Grafica 1. Familia de Macroinvertebrados encontrados en los tres puntos de muestreo. Fuente: Propia.

Tabla 6. Familia de Macroinvertebrados

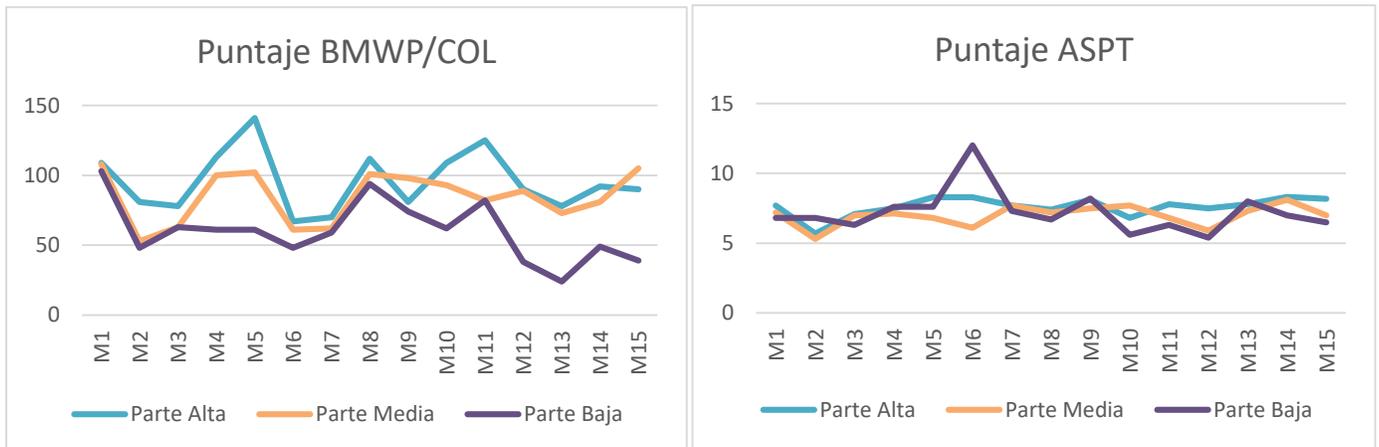
Tipo de familia	Cantidad de especímenes
Hydropsychidae	1546
Leptoceridae	172
Helicopsychidae	46
Calamoceratidae	105
Hydrobiosidae	130
Oligoneuriidae	465
Leptophlebiidae	81
Leptohyphidae	396
Baetidae	46
Perlidae	200
Tipulidae	7
Simuliidae	32
Chironomidae	137
Blepharoceridae	1
Ptilodactylidae	111
Lampyridae	4
Elmidae	104
Libellulidae	83
Calopterygidae	29
Corydalidae	134
Naucoridae	2

Belostomatidae	1
Lymnessiidae	3
Glossiphoniidae	5
Tubificidae	46
Dugesiidae	15
Physidae	98

Tabla 5. Familia de Macroinvertebrados con número de individuos. Fuente: Propia.

Puntaje BMWP/COL VS Puntaje ASPT.

Se determinó que tanto los puntajes BMWP/COL como el ASPT, varían en cada uno de los muestreos, pero que mantenían en el tiempo una clasificación promedio en cuanto al estado de la calidad del agua, en donde el método BMWP generó información que permitió ver la variabilidad en cada una de las partes de la fuente hídrica, mientras que el método ASPT los resultados fueron más lineales (Ver Grafica 2).



Grafica 2. Puntaje BMWP/COL VS Puntaje ASPT Fuente: Propia.

Relación Partes - Puntaje BMWP			
Muestreo	Parte Alta	Parte Media	Parte Baja
M1	109	108	103
M2	81	53	48
M3	78	63	63
M4	113	100	61
M5	141	102	61
M6	67	61	48
M7	70	62	59
M8	112	101	94
M9	81	98	74
M10	109	93	62
M11	125	82	82
M12	90	89	38
M13	78	73	24
M14	92	81	49
M15	90	105	39
Promedio	95,73333333	84,73333333	60,33333333

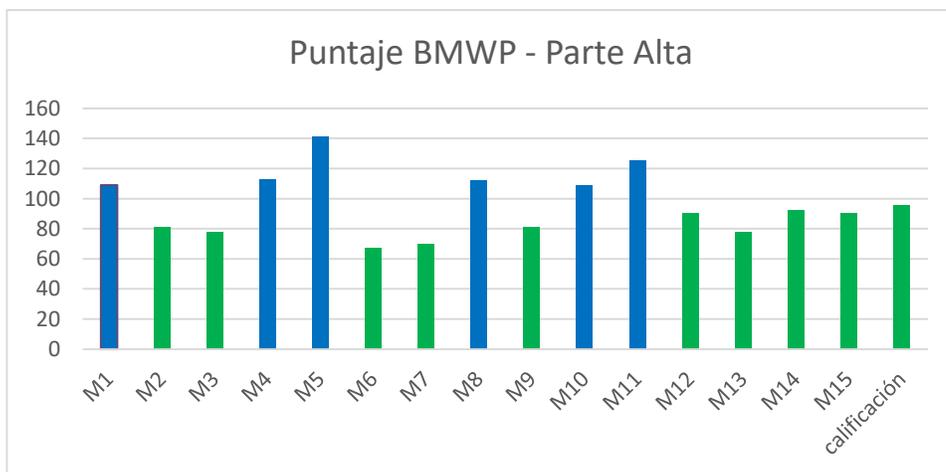
Tabla 7. Relación de partes puntaje BMWP/COL Fuente: Propia.

Relación Partes - Puntaje ASPT			
Muestreo	Parte Alta	Parte Media	Parte Baja
M1	7,7	7,2	6,8
M2	5,7	5,3	6,8
M3	7,09	7	6,3
M4	7,5	7,14	7,6
M5	8,29	6,8	7,6
M6	8,3	6,1	12
M7	7,7	7,7	7,3
M8	7,4	7,2	6,7
M9	8,1	7,5	8,2
M10	6,8	7,7	5,6
M11	7,8	6,8	6,3
M12	7,5	5,9	5,4
M13	7,8	7,3	8
M14	8,32	8,1	7
M15	8,18	7	6,5
Promedio	7,513846154	6,982666667	7,216666667

