

Determinación de la Calidad de Agua Mediante la Comunidad de Macroinvertebrados
como Bioindicadores de 3 Afluentes Principales en el Rio Guachicos Municipio de Pitalito Huila.

Diana Sofia Villarreal Garzon

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

ECAPMA – Escuela de Ciencias Agrarias, Pecuarias y del Medio Ambiente

Ingeniería Ambiental

CCAV Pitalito – Huila

2019

Determinación de la Calidad de Agua Mediante la Comunidad de Macroinvertebrados
como Bioindicadores de 3 Afluentes Principales en el Rio Guachicos Municipio de Pitalito Huila.

Diana Sofia Villarreal Garzon

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de ingeniera ambiental

Director: Myrian Sofia Guzmán Oliveros

Ingeniera Ambiental y Sanitaria

Msc. Gestión Ambiental para Desarrollo Sostenible

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

ECAPMA – Escuela de Ciencias Agrarias, Pecuarias y del Medio Ambiente

Ingeniería Ambiental

CCAV Pitalito – Huila

2019

Nota de Aceptación

Dedicatorias

Quiero dedicarle este trabajo a mi familia y a mis profesores de la UNAD, por su apoyo y contribución con mi aprendizaje en todo el desarrollo de mi educación como ingeniera ambiental.

Agradecimientos

Para agradecer, debo empezar por Dios por permitirme llegar hasta este momento, a mi papá quien me presto su carro para ir a hacer cada uno de los muestreos, a mi mamá por prepararme los almuerzos y darme para el refrigerio, a mis hermanos por su apoyo durante el desarrollo del proyecto, a Daniela Gallo por su ayuda en los principios de este proyecto, a Madelin Burbano por su colaboración en uno de los muestreos, y finalmente a las Ingenieras Martha Vinasco, Myrian Guzmán, Claudia Cortes, Silvia Trujillo y Nelly Méndez, por todas su recomendaciones y contribuciones el desarrollo de este proyecto.

Contenido

Resumen.....	11
Abstract	13
Introducción	15
Planteamiento del Problema	16
Pregunta de Investigación.....	17
Justificación.....	18
Objetivos	19
Objetivos General	19
Objetivos Específicos	19
Marco de Referencia.....	20
Marco Teórico	20
Marco Conceptual	23
Definiciones.....	23
Marco Legal.	24
Marco Contextual.....	25
Metodología	27
Área de estudio	28
Clasificación Taxonómica	28
Resultados	30
Área de Estudio	30

Trabajo de laboratorio	35
Determinación Taxonómica.....	37
Análisis.....	37
Composición y Abundancia.....	37
Cálculo del Índice BMWP.....	48
Cálculo del Índice de calidad de Agua.....	48
Análisis de Resultados.....	67
Conclusiones	69
Recomendaciones	70
Bibliografía.....	71
Anexos.....	74
Anexo 1. Macroinvertebrados con Orden, familia, género y características del habitat. .	74
Anexo 2. Puntos de Muestreo	85
Anexo 3. Características de las fuentes hídricas en los días de toma de muestras.....	88
Anexo 4. Evidencias de Residuos Sólidos Dispuestos Inadecuadamente.	92
Anexo 5. Tabla de macroinvertebrados por fecha.....	93
Anexo 6. Cobertura de Acueducto.....	94
Anexo 7. Corregimientos del Municipio de Pitalito.....	95

Lista de tablas

Tabla 1 Clases de calidad de Agua.....	21
Tabla 2 Georreferencias de los puntos de muestreo	30
Tabla 3 Características de los puntos de monitoreados.	31
Tabla 4 Características climáticas.	34
Tabla 5 Porcentaje de macroinvertebrados por punto de muestreo.....	37
Tabla 6 Porcentaje de Macroinvertebrados por familia.	39
Tabla 7 Porcentaje de macroinvertebrados por orden.....	41
Tabla 8 Porcentaje de macroinvertebrados por género.	46
Tabla 9 Indicador de macroinvertebrados Aguas Negras – Parte media – 4 de mayo.	48
Tabla 10 Indicadores de macroinvertebrados para Aguas Negras – Parte baja – 4 de mayo.	49
Tabla 11 Indicadores de macroinvertebrados para Caney – Parte media – 4 de mayo.....	50
Tabla 12 Indicadores de macroinvertebrados para Caney – Parte baja – 4 de mayo.....	50
Tabla 13 Indicadores de macroinvertebrados para Maralla– Parte media – 4 de mayo.	51
Tabla 14 Indicadores de macroinvertebrados para Maralla – Parte baja – 4 de mayo.	51
Tabla 15 Indicadores de macroinvertebrados para Aguas Negras – Parte media – 12 de julio.....	52
Tabla 16 Indicadores de macroinvertebrados para Aguas Negras – Parte baja – 12 de julio.	52
Tabla 17 Indicadores de macroinvertebrados para Caney – Parte media – 12 de julio.	52
Tabla 18 Indicadores de macroinvertebrados para Caney– Parte baja – 12 de julio.	53
Tabla 19 Indicadores de macroinvertebrados para Maralla – Parte media – 12 de julio.	54
Tabla 20 Indicadores de macroinvertebrados para Maralla – Parte baja – 12 de julio.	54
Tabla 21 Indicadores de macroinvertebrados para Aguas Negras – Parte media – 31 de agosto.....	54
Tabla 22 Indicadores de macroinvertebrados para Aguas Negras – Parte baja – 31 de agosto.....	55
Tabla 23 Indicadores de macroinvertebrados para Caney – Parte media – 31 de agosto.	55

Tabla 24 Indicadores de macroinvertebrados para Caney – Parte baja – 31 de agosto.	56
Tabla 25 Indicadores de macroinvertebrados para Maralla – Parte media – 31 de agosto.	57
Tabla 26 Indicadores de macroinvertebrados para Maralla – Parte baja – 31 de agosto.	57
Tabla 27 Indicadores de macroinvertebrados para Aguas Negras – Parte media – 14 noviembre. ...	58
Tabla 28 Indicadores de macroinvertebrados para Aguas Negras – Parte baja – 14 noviembre.	58
Tabla 29 Indicadores de macroinvertebrados para Caney – Parte media – 14 noviembre.	59
Tabla 30 Indicadores de macroinvertebrados para Caney– Parte baja – 14 noviembre.	60
Tabla 31 Indicadores de macroinvertebrados para Maralla– Parte media – 14 noviembre.	60
Tabla 32 Indicadores de macroinvertebrados para Maralla– Parte baja – 14 noviembre.	61
Tabla 33 Comparación de familias en los 6 puntos de muestreo	65

Lista de Figuras

Figura 1 Puntajes por familia de Macroinvertebrados.	21
Figura 2 Método de recolección.	27
Figura 3 Mapa de los puntos de muestreo.	31
Figura 4 Clasificación Taxonómica.	36
Figura 5 Porcentaje de macroinvertebrados por punto de muestreo	38
Figura 6 Porcentaje de macroinvertebrados por familia.	40
Figura 7 Porcentaje de Macroinvertebrados por orden.	42
Figura 8 Macroinvertebrados por fecha Aguas Negras – Parte media	43
Figura 9 Macroinvertebrados por fecha Aguas Negras – Parte baja.	43
Figura 10 Macroinvertebrados por fecha Caney – Parte media.	44
Figura 11 Macroinvertebrados por fecha Caney – Parte Baja	44
Figura 12 Macroinvertebrados por fecha Maralla – Parte Media.	45
Figura 13 Macroinvertebrados por fecha Maralla – Parte baja.	45
Figura 14 Ubicación Puntos de muestreo	61
Figura 15. Relación entre afluentes	62
Figura 16. Diagrama ternario	63
Figura 17. Análisis Afluentes	64

Resumen

El río Guachicos es la fuente de abastecimiento del acueducto de Pitalito, municipio con 100.000 habitantes. El río hace su recorrido por veredas del corregimiento de Bruselas y en sus orillas se encuentran asentamientos humanos y cultivos de café, que vierten sus aguas servidas directamente a la corriente. La empresa de servicios públicos de Pitalito realiza monitoreo solamente al punto de colecta de agua para el acueducto, sin hacer el monitoreo de la fuente principal ni de sus afluentes y el municipio de Pitalito no presta un apoyo efectivo para que los habitantes de las riveras implementen sistemas de descontaminación de agua que les permitan minimizar la contaminación por vertimientos.

En este contexto, desde principios del año 2018 se han venido desarrollando investigaciones para hacer monitoreo de macroinvertebrados, por lo que la presente investigación se hizo en los meses de mayo a noviembre del 2018 en las quebradas La Maralla, El Caney y Aguas Negras, para determinar la calidad de agua de los afluentes usando el método BMWP/Col de Roldán, colectando según la metodología de Roldan 1988.

Se identificaron 11 órdenes con un total de 2096 especímenes, dentro de los cuales se encuentran Trichoptera con un porcentaje de 53,6%, Odonata con 15,5%, Basommatophora con 9,7%, Hemiptera con 6,5%, Coleoptera con un 5,6% y Diptera con una 4,2%.

La familia más abundante fue la Helicopsychidae con un 28,5%, la Hydropsychidae con 24,9%, la Lymnaeidae con 9,6% al igual que la Libellulidae. Los valores del índice BMWP/Col fueron de los valores de BMWP/Col, indican aguas moderadamente contaminadas en las quebradas Aguas Negras y Caney y muy contaminadas en La Maralla, mostrando el deterioro de la calidad del agua a medida que se presentan vertimientos por asentamientos y cultivos.

Se evidencia la necesidad de hacer monitoreos constantes a la calidad de agua y que se implementen programas de mejoramiento de las condiciones ambientales de las quebradas, sanciones y correctivos a los responsables de la contaminación.

Palabras Clave: Beneficiado, BMWP/Col, Fuentes Hídricas, Guachicos, Macroinvertebrados, Producción de Café, Vertimientos.

Abstract

The Guachicos River is the source of supply for the Pitalito aqueduct, a municipality with 100,000 inhabitants. The river travels along the paths of the district of Brussels and on its banks are human settlements and coffee crops, which pour their sewage directly into the stream. The public utility company of Pitalito, performs monitoring only at the point of water collection for the aqueduct, without monitoring the main source or its tributaries and the municipality of Pitalito does not provide effective support so that the inhabitants of the riversides implement water decontamination systems that allow them to minimize pollution by dumping.

In this context, since the beginning of the year 2018, research has been carried out to monitor macroinvertebrates, so this research was carried out in the months of May to November 2018 in the La Maralla, El Caney and Aguas Negras streams, to determine the water quality of the tributaries using the BMWP / Col method of Roldán, collecting according to the 2016 IDEAM methodology.

Eleven orders were identified with a total of 2096 specimens, including Trichoptera with a percentage of 53.6%, Odonata with 15.5%, Basommatophora with 9.7%, Hemiptera with 6.5%, Coleoptera with 5.6% and Diptera with 4.2%.