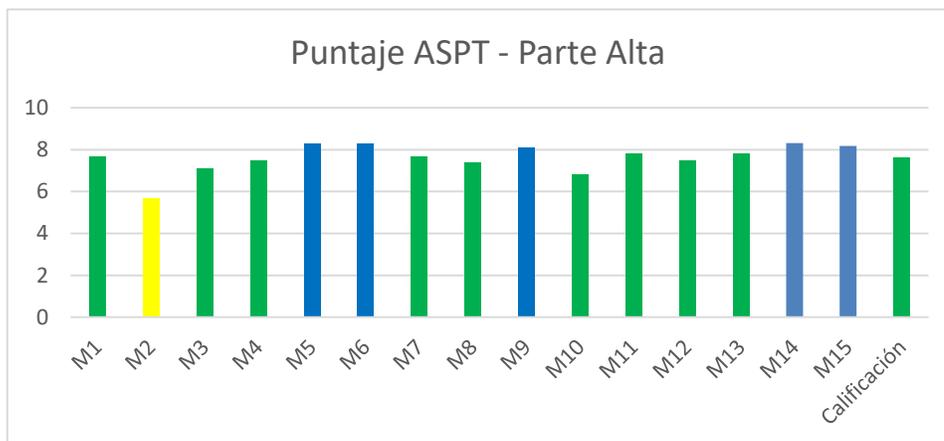
Tabla 8. Relación de partes puntaje ASPT Fuente: Propia.

Calidad del agua por el método BMWP/COL y ASPT en la parte alta de quebrada Zapatero.

Los dos métodos son consistentes en los resultados finales del estudio, a pesar de que hay variabilidad entre los muestreos, dado que la calificación final de la calidad del agua es Clase II - es decir Agua Aceptables – Aguas Ligeramente Contaminadas. (Ver Grafica 3 y 4), (Tabla 8 y 9). En el método BMWP/COL 6 de los muestreos obedecieron a Clase I Buena y en el método ASPT 5 muestreos, lo cual indica que la carga de contaminantes en fuente hídrica es variable en el tiempo y condicionada en gran medida por eventos naturales como el clima, teniendo en cuenta lo evidenciado en campo ya que en época de lluvia no se encuentran muchos macroinvertebrados, pues estos son arrastrados por la corriente, tal como lo indica (Roldan, 2012).



Grafica 3. Calidad del agua por el método BMWP/COL en la parte alta de la Quebrada Zapatero. Fuente: Propia.



Grafica 4. Calidad del agua por el método ASPT en la parte alta de la Quebrada Zapatero. Fuente: Propia.

Muestreo	Puntaje BMWP Parte Alta
M1	109
M2	81
M3	78
M4	113
M5	141
M6	67
M7	70
M8	112
M9	81
M10	109
M11	125
M12	90
M13	78
M14	92
M15	90
Calificación	95,73333333

Tabla 9. Puntaje BMWP/COL parte alta. Fuente: Propia.

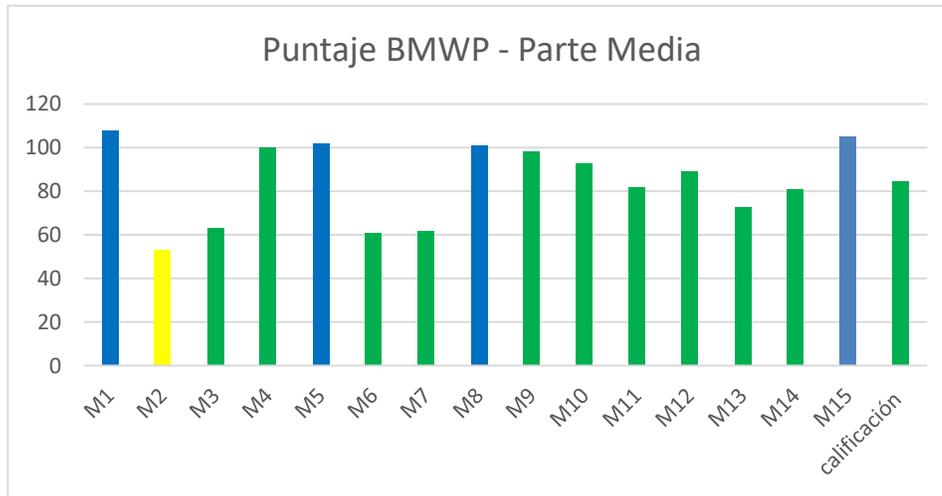
Muestreo	Puntaje ASPT Parte Alta
M1	7,7
M2	5,7
M3	7,09
M4	7,5
M5	8,29
M6	8,3
M7	7,7
M8	7,4
M9	8,1
M10	6,8
M11	7,8
M12	7,5
M13	7,8
M14	8,32
M15	8,18
Calificación	7,612

Tabla 10. Puntaje ASPT parte alta. Fuente: Propia.

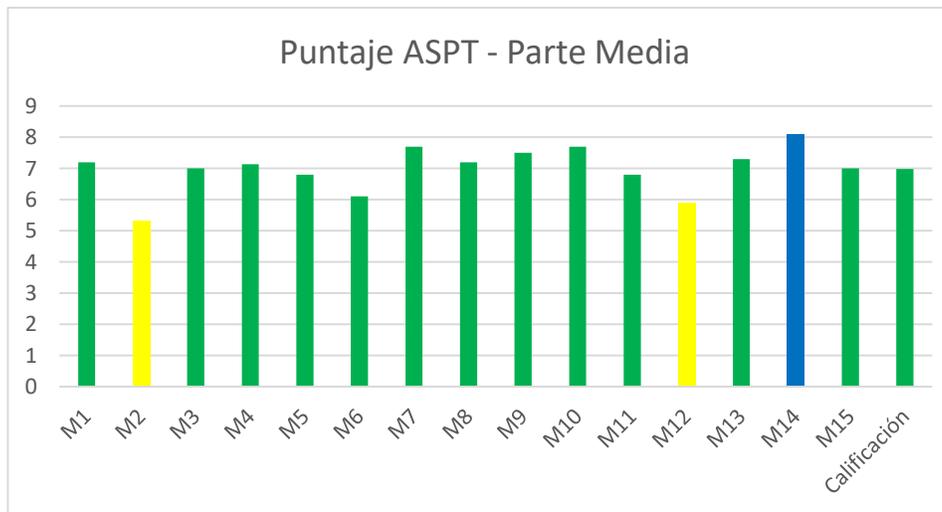
Calidad del agua por el método BMWP/COL y ASPT en la parte media de quebrada Zapatero.

En la parte media los resultados finales del estudio son diversos, pero se mantiene la variabilidad en los muestreos. En el método BMWP/COL 10 de los muestreos se categorizan en la Clase II Aceptable, 4 en Clase I Buena y 1 muestra en Clase III Dudosa, en el método ASPT 12 de los muestreos se categorizan en la Clase II Aceptable, 1 en Clase I Buena y 2 muestras en Clase III Dudosa esto nos muestra que en la fuente hídrica hay variabilidad en la carga de contaminantes debido a los diferentes cambios climáticos y antropológicos que se pueden presentar en la trayectoria de la quebrada como se

observó en las diferentes salidas de campo. La calificación final de la calidad del agua es Clase II - es decir Agua Aceptables – Aguas Ligeramente Contaminadas. (Ver Grafica 5 y 6), (Tabla 10 y 11).



Grafica 5. Calidad del agua por el método BMWP/COL en la parte media de la Quebrada Zapatero. Fuente: Propia



Grafica 6. Calidad del agua por el método ASPT en la parte media de la Quebrada Zapatero. Fuente: Propia.

Muestreo	Puntaje BMWP Parte Media
M1	108
M2	53
M3	63
M4	100
M5	102
M6	61
M7	62
M8	101
M9	98
M10	93
M11	82
M12	89
M13	73
M14	81
M15	105
calificación	84,73333333

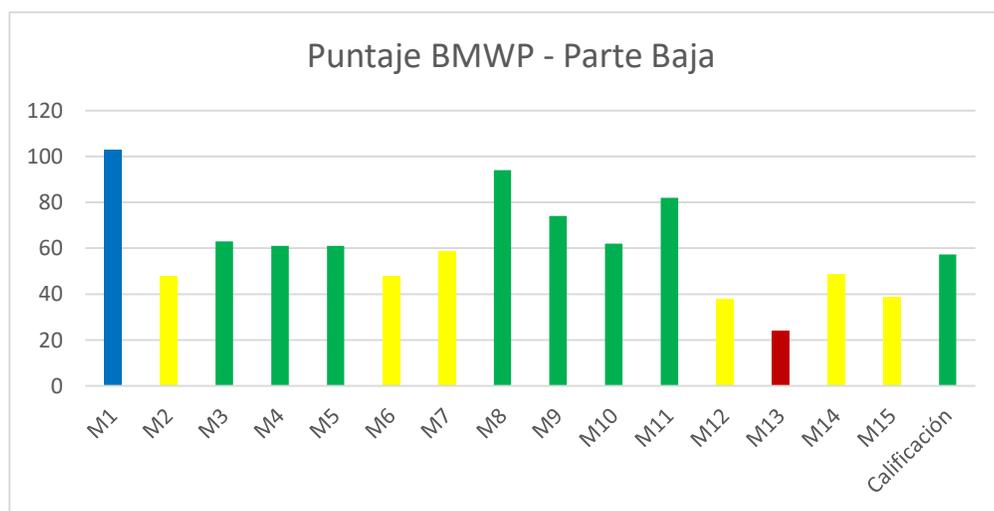
Tabla 11. Puntaje BMWP/COL parte media. Fuente: Propia.

Muestreo	Puntaje ASPT Parte Media
M1	7,2
M2	5,3
M3	7
M4	7,14
M5	6,8
M6	6,1
M7	7,7
M8	7,2
M9	7,5
M10	7,7
M11	6,8
M12	5,9
M13	7,3
M14	8,1
M15	7
Calificación	6,982666667

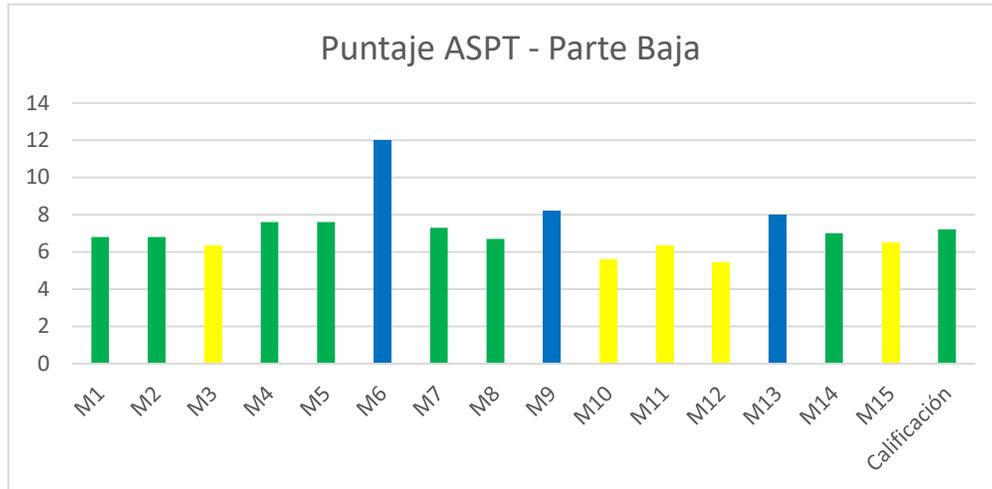
Tabla 12. Puntaje ASPT parte media. Fuente: Propia.

Calidad del agua por el método BMWP/COL y ASPT en la parte baja de quebrada Zapatero.

En la parte baja los resultados de las muestras fueron diferentes, teniendo en cuenta que durante la trayectoria las características del agua se pueden alterar como consecuencia de los vertimientos antropológicos y por la variación vegetal que las mismas actividades humanas han generado. En el método BMWP/COL se observa que 6 de las muestras se categorizan en Clase III Dudosa, 7 en Clase II Aceptable, 1 en Clase V Crítica, y 1 en Clase I Buena, en el método ASPT 7 muestras están en la Clase II Aceptable, 5 en Clase III Dudosa y 3 en Clase I Buena, lo cual indica que durante la trayectoria de fuente hídrica se presenta diferentes contaminantes que pueden ser causados por las actividades antropológicas y los cambios del clima como invierno o verano que se presentó durante el periodo de la investigación. En cuanto a la calificación final la calidad del agua es Clase II - es decir Agua Aceptables – Aguas Ligeramente Contaminadas. (Ver Grafica 7 y 8), (Tabla 12 y 13).



Grafica 7. Calidad del agua por el método BMWP/COL en la parte baja de la Quebrada Zapatero. Fuente: Propia.



Grafica 8. Calidad del agua por el método ASPT en la parte baja de la Quebrada Zapatero. Fuente: Propia.

Muestreo	Puntaje BMWP Parte Baja
M1	103
M2	48
M3	63
M4	61
M5	61
M6	48
M7	59
M8	94
M9	74
M10	62
M11	82
M12	38
M13	24
M14	49
M15	39
Calificación	57,28571429

Tabla 13. Puntaje BMWP/COL parte baja. Fuente: Propia.