The most abundant family was the Helicopsychidae with 28.5%, the Hydrosychidae with 24.9%, the Lymnaeidae with 9.6% as well as the Libellulidae. The BMWP / Col index values were BMWP / Col values, indicate moderately polluted waters in the Aguas Negras and Caney streams and heavily polluted in La Maralla, showing the deterioration of water quality as settlements occur and crops.

The need to make constant monitoring of water quality and that programs to improve the environmental conditions of the streams, sanctions and corrective measures to those responsible for the contamination is evidenced.

Keywords: Beneficiary, BMWP / Col, Water Sources, Guachicos, Macroinvertebrates, Coffee Production, Shedding.

Introducción

Este proyecto de investigación consiste en utilizar los macroinvertebrados que son organismos que no tienen vertebras, pero se pueden ver a simple vista y viven en el agua, como bioindicadores o indicadores naturales, puesto que estos organismos toleran de diferentes maneras la contaminación, o en otras palabras, cada familia de estos macroinvertebrados tiene una determinada tolerancia a la contaminación, por lo que pueden determinar la calidad de agua y determinar que tan contaminada se encuentra la fuente hídrica estudiada, contribuyendo a descubrir si las fuentes hídricas tienen mayor o menor grado de índices de contaminación.

La manera como se colectan las muestras dependerá de la metodología estipulada del IDEAM del 2016 y las muestras de agua se realizarán en las quebradas La Maralla, El Caney y Aguas Negras, principales afluentes del Rio Guachicos, fuente abastecedora del Municipio de Pitalito, para determinar la calidad de agua usando el método (Biological Monitoring Working Party) BMWP/Col de Roldán.

Se aclara que este documento hace énfasis en la contaminación del agua generada por el cultivo de café y su proceso de beneficiado, puesto que esta actividad es el sustento de la mayoría de la población de esta región y al verter las aguas mieles o aguas del proceso de beneficio del café, se genera la mayor contaminación hídrica.

Planteamiento del Problema

Hoy podemos determinar que la gran población y consecuentemente la industrialización ha causado daños en los ecosistemas y contaminación en todos los componentes ambientales y la contaminación del agua no es la excepción, ya que es el elemento diluyente universal y uno de los más necesarios para la vida de todo el planeta.

Considerando lo anterior, es evidente que el agua impacta directa e indirectamente sobre la salud de los humanos al ser captada para el abastecimiento (dado que sin este elemento fundamental no podríamos desarrollarnos) y por ello si ésta sufre algún tipo de alteración de sus características físico químicas o microbiológicas, existe un gran problema de riesgo por contaminación y por ello la preocupación se enfatiza en prioridad de conservación y protección de los recursos hídricos, que para nuestro caso particular es el río Guachicos.

El río Guachicos es la principal fuente abastecedora de agua del municipio de Pitalito y para esta investigación se estudiaron 3 principales afluentes como son Aguas Negras, Caney y que tienen un problema de contaminación derivado del proceso de beneficiado de café como estiman (Pabón Usaquén, Sanz Uribe, & Oliveros Tascón, Manejo del café Desmucilaginado Mecánicamente, 2009).

Se aclara que dentro del manejo del cultivo de café se desarrolla una actividad llamada proceso de beneficiado de café, el cual consiste en separar la pulpa del café pergamino, básicamente limpiando el pergamino el cual completa otra cantidad de procesos antes de ser consumido en la taza de café. Durante este proceso de separación se desarrolla un lavado limpiando el mucilago de café del pergamino de café, donde se utilizan alrededor de 2,8 litros de agua por kilo de café pergamino seco que genera una contaminación de 11,05 gramos de DQO/Kg de café cereza, estas aguas resultantes son conocidas como aguas residuales de café o mucilago de café. (Pabón Usaquén, Sanz Uribe, & Oliveros Tascón, Manejo del café Desmucilaginado Mecánicamente, 2009)

Las aguas residuales producto del proceso de beneficiado de café generan una contaminación de agua, por lo que se desarrollara un estudio de calidad de agua de estas fuentes hídricas utilizando macroinvertebrados como bioindicadores.

Pregunta de Investigación

¿Es posible evidenciar si las fuentes hídricas conocidas como Aguas Negras, Caney y Maralla del Municipio de Pitalito, Corregimiento de Bruselas, están contaminadas, utilizando el método BMWP/Col?

Justificación

La contaminación hídrica debilita la calidad de vida de las personas ya que el agua es indispensable para todos los procesos biológicos de los humanos y otros organismos vivos, por ello potabilizar el agua es necesaria sobre todo para la calidad de vida de las personas y de la comunidad.

El río Guachicos, que es la fuente abastecedora del acueducto de Pitalito, tiene 7 principales afluentes, de los cuales las quebradas Aguas Negras, Caney y Maralla, son de los más representativos y por ello es necesario monitorearlas ya que esta zona está rodeada de cultivos y en especial de cultivos de café y cuando estos son abonados o fertilizados estos compuestos pueden llegar a las aguas subterráneas del suelo y por consiguiente a la fuente de agua; también para el cuidado de los cafetos de las plagas y arvenses, se utilizan plaguicidas y herbicidas, que pueden llegar a ser perjudiciales hasta para la salud humana.

Considerando lo anterior y con el fin de conocer la calidad del agua de estas quebradas que son importantes para la cuenca porque vierten todos sus caudales al Río Guachicos, es necesario hacer un análisis con bioindicadores o macroinvertebrados que permita conocer la calidad del agua, puesto que el creciente deterioro en los sistemas acuáticos, resultado de las inadecuadas prácticas agrícolas está afectando esta fuente de abastecimiento.