Muestreo	Puntaje ASPT Parte Baja
M1	6,8
M2	6,8
M3	6,3
M4	7,6
M5	7,6
M6	12
M7	7,3
M8	6,7
M9	8,2
M10	5,6
M11	6,3
M12	5,4
M13	8
M14	7
M15	6,5
Calificación	7,20666667

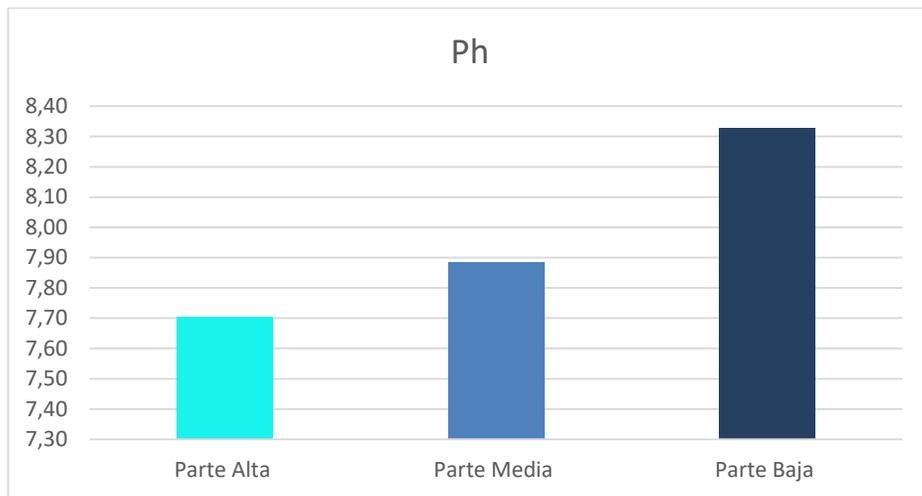
Tabla 14. Puntaje ASPT parte baja. Fuente: Propia

Relación de parámetros fisicoquímicos.

Se realizó el análisis de cada uno de los parámetros fisicoquímicos en los tres puntos de muestreo. Estas muestras fueron tomadas 3 veces en 6 visitas a la quebrada para un total de 18 muestreos durante los 3 meses de la recolección de información, de acuerdo al cronograma establecido.

Al obtener los valores promedio de los parámetros en las 18 muestras que fueron tomados en 4 visitas al sitio de muestreo a lo largo de los 3 meses de la investigación en la (parte alta, media y baja de la quebrada Zapatero), se encontraron los siguientes resultados.

pH: Los valores fueron similares en cada uno de los puntos de muestreo (Ver Grafica 9), (Tabla 14) en general los resultados están cerca de la neutralidad conservándose dentro del categoría admisible para las aguas naturales y para la vida acuática, como las diferentes especies de macroinvertebrados, en la parte baja se presenta una pequeña variación esto debido a los diferentes contaminantes que recoge la fuente hídrica en su trayectoria, aunque el pH se mantiene dentro de un rango aceptable.

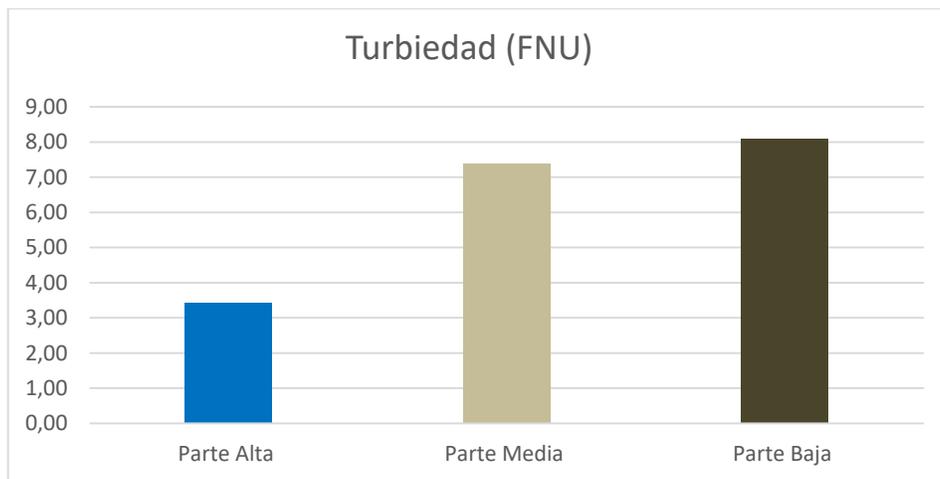


Grafica 9. pH Quebrada Zapatero. Fuente: Propia.

Valores Promedio Ph		
Parte Alta	Parte Media	Parte Baja
7,70	7,89	8,33

Tabla 15. pH Quebrada Zapatero. Fuente: Propia

Turbiedad: En los diferentes puntos de muestreo se puede observar que la turbiedad va en aumento debido a que se encuentran partículas suspendidas lo que hace que la calidad del agua disminuya y la biodiversidad de organismos acuáticos como los macroinvertebrados se encuentren en menor cantidad en cada punto de muestreo y que se vean afectados por la falta de oxígeno y luz solar, (Ver Grafica 7), (Tabla 15).



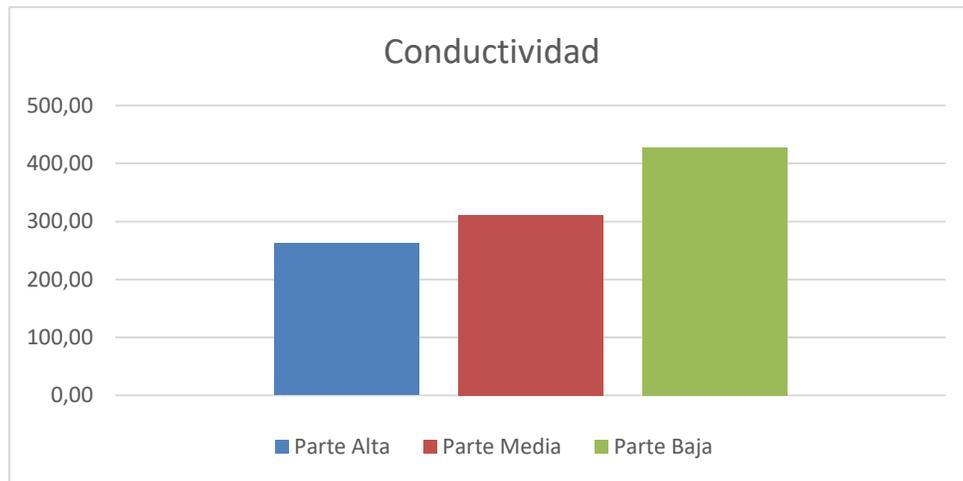
Grafica 10. Turbiedad Quebrada Zapatero. Fuente: Propia.