Objetivos

Objetivos General

Determinar y analizar la calidad del agua de las Quebradas Aguas Negras, Caney y Maralla, mediante la medición del índice BMWP/Col, usando macroinvertebrados como bioindicadores del agua.

Objetivos Específicos

- ❖ Realizar el análisis de los macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua de los principales afluentes del río Guachicos que surte el acueducto de Pitalito.
- ❖ Calcular el índice de calidad de agua con base en los valores de BMWP/Col, para identificar el nivel de contaminación.
- ❖ Realizar un análisis entre los tres afluentes que permitan evidenciar la calidad del agua y proponer recomendaciones.

Marco de Referencia

Marco Teórico

Los macroinvertebrados acuáticos son definidos como aquellos organismos que se pueden ver a simple vista; es decir, todos aquellos organismos que tengan tamaños superiores a 0.5 mm de longitud. El prefijo “macro” establece que estos organismos son retenidos por redes de tamaño entre 200–500 mm, y su último estado larvario está en los 2.5mm, e “invertebrados” que no tienen son vertebrados. (Roldán Pérez, 2016) Son organismos esenciales en la ecología de los ríos, estos sirven de alimento a peces y anfibios o de algunas aves.

Dentro de ellos están los coleópteros, hemípteros, efemerópteros, plecópteros, odonatos, dípteros, neurópteros y trichopteros, ellos viven sobre el fondo de lagos y ríos, enterrados en el fondo, sobre rocas, y troncos sumergidos, adheridos a vegetación flotante o enraizada, algunos nadan libremente dentro del agua o sobre la superficie.

El Biological Monitoring Working Party (BMWP), fue establecido en Inglaterra en 1970, como método simple de analizar calidad del agua en fuentes hídricas, los datos de este método son cualitativos, es decir son de presencia o de ausencia, los puntajes asignados a cada familia de macroinvertebrados van de 1 a 10, según la tolerancia de cada familia a la contaminación determinada. La suma de estos puntajes por familia determina el índice BMWP los cuales son de menos de 15 a mayores de 150, indicando valores de contaminación de aguas muy limpias a fuertemente contaminadas.

La Tabla 1, muestra las cinco clases de calidad de agua, que se puntúan dependiendo de lo que sumen cada familia encontrada en determinado ecosistema, estos totales son definidos como BMWP, y se identifican con un color el cual es usado para marcar las fuentes hídricas, en la Figura 1, se muestra los puntajes por cada familia de macroinvertebrados.

Figura 1 Puntajes por familia de Macroinvertebrados.

Familias	Puntajes
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hidridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeraidae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyaellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancylidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Hydropsychidae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolycopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydraenidae, Hydrometridae, Noteridae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae.	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae,	2
Tubificidae	1

Fuente: Bioindicación Calidad de Agua. (Roldán Pérez G. A., 2003)

Tabla 1 Clases de calidad de Agua

Clase	Calidad	BMWP/Col	Significado	Color
I	Buena	>150	Aguas muy	Azul
		101 - 120	limpias.	
II	Aceptable	61 – 100	Aguas	Verde
			ligeramente contaminadas.	

III	Dudosa	36 – 60	Aguas moderadamente contaminadas.	Amarillo
IV	Critica	16 - 35	Aguas muy contaminadas.	Naranja
V	Muy Critica	<15	Aguas fuertemente contaminadas.	Rojo

Fuente: Bioindicación Calidad de Agua (Roldán Pérez G. A., 2003)

La contaminación hídrica producto del proceso de beneficiado de café se produce cuando se desarrolla la separación del mucilago de café del café cereza, convirtiendo el café cereza en pergamino húmedo, durante dicho proceso se utiliza agua para efecto de calidad dentro del proceso de beneficiado y calidad de café; se ha determinado en estudios desarrollado por Cenicafé las aguas mieles producto del beneficio húmedo de café generan una contaminación del 72% ,que se ha determinado con la demanda química de oxígeno (DQO) con un valor de 82 mg.kg de café cereza, y el otro 28% corresponde a un valor de 31 mg.kg de café cereza, la que es generada por las mieles del lavado. La tecnología BECOLSUB genera una contaminación que se acerca a 110.000 ppm de DQO por kilogramos de café pergamino seco. (Ramírez Gómez , Oliveros Tascón , & Sanz Uribe , 2015).

Las quebradas estudiadas por contaminación derivada del proceso de beneficiado de café (Pabón Usaqué , Sanz Uribe, & Oliveros Tascón, Manejo del café Desmucilaginado Mecánicamente, 2009), identificadas para el desarrollo de este estudio son las quebradas Aguas Negras, Caney y Maralla. Las cuales hacen parte de los 7 principales afluentes del rio Guachicos, ellas nacen en la parte alta de la vereda Porvenir y Normandía, siendo estas ultimas veredas del

corregimiento de Bruselas. Estas quebradas recorren gran parte de estas veredas desembocando el río Guachicos.

Marco Conceptual

Definiciones.

Definidos por la Real Academia Española:

- Contaminación: Es una acción y efecto de contaminar, lo que consiste en “alterar nocivamente la pureza o las condiciones normales de una cosa o un medio por agentes químicos y físicos” (Diccionario de la Real Academia Española, 2018)
- Agua: Líquido transparente, incoloro, inodoro e insípido en estado puro, cuyas moléculas están formadas por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, y que constituye el componente más abundante de la superficie terrestre y el mayoritario de todos los organismos vivos.

También se definen:

- Macroinvertebrados: Se definen por (Hanson, Springer , & Ramirez, 2010) como invertebrados que se pueden ver a simple vista o que pueden ser retenidos por una malla de 125µm.
- Beneficiado de café: La (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2002) define el beneficiado de café como un proceso de desmucilaginado, cuyo proceso consiste en separar la el pergamino de cascara.
- Cultivo de café: La (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2002) define que el cultivo de café es un proceso agrícola, donde se busca producir café de buena calidad, teniendo como fin una bebida de café cada vez más a gusto de los consumidores.

- Calidad de agua: (Leonard, 2015) presenta que se debe tener en cuenta la calidad de agua sobre todo cuando dicha agua esta prevista para ser consumida. Por lo que se debe tener en cuenta de donde viene y en que estado viene para ser consumida.

Marco Legal.

Agua Potable o para Consumo Humano: “es aquella que, por cumplir las características físicas, químicas y microbiológicas, en las condiciones señaladas en el presente decreto y demás normas que la reglamenten, es apta para consumo Humano. Se utiliza en bebida directa, en la preparación de alimentos o en la higiene personal”. (Ministerio de Ambiente, 2007) (P. 1).

El ministerio de Ambiente (Min Ambiente) tiene un listado de decreto leyes y resoluciones sobre el agua donde algunas hablan sobre el ahorro de agua y el uso de la misma por lo que se presenta a continuación legislación de agua en Colombia:

Ley 1151 de 2007: “Adquisición de áreas de interés para aductos municipales”. (Ministerio de Ambiente, 2007).

Ley 373 de 1997: “Uso eficiente y ahorro del agua”. (Ministerio de Ambiente, 1997)-

Ley 99 de 1993: “Política Ambiental Colombiana, Sistema Nacional Ambiental, estructura del Ministerio de Ambiente, Consejo Nacional Ambiental, Apoyo científico y técnico del Ministerio, Corporaciones Autónomas Regionales, rentas de las CAR, licencias ambientales, funciones de las entidades territoriales y la planeación ambiental, participación ciudadana, acción de cumplimiento de asuntos ambientales, sanciones y medidas de policía, Fondo Nacional Ambiental y Fondo Ambiental de la Amazonia, procuraduría delegada para asuntos ambientales, liquidación del inderena y de las garantías laborales”. (Ministerio de Ambiente, 1993).

Ley 23 de 1973: prevención y control de contaminación hídrica. (Ministerio de Ambiente, 1973).

Ley N.10 de 1978: Mar territorial. (Ministerio de Ambiente, 1978).

Como decretos están: Decreto 4742 de 2005, Decreto 3930 de 2010, Decreto 3440 de 2004, Decreto 3100 de 2003, Decreto 2811 de 1974, Decreto 2570 de 2007, Decreto 1933 de 1994, Decreto 1900 de 2006, Decreto 1875 de 1979, Decreto 1729 de 2002, Decreto 1640 de 2012, Decreto 1604 de 2002, Decreto 1600 de 1994, Decreto 1594 de 1984, Decreto 1575 de 2007, Decreto 1541 de 1978, Decreto 1480 de 2007, Decreto 1449 de 2004, Decreto 1443 de 2004, Decreto 1324 de 2007, Decreto 1323 de 2007 y Decreto 255 de 2004.

Como resoluciones se tienen: Programación de capacitaciones Resolución MADS 0631 de 2015 Parte 1 y 2, Resolución 2145 de 2005, Resolución 2115 de 2007, Resolución 872 de 2006, Resolución 104 de 2003, Resolución 075 de 2011 y Resolución 023 1973.

Marco Contextual.

Pitalito es un municipio que cuenta con varios corregimientos (Ver anexo 7), entre ellos Bruselas, donde se producen cultivos de café y ganadería en grandes escalas, maíz, arveja, yuca, lulo, granadilla, tomate árbol, mora, plantas ornamentales, hortalizas, peces, pollos y miel en bajas escalas (Alcaldía de Pitalito, 2015). El café cubre la mitad de la producción de la región laboyana, en Bruselas más específicamente se trabaja con variedades de café tales como: castillo, Colombia, tambo y caturra; se ha buscado el equilibrio medio ambiental en la práctica cafetera con la instalación del ECOMIL la cual es una máquina de bajo impacto ambiental usada para llevar a cabo el proceso de beneficiado de café, algunas de estas fincas están certificadas con sellos como Rainforest Alliance y Fairtrade International, donde se ve el desarrollo de las buenas prácticas agrícolas y se busca un café de alta calidad, así como también se trata de implementar sistemas que contribuyan al cuidado y conservación del medio, implementando métodos de mitigación de

contaminación y uso eficiente de los recursos naturales. (Centro Nacional de Investigaciones de Café - Cenicafé, 2013)

El río Guachicos es una de las principales fuentes hídricas que surten el acueducto del municipio de Pitalito (Ver anexo 6), este río que desemboca en el río Guarapas nace en la parte alta de la vereda el Porvenir del corregimiento de Bruselas, el Guachicos recibe agua de 172 afluentes desde que nace hasta que desemboca donde se encuentran las quebradas Aguas Negras, Caney y Maralla; las cuales al ser aledañas a cultivos como el café, son perjudicadas por contaminaciones generadas por la producción de dicho cultivo; se ha buscado la reducción de uso de algunas prácticas agrícolas reduciendo el uso de pesticidas y fertilizantes que contribuyen a la degradación del ambiente y de la salud humana. (Centro Nacional de Investigaciones de Café - Cenicafé, 2015)

Metodología

Para el desarrollo de este proyecto se tomaron las muestras en la parte baja y media de las quebradas Caney, Aguas Negras y La Maralla. Dicho monitoreo se llevó a cabo en el año 2018 en los meses de mayo a noviembre, considerando las condiciones y los tiempos de la cosecha y no cosecha del cultivo de café, el cual contribuye a la investigación con la contaminación por su proceso de beneficio.