Valores Promedio Turbiedad (FNU)		
Parte Alta	Parte Media	Parte Baja
3,43	7,38	8,10

Tabla 16. Turbiedad Quebrada Zapatero. Fuente: Propia

Conductividad: Se observa que en los tres puntos de muestreo la conductividad va en aumento ya que la topografía de la zona donde se encuentra la fuente hídrica es elevada esto hace que en su recorrido por el movimiento del agua y el choque con elementos como rocas, material vegetal y por el vertimiento de la agua residuales de las

viviendas campesinas sufra cambios que se ven reflejados en las tomas de las muestras, según (Roldan 2003) si se obtienen valores altos de conductividad disminuye la diversidad y riqueza de macroinvertebrados. (Ver Grafica 8), (Tabla 16).



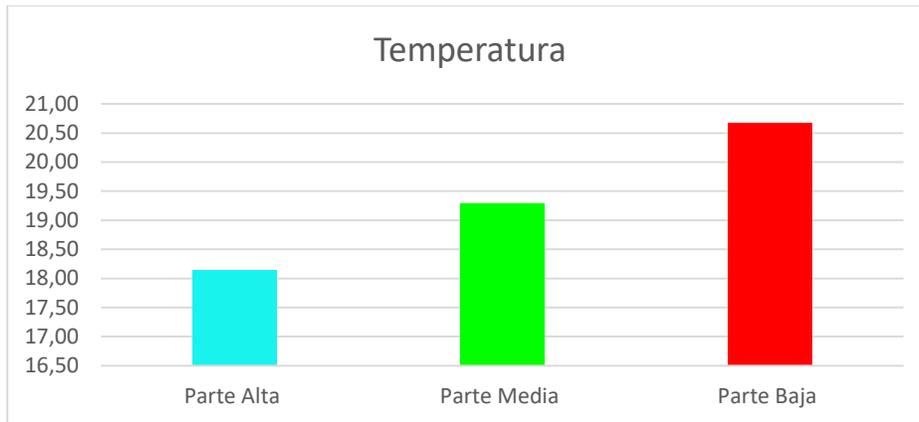
Grafica 11. Conductividad Quebrada Zapatero. Fuente: Propia.

Valores Promedio Conductividad		
Parte Alta	Parte Media	Parte Baja
262,50	311,83	428,33

Tabla 17.. Conductividad Quebrada Zapatero. Fuente: Propia

Temperatura: Durante los muestreos se registraron valores entre los 18°C y 20°C lo cual indica que la presencia de fauna acuática en esta fuente hídrica es de gran diversidad ya que se encuentra entre los rangos permitidos para exista vida acuática, aunque hubo un incremento de 1° C por cada punto de muestreo, esto hace que las condiciones cambien en el transcurso de la fuente hídrica ya se por efectos naturales o

antropológicos y se encuentre menos cantidad de macroinvertebrados, (Ver Grafica 9) (Tabla 17).

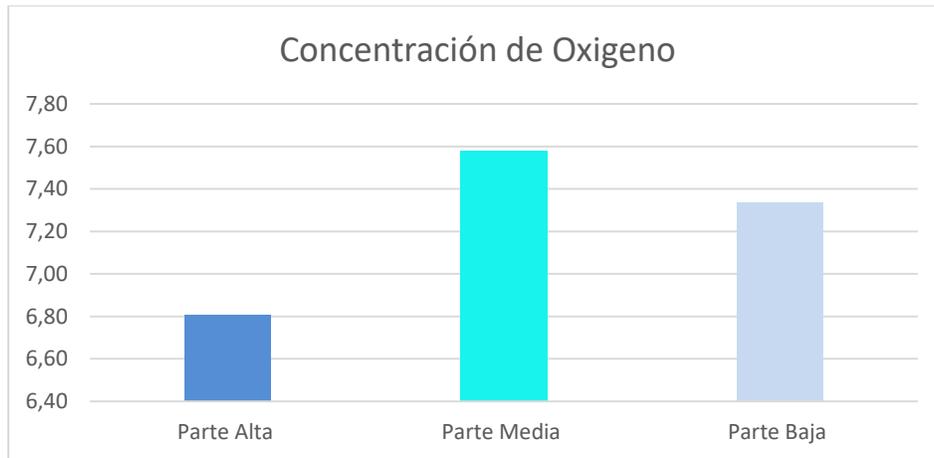


Grafica 12. Temperatura Quebrada Zapatero. Fuente: Propia.

Valores Promedio Temperatura		
Parte Alta	Parte Media	Parte Baja
18,14	19,30	20,68

Tabla 18. Temperatura Quebrada Zapatero. Fuente: Propia

Concentración de Oxígeno: En la toma de las muestras se evidencia que la fuente hídrica presenta una alta Concentración de Oxígeno esto se debe a que la topografía de la quebrada zapatero es elevada lo cual hace que en el recorrido el agua se oxigene y tenga mejor calidad, aunque en la trayectoria reciba diferentes contaminantes como aguas residuales y agroquímicos que son utilizados por los dueños de las parcelas cercanas a la quebrada, aun así se encuentra alta disponibilidad de macroinvertebrados en los diferentes puntos de muestreo ver (Grafica 10),(Tabla 18).

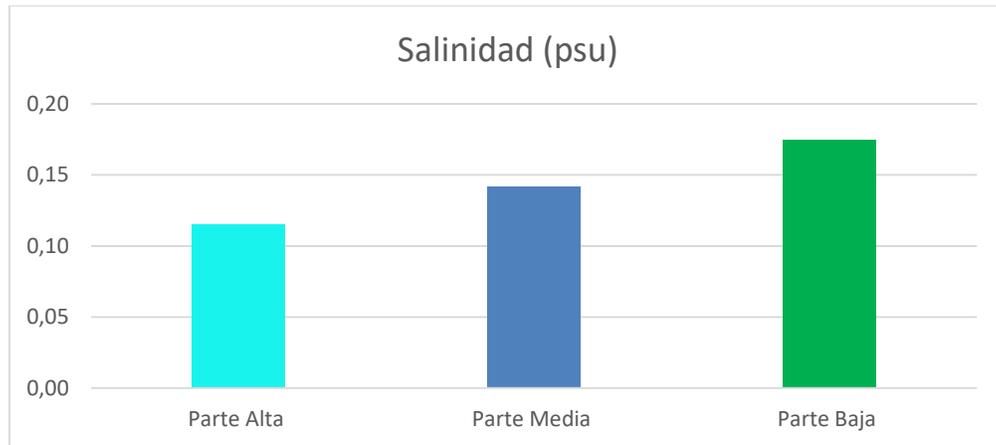


Grafica 13. Concentración de Oxígeno Quebrada Zapatero. Fuente: Propia.