Para la comunidad de macroinvertebrados, se realiza un muestreo cualitativo con la red de mano la cual se usa para recolectar los macroinvertebrados en aguas corrientes poco profundas (Roldán Pérez G. , 1988), ya que una persona debe tomar la red y en contracorriente se debe colocarla y otra persona remueve aguas arriba, tal como se muestra en la Figura 2.

Para este proyecto, se construyó una red con una malla de bajos milímetros plástica, con los bordes de madera tal como muestra la imagen de la Figura 2 Método de recolección.



Figura 2 Método de recolección.

Fuente: Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos. (Roldán Pérez G. , 1988).

En cada punto de muestreo se desarrollaba este proceso 3 veces separados por 1 metro, lo cual al final en cada punto de muestreo se recolectaban 3 frascos de macroinvertebrados recolectados por punto.

Posteriormente para se saca la malla del agua y se recolectan los macroinvertebrados en frascos de vidrio debidamente lavados, estos frascos contienen alcohol y se les aplicaba un par de gotas de formol, lo que contribuye con la preservación de la muestra y su fácil manejo en el laboratorio para su posterior caracterización.

Área de estudio

Las cuencas hídricas de Aguas Negras, Caney y Maralla nacen en la Vereda bombona del corregimiento de Bruselas, Aguas negras nace más específicamente en la Vereda Porvenir, estas fuentes hídricas desembocan en la misma vereda al río Guachicos el cual abastece al municipio de Pitalito de aguas potable.

Clasificación Taxonómica

La clasificación de los macroinvertebrados se desarrolló en el laboratorio por medio del estereoscopio, considerando cada característica de cada macroinvertebrado, dichas características son: las alas, las patas, la forma de la cabeza, la cola, los vellos del cuerpo, el tamaño. Clasificándolos, teniendo en cuenta el orden, familia y género. También se especifica el número de individuos encontrados y el indicador de cada uno en los registros para así determinar la calidad de agua en cada punto de muestreo.

Para hacer una debida clasificación se usó el libro de Gabriel Roldan, Titulado Guía para el estudio de Macroinvertebrados Acuáticos del departamento de Antioquia.

Se desarrollo un registro de cada familia de macroinvertebrados, el cual se especifica en el Anexo 1.

Cálculos

En esta investigación se emplea el método BMWP/Col, conocido como el índice biótico propuesto por Gabriel Roldán. El cual presenta un libro con los macroinvertebrados estudiados más específicamente en el departamento de Antioquia, donde se encuentra el orden, la familia y el género de cada macroinvertebrado, así como su valoración de acuerdo a la tolerancia de cada familia a la contaminación. Dicho puntaje va de 1 a 10, donde el más alto es para las familias más sensibles y el puntaje bajo para las familias más tolerantes.

Los macroinvertebrados que se recolectan se llevan al laboratorio para ser caracterizados por orden, familia y género, por medio de su análisis en el estereoscopio, dándole así su valor y aplicando el método BMWP adaptado para Colombia, según Gabriel Roldán.

Teniendo en cuenta las familias encontradas por cada punto de análisis se suman los valores de tolerancia de cada familia y se verifica el estado de la fuente hídrica, determinándolo desde calidad Buena a Muy Crítica, esto por medio de la tabla 1.

Resultados

Área de Estudio

El área de estudio se identificó en dos puntos por quebrada, en la parte media y parte baja de cada fuente hídrica y se desarrollaron cuatro recolecciones de macroinvertebrados más o menos cada dos meses teniendo en cuenta las condiciones y los tiempos de cosecha del café y la época fría del mismo. (Ver anexo 2) Por lo tanto, se desarrollaron en total 4 muestreos de mayo a noviembre, en las fechas 4 de mayo, 12 de julio, 31 de agosto y 14 de noviembre de 2018; donde se georreferencio cada punto de muestreo tal como se muestra a continuación:

Tabla 2 Georreferencias de los puntos de muestreo

Punto	Nombre del punto	Coordenadas		
1	Aguas Negras - Parte	N 01°	W76°	1588
	Media	46'09.9"	12'31.2"	msnm
2	Aguas Negras – Parte	N 01°	W76°	1562
	Baja	46'07.3"	12'18.1"	msnm
3	Caney – Parte Media	N 01°	W76°	1487
		46'32.9"	11'43.5"	msnm
4	Caney – Parte Baja	N 01°	W76°	1526
		46'30.4"	11'41.2"	msnm
5	Maralla – Parte Media	N 01°	W76°	1511
		46'43.7"	11'17.3"	msnm
6	Maralla – Parte Baja	N 01°	W76°	1497
		46'42.1"	11'12.9"	msnm



Figura 3 Mapa de los puntos de muestreo.

Fuente: La Investigación

A continuación, se presentan las principales características de cada uno de los puntos por cada quebrada, presentando el tipo de terreno, el uso del suelo y su descripción.

Tabla 3 Características de los puntos de monitoreados.

Punto	Tipo de terreno, Uso del suelo	Descripción
1, Aguas Negras – Parte Media.	Terreno poco inclinado, con vegetación natural como matorrales árboles y arvenses.	El primer punto de muestreo se encuentra en la vía que comunica al corregimiento de Bruselas con las zonas veredales como la esperanza bombona y porvenir, a 40 km se desvía hacia la derecha hacia la vereda Porvenir y se toma otro desvío a mano derecha donde se

La quebrada tiene rocas y árboles que han caído a la fuente y han sido arrastrados por la misma.

debe subir otros 2 km casi donde termina la vereda, hasta llegar a una vivienda, donde se transita a pie a través de un cultivo hasta llegar al punto de muestreo a unos 500 metros de la vivienda.

La fuente hídrica tiene el olor característico del mucilago de café y de caño, en esta zona y se encuentran residuos de este en la red, tales como granos de café, y algas generadas por el mucilago café y cascarilla de café, también se encontraron hojas de cafetos en la red.

Punto	Terreno	Luego de tomar la muestra anterior se devuelve
2, Aguas Negras – Parte Baja.	semi inclinado, la vía transita sobre la quebrada. Y a pie se pasa por un puente colgante. Se evidencia la vegetación común y rocas en la fuente.	<p>los 2 km y se encuentra con un desvío hacia la izquierda, donde se transita 1 km sobre la vía veredal que comunica la vereda bombona con el corregimiento de Bruselas.</p> <p>Donde se continua por esta vía hasta encontrar sobre la misma la fuente hídrica no hay puente para autos ni moto, hay puente colgante para transitar a pie.</p> <p>No hay cultivos cerca de la fuente, pero si se evidencia el olor nuevamente a caño y a mieles de café.</p> <p>También se encuentran residuos de hojas de cafetos y granos y cascaras de café.</p>
3, Caney – Parte Media.	semi inclinado, la fuente presenta poca roca y mucha vegetación que ha	<p>Por la vía veredal que se tomó anteriormente se continua, hasta llegar a la batea que hay para transitar sobre la quebrada caney, se coge por un camino que se encuentra a la izquierda a pie para llegar hasta el punto de la parte media a unos 10 metros de la vía por donde se</p>

	caído a la fuente, también hay vegetación en sus orillas y un cultivo de café.	transita en auto o motocicleta. La fuente tiene un cultivo de café a 1 metro de distancia, se encuentran residuos de frascos de herbicidas y otros elementos que se aplican al cultivo de café para control de arvenses y plagas.
Punto	Terreno	A este punto se llega a pie pasado por un potrero
4, Caney – Parte baja.	parejo, vegetación en la fuente y rocas, hay potreros donde se cultiva ganado.	de ganado, esto a la derecha de la vía veredal. Hay ganado que bebe agua de la fuente, se encuentran residuos de ropa y desechos sólidos que son arrojados a esta parte de la quebrada, queda sobre la vía veredal, la fuente tiene vegetación a sus orillas y caminos para que el ganado entre a la fuente.
Punto	Terreno	Aquí se continua por la vía veredal hasta llegar a
5, Maralla – Parte Media.	semi inclinado, la fuente presenta roca y poca vegetación en una de sus orillas, también un cultivo de café aledaño.	una finca donde gran parte de esta la recorre la quebrada Maralla. Aquí se escogió la parte media, que tiene un fuerte olor a mucilago de café, y a desechos orgánicos de café, hay un cultivo de café que esta a un metro de la fuente. Casi no hubo captura de macroinvertebrados en este punto.
Punto	Terreno	Se continua por la vía veredal hasta llegar a un
6, Maralla – Parte Baja.	parejo, cultivo de café a unos centímetros de la fuente.	puente que hay sobre la fuente hídrica, se transita por un cultivo de café hasta llegar al punto donde se desarrolla la captura de macroinvertebrados, se encuentran

desechos de residuos sólidos dentro de la fuente como pañales, ropa y otros elementos.

Hay un cultivo de café a unos pocos centímetros de la fuente por ambos lados. Tampoco hubo mucha abundancia de macroinvertebrados en este punto.

Fuente: La investigación.

Las recolecciones de macroinvertebrados se desarrollaron en las fechas: 4 de mayo, 12 de julio, 31 de agosto, 14 noviembre de 2018. En la tabla se evidencian las características en la toma de muestras como el estado del tiempo, el cual es relevante porque cuando ha llovido hay menor cantidad de macroinvertebrados puesto que se arrastran por las fuertes corrientes del caudal:

Tabla 4 Características climáticas.

Fecha	Estado del Tiempo
4 de mayo de 2018	Se presentaron lluvias el día anterior, y el día de la toma de muestras se desarrolló un día parcialmente nublado, y se presentó un aumento de caudal de proporciones mínimas.
12 de julio de 2018	Este día se presentó soleado, y en días anteriores al muestreo hubo lluvias en la zona veredal de Bruselas, aunque no se evidencio mucho crecimiento de caudal en las quebradas.
31 de agosto de 2018	El día se transcurrió parcialmente nublado e intento llover en las horas de la tarde previo a finalizar el muestreo, y hubo lluvias en los días previos al muestreo, también se presentó poco aumento de caudal en la fuente.

14 de noviembre de 2018 Fue soleado, hubo fuertes lluvias previas al muestreo, y se evidencio un aumento de caudal mínimo que no dificulto la colecta de macroinvertebrados.

Fuente: La investigación.

Trabajo de laboratorio

El trabajo de laboratorio se desarrolló utilizando un estereoscopio para hacer la debida clasificación de macroinvertebrados, siendo clasificados por familia, estos se fijaban en la recolección al 70% de alcohol y se les adicionaba una gota de formol para su buena conservación. Así mismo, eran almacenados luego de ser clasificados en el laboratorio.