Valores Promedio Concentracion de Oxigeno		
Parte Alta	Parte Media	Parte Baja
6,81	7,58	7,34

Tabla 19. Concentración de Oxigeno Quebrada Zapatero. Fuente: Propia

Salinidad (psu): En los tres puntos de muestreo se evidencia que el grado de salinidad es admisible para vida acuática lo cual indica que la fuente hídrica se encuentra variedad de Macroinvertebrados ver (Grafica 11), (Tabla 19) en la parte baja hay un aumento esto es debido a que en el recorrido la fuente hídrica recibe diferentes contaminantes que aumentan los niveles de salinidad como se evidencia en la recolección de la fauna bentónica que en esta zona disminuye.

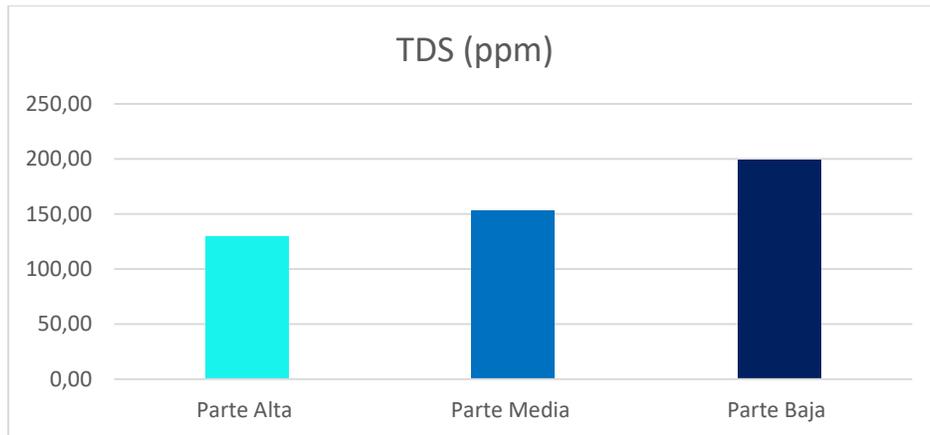


Grafica 14. Salinidad Quebrada Zapatero. Fuente: Propia.

Valores Promedio Salinidad		
Parte Alta	Parte Media	Parte Baja
0,12	0,14	0,18

Tabla 20. Salinidad Quebrada Zapatero. Fuente: Propia

Sólidos Disueltos Totales: En la quebrada Zapatero los niveles de sólidos disueltos totales son variables debido a que la fuente hídrica recibe contaminantes a lo largo de su recorrido lo que hace que en la parte media y baja se observe cambios significativos en los niveles, pero esto no afecta en gran medida la cantidad de Macroinvertebrados que se encuentran ya que estos se adaptan a los cambios que se presenten en el agua. (Ver Grafica 12), (Tabla 20).



Grafica 15. Solidos Disueltos Totales Quebrada Zapatero. Fuente: Propia.

Valores Promedio TDS		
Parte Alta	Parte Media	Parte Baja
129,67	153,50	199,50

Tabla 21. Solidos Disueltos Totales Quebrada Zapatero. Fuente: Propia

Comparación de macroinvertebrados con los parámetros fisicoquímicos.

Al realizar el análisis de los parámetros fisicoquímicos comparado con los macroinvertebrados en los tres puntos de la quebrada Zapatero se obtuvieron los siguientes resultados.

Durante el muestreo 2 de macroinvertebrados se realiza la muestra 1 de parámetros fisicoquímicos comparados con los métodos BMWP/COL y ASPT, en la parte alta de la quebrada Zapatero se encontraron macroinvertebrados como Leptonema

de puntaje 7, Lachlania puntaje 10 y Tricorythodes puntaje 7 los cuales fueron más abundantes en comparación con la parte baja esto como resultado de la contaminación que durante su recorrido adquiere la fuente hídrica Zapatero, al compararlo con los parámetros fisicoquímicos como. pH el cual arroja unos resultados de 7,8 y 8,29 hay una diferencia significativa esto es debido a que la parte baja recibe los diferentes contaminantes como aguas residuales y desechos de agroquímicos que afectan la vida acuática. La Turbiedad en el punto 1 es de 4,6 y 7,5 en el punto 3 lo que indica que en la parte alta la contaminación es mínima y en la parte baja se altera por la presencia de sustancias resultantes de las actividades antropológicas como el uso de agroquímicos, detergentes y el mal manejo de las aguas residuales. La Temperatura esta entre 18,5 °C y 21,55 °C se encuentran entre los rangos admisibles para la vida acuática, aunque en la parte baja aumenta la temperatura en 3°C, la presencia de macroinvertebrados disminuye en comparación con los otros puntos de muestreo. En los resultados de concentración de oxígeno se hallan entre 7,3 y 8,69 hay una diferencia mínima en los dos puntos lo cual no altera la presencia de macroinvertebrados, aunque en la parte baja se encuentran individuos de puntaje de 3 como Physa y Tubificidae de puntaje 1 los cuales son resistentes a la contaminación. La Salinidad esta entre 0,14 y 0,21 obtenido un incremento en los puntos de muestreo esto demuestra que la fuente hídrica cambia en su recorrido afectando así la presencia de macroinvertebrados en la parte baja. El valor de TDS es de 151 y 221 lo que indica que la fuente hídrica Zapatero en la parte alta tiene baja presencia de materia orgánica por lo que encuentra variedad de fauna bentónica,

contrario a la parte baja que presenta pocos macroinvertebrados. Con esta investigación se evidencia que la quebrada Zapatero tiene presencia de macroinvertebrados desde puntaje 10 que son indicadores de aguas muy limpias y de puntaje 3 y 1 indicadores de aguas contaminadas a muy contaminadas como se evidencia en los muestreos.

En el muestreo 6 de macroinvertebrados se realiza la muestra 2 de parámetros fisicoquímicos los cuales son comparados con el método BMWP/COL, en el método ASPT dos de los resultados dieron Clase I - Calidad Buena - Aguas muy limpias a limpias, indicando así que la quebrada Zapatero tiene una alta diversidad de macroinvertebrados, en la parte alta de la fuente hídrica se hallaron los siguientes macroinvertebrados más representativos Leptonema de puntaje 7 y Lachlania puntaje 10 comparado con la parte baja donde también hay presencia de Leptonema, Tricorythodes puntaje 7 y Tubificidae de puntaje 1 aunque en el método BMWP/COL en la parte baja la calidad del agua es Clase III - Calidad Dudosa - Aguas Moderadamente Contaminadas se debe a que la presencia fauna bentónica es mínima, haciendo la relación con los parámetros fisicoquímicos como pH esta entre 7,79 y 8,22 lo que indica que hubo un aumento debido a que en la noche anterior se presentaron lluvias haciendo que disminuya la presencia de macroinvertebrados en los tres puntos de muestreo. Turbiedad se encuentra entre 5,1 y 9,8 indicando que hay una variación en este parámetro ya que tiene un aumento significativo en sus valores, porque la fuente hídrica por medio de escorrentía o infiltración recoge los contaminantes presentes en el suelo depositándolos a la quebrada

Zapatero. Concentración de oxígeno se encuentran valores de 5,79 y 4,94 indicando que en la parte alta el valor aumenta por la presencia de lluvias en la zona lo que hace que se encuentren menos macroinvertebrados, igual sucede en la parte baja que hay una reducción significativa en la presencia de fauna bentónica ya que estos son arrastrados por la corriente haciendo que no se encuentren en las zonas de muestreo. En este muestreo en la fuente hídrica hay una disminución de macroinvertebrados los cuales fueron arrastrados por la corriente disminuyendo su presencia.

Al momento de realizar el muestreo 9 de macroinvertebrados se realiza la muestra 3 de parámetros fisicoquímicos, obteniendo los resultados en el método BMWP/COL, Clase II - Calidad Aceptable - Aguas ligeramente contaminadas, con el método ASPT los resultados dieron Clase I - Calidad Buena - Aguas muy limpias a limpias, demostrando que la quebrada Zapatero en este muestra según los métodos la calidad del agua es Aceptable encontrando los siguientes macroinvertebrados en la parte alta Leptonema de puntaje 7 Lachlania puntaje 10 y Baetis puntaje 7, en la parte baja se encontraron Leptonema, Lachlania, Perlidae puntaje 10 y Corydalidae puntaje 6 indicando que esta zona de muestreo había presencia de macroinvertebrados vulnerables a la contaminación, relacionándolos con los parámetros fisicoquímicos como. Turbiedad esta entre 3,2 y 6,4 indicando una variación en el puntaje y en la presencia de macroinvertebrados como se menciona anteriormente, esto puede haber pasado por la presencia de lluvias en los días anteriores que han transportado la fauna bentónica hasta esta zona. Salinidad contiene los siguientes valores 0,12y 0,22 en la parte baja hay un

aumento significativo en el valor obtenido en la muestra esto se puede deber a los vertimientos que son depositados en la quebrada Zapatero disminuyendo también la presencia de macroinvertebrados. El valor de TDS está entre 157 y 239 en la parte alta este parámetro muestra que la presencia de materia orgánica es poca y se encuentran más abundancia macroinvertebrados indicando una buena calidad del agua, en la parte baja tiene un aumento ya que esta parte llegan diferentes contaminantes que recoge la quebrada en su trayecto disminuyendo la fauna bentónica.

Analizando los resultados obtenidos durante las diferentes muestras tomadas y haciendo la comparación con los métodos y los parámetros fisicoquímicos arrojan que la calidad del agua de fuente hídrica Zapatero es Clase II - es decir Agua Aceptables – Aguas Ligeramente Contaminadas, lo cual indica que en esta quebrada puede ser recuperada realizando un manejo adecuado de los vertimientos y de más contaminantes que la afectan, ya que esta fuente hídrica es utilizada para abastecer una parte de la comunidad del municipio la cual no tiene conocimiento de la calidad del agua que están utilizando.

Conclusiones

En los tres puntos de muestreo de la quebrada Zapatero se identificaron un total de 4000 macroinvertebrados distribuidos en 4 phylum, 13 órdenes, 27 familias y 34 géneros, que permitió determinar los diferentes grados de contaminación que se presentan en la fuente hídrica bajo la presencia o ausencia de los mismos.

En la quebrada Zapatero, la biodiversidad decrece de la parte alta a la parte baja de la microcuenca, a razón de la calidad del agua. Donde la parte baja además de tener la menor diversidad de géneros, también presenta la menor cantidad de individuos a una reducción por debajo del 50% en comparación con las otras dos unidades de estudio situadas aguas arriba de la quebrada, esto se debe a que en su recorrido la fuente hídrica va acumulando contaminantes debido a los vertimientos, deforestación y acumulación de residuos sólidos.

En la realización de la investigación la quebrada Zapatero se clasifica según el método BMWP/COL en Clase II - Calidad Aceptable - Aguas Ligeramente Contaminadas, en sus tres puntos de muestreo la diversidad de macroinvertebrados cambia de un punto al otro debido a los diferentes contaminantes que se recoge la fuente hídrica en su trayectoria.

La selección de los puntos de muestreo se realizaron teniendo en cuenta la parte alta, media y baja de la quebrada Zapatero identificando en cada uno de ellos las condiciones del terreno para la recolección de las diferentes muestras.

En la fuente hídrica Zapatero se encuentra gran diversidad de macroinvertebrados en los tres puntos de muestreo, demostrando así que la quebrada tiene un alto porcentaje de vida acuática con respecto a los contaminantes que se presentan en el trayecto de la quebrada.

Los valores de los parámetros fisicoquímicos obtenidos en las mediciones en cada punto, estableció que la turbiedad, conductividad, temperatura, oxígeno disuelto, salinidad y sólidos totales disueltos, presentan un incremento en sus unidades de medida desde la parte alta pasando por la media y llegando a la parte baja, mostrando la contaminación presente en la fuente hídrica la cual se relacionó con los métodos biológicos.

La determinación de la calidad del agua de la quebrada Zapatero mediante la identificación de macroinvertebrados y la utilización de los métodos BMWP/COL y ASPT, es una manera segura que se relaciona con el análisis fisicoquímico, para obtener unos resultados confiables en la determinación de la calidad del agua.

Recomendaciones

Utilizar macroinvertebrados como una herramienta para evaluar la calidad del agua de las diferentes fuentes hídricas con la cuenta el municipio de La Plata, ya que esta es forma rápida y fácil de obtener resultados que ayudan a determinar la característica del agua.

Promover proyectos de investigación basados en la utilización de macroinvertebrados para determinar la calidad del agua de las fuentes hídricas, ya que este tipo de fauna bentónica brinda información satisfactoria de los diferentes hábitat y nivel de sensibilidad y resistencia a la contaminación.

Es necesario que las autoridades ambientales tengan conocimiento de este tipo de estudios ya que ayuda a reforzar la información de que tiene de sobre los niveles de contaminación de las fuentes hídricas del municipio.

Lista de referencias

Barrenechea, A. (s.f.). Capítulo 1. Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua. Manual I: Teoría. Recuperado de <http://www.ingenieroambiental.com/4014/uno.pdf>

Bermúdez, M. (2010). Contaminación y turismo sostenible. Recuperado de <http://galeon.com/mauriciobermudez/contaminacion.pdf>

Campoblanco, H., Gomero, J. (2000). Importancia de los ríos en el entorno ambiental. *Revista del instituto de investigación de la facultad de geología, minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 3(05). Recuperado de http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/geologia/v03_n5/imp_rios.htm

CEPAL (2002). Manejo de cuencas hidrográficas, Turrialba, Costa Rica.

Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena – CAM. (2018). Estudio Regional del Agua. Recuperado de <https://www.cam.gov.co/1489-%C2%BFcu%C3%A1l-es-la-verdadera-oferta-h%C3%ADrica-del-huila.html>

Coutinho, H., E. Noellemeyer, E. Jobbagy, M. Jonathan & J. Paruelo. 2009. Impacts of land use change on ecosystems and society in the Rio de la Plata basin. En: H. Tiessen & J.W.B. Stewart. (eds.) *Applying Ecological Knowledge to Landuse Decisions* 56 – 65. InterAmerican Agency for Global Change Research.

Gonzáles., M., & Fajardo, L.(2013). Asociación de grupos funcionales de macroinvertebrados acuáticos a *Juncus effusus* – *Typha latifolia* y *Eichornia crassipes* – *Limnobium laevigatum*, en el terciario alto del humedal Juan Amarillo, Bogotá – Colombia. *El Astrolabio*, 12(2). Recuperado de http://astrolabio.phipages.com/storage/instance_29987/ASTROLABIO_12-2_Art.1.pdf

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia IDEAM, (2015). Estudio Nacional Del Agua 2014. Ministerio de Ambiente, Bogotá, Colombia. Recuperado de http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023080/ENA_2014.pdf

Mancheno, G. A., & Ramos, C.A. (2015). *Evaluación de la calidad del agua en la quebrada Huarmiyacu del Cantón Urcuquí, provincial de Imbabura para el prediseño de la planta de potabilización de agua para consume humano de las poblaciones de San Blas y Urcuquí* (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

Mapa de Colombia y el Huila, Recuperado de <http://mapadecolombia.org/mapa-de-colombia-con-sus-departamentos>.

Mapa del Municipio de la Plata Huila, Recuperado de <http://www.laplata-huila.gov.co/municipio/division-politica-municipio-de-la-plata>.

Marcó, L., Azario, R., Metzler, C., & García, M. (2004). La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales. Propuestas a propósito del estudio del sistema de potabilización y distribución en la ciudad de Concepción del Uruguay (Entre Ríos, Argentina). *Higiene y sanidad ambiental* 4, 72-82. Recuperado de [http://www.salud-publica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc510156890491c_Hig.Sanid.Ambient.4.72-82\(2004\).pdf](http://www.salud-publica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc510156890491c_Hig.Sanid.Ambient.4.72-82(2004).pdf)

Mastrangelo, A. (2009). Análisis del concepto de recursos naturales en dos estudios de caso en Argentina. *Ambiente & Sociedad* 12 (2), 341-355. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=31715780008>

Mejía, M. (2005). Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras. *Tesis de posgrado*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Honduras. Recuperado de http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4434/Analisis_de_la_calidad_del_agua_para_consumo_humano.pdf;jsessionid=6B85D6275BF1551C482B3430A657703B?sequence=1

Meza, A. M., Rubio, J., Dias, L.G., & Walteros, J. M. (2012). Calidad de agua y composición de macroinvertebrados acuáticos en la Subcuenca alta del río Chinchiná. *Caldasia* 34(2), 443-456. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/cal/v34n2/v34n2a13.pdf>

- Moreno, J., Patarroyo, N., & Rodríguez, H. (2006). *La importancia del uso de los indicadores biológicos en los estudios de impacto ambiental*. (Monografía). Universidad Industrial de Santander, Bogotá, Colombia.
- Palma, C. & Arana, J. (2014). Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. Lima, Perú: Zona Comunicaciones.
- Patiño, G.A. (2015). *Evaluación de la calidad del agua por medio de bioindicadores macroinvertebrados acuáticos en la quebrada La Vieja*. (Trabajo de grado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/4724/1/Pati%C3%B1oPescadorGinaAlejandra2015.pdf>
- Ramírez, O. (2015). Identificación de problemáticas ambientales en Colombia a partir de la percepción social de estudiantes universitarios localizados en diferentes zonas del país. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 31(3). 293-310. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/370/37041042009.pdf>
- Roldán, G. (1988). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Medellín, Colombia: Fondo FEN Colombia. Colciencias- Universidad de Antioquia.
- Roldán, G. (1992). Fundamentos de Limnología Neotropical. 1º edición. Medellín, Colombia: Editorial Universidad de Antioquia. Colección Ciencia y Tecnología U de A. 529 pp.
- Roldan, G. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col*. Universidad de Antioquía, Medellín, Colombia.
- Roldan, G. (2012). *Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua*. Bogotá, Colombia: Imprenta Nacional de Colombia.
- Sotil, L. E., & Flores, H.I. (2016). *Determinación de parámetros físicos, Químicos y bacteriológicos del contenido de las aguas del río Mazán – Loreto, 2016* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos, Perú. Recuperado de http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4156/Luz_Tesis_Titulo_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Toro, J., Schuster, J., Kurosawa, J., Araya, E. & Contreras, M. (noviembre de 2003). Diagnóstico de la calidad del agua en sistemas loticos utilizando diatomeas y macroinvertebrados béticos como bioindicadores Rio Maipo (Santiago: Chile). *XVI Congreso Chileno en Ingeniería Hidráulica*. Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica. Santiago, Chile.

Viveros, J.M. (2016). *Evaluación de la calidad de agua a través del método BMWP (Biological Monitoring Working Party) en el humedal Santa María del lago de la ciudad de Bogotá – Colombia* (Trabajo de investigación). Universidad Nacional Nueva Granada, Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/15571/ViverosMenaJavierMauricio2016.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Anexos

Anexo 1 Puntos de muestreo.

Parte Alta Quebrada Zapatero.



Fuente: Propia.

Parte Media Quebrada Zapatero.



Fuente: Propia.

Parte Baja Quebrada Zapatero.



Fuente: Propia

Anexo 2 Recolección de macroinvertebrados

Red de pantalla



Fuente: Propia

Hojarasca y fauna bentónica



Fuente: Propia



Fuente: Propia

Macroinvertebrados



Fuente: Propia



Fuente: Propia



Fuente: Propia

Anexo 3 Parámetros Fisicoquímicos.

Equipo Multiparametro



Fuente: Propia.