Figura 4 Clasificación Taxonómica.

Fuente: La investigación

Determinación Taxonómica

Para dicha determinación taxonómica se usó la guía de macroinvertebrados de Gabriel Roldán: (Roldán Pérez G. , 1988).

Análisis

El análisis se desarrolló teniendo en cuenta las descripciones de los puntos de muestreos que se cree contribuyeron a la abundancia y no abundancia de macroinvertebrados, así como la presencia de residuos sólidos que para este caso son hojas de cafeto, almendras, cascara y mucilago de café de café, donde sus residuos son arrojados a las quebradas que fueron estudiadas. También se tuvo en cuenta la clasificación taxonómica y claramente la puntuación que se le da por familia a cada macroinvertebrado, para determinar la calidad del agua de la fuente hídrica estudiada.

Composición y Abundancia

En los 5 muestreos que se desarrollaron se recolectaron un total de 2906 macroinvertebrados, con un total de 30 familias, pertenecientes a 11 órdenes, con un total de 44,0% para la quebrada Aguas Negras, 48,3% para la quebrada Caney y 7,6% para la quebrada Maralla, siendo Caney la quebrada con mayor recolección.

En la presente tabla se evidencian los porcentajes de macroinvertebrados por cada punto de muestreo:

Tabla 5 Porcentaje de macroinvertebrados por punto de muestreo.

Punto de muestreo	Suma total	Porcentaje (%)
Aguas negras - Parte Media	477	16,4
Aguas Negras - Parte Baja	803	27,6
Caney - Parte Media	859	29,6

Caney - Parte Baja	545	18,8
Maralla - Parte Media	110	3,8
Maralla - Parte Baja	112	3,9
Total de Macroinvertebrados	2906	

Fuente: La investigación.

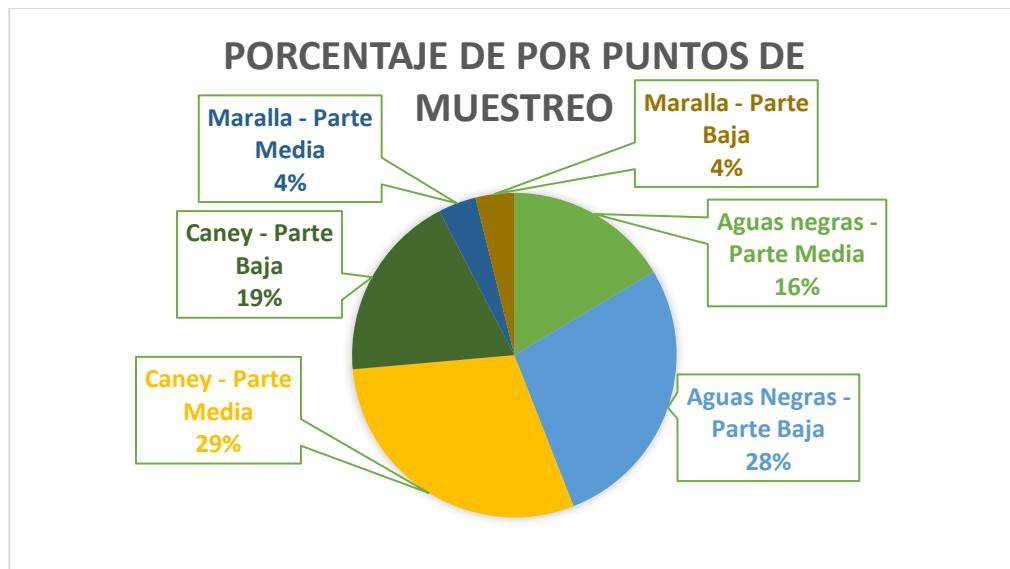


Figura 5 Porcentaje de macroinvertebrados por punto de muestreo

Fuente: La investigación.

Se presentaron 30 familias de las cuales se identificó más abundancia en las familias: Helicopsychidae con un porcentaje de 28,5%, Hydropsychidae con un 24,9%, Lymnaeidae con un 9,6%, Libellulidae con un 9,6%, Ptilodactylidae con un 5,5%, Hebridae con un 4,0%, Empididae con un 3,7%, el resto de las familias se presentan con una menor proporción como se presenta en la tabla:

Tabla 6 Porcentaje de Macroinvertebrados por familia.

N.	Familia	Suma Total	Porcentaje
1	Hydropsychidae	724	24,9
2	Ptilodactylidae	160	5,5
3	Perlidae	7	0,2
4	Libellulidae	279	9,6
5	Coenagrionidae	53	1,8
6	Leptophlebiidae	49	1,7
7	Elmidae	9	0,3
8	Baetidae	4	0,1
9	Lutrochidae	1	0,0
10	Corydalidae	16	0,6
11	Helicopsychidae	827	28,5
12	Hydrobiosidae	1	0,0
13	Calopterygidae	92	3,2
14	Naucoridae	60	2,1
15	Tricorythidae	8	0,3
16	Gomphidae	23	0,8
17	Simuliidae	4	0,1
18	Euthyplociidae	1	0,0
19	Lymnaeidae	278	9,6
20	Tubificidae	53	1,8
21	Hebridae	115	4,0
22	Ancylidae	2	0,1
23	Ampullariidae	1	0,0

24	Planariidae	7	0,2
25	Empididae	107	3,7
26	Veliidae	13	0,4
27	Dytiscidae	1	0,0
28	Dolichopodidae	8	0,3
29	Tipulidae	2	0,1
30	Empididae	1	0,0
Total		2906	

Fuente: La investigación.

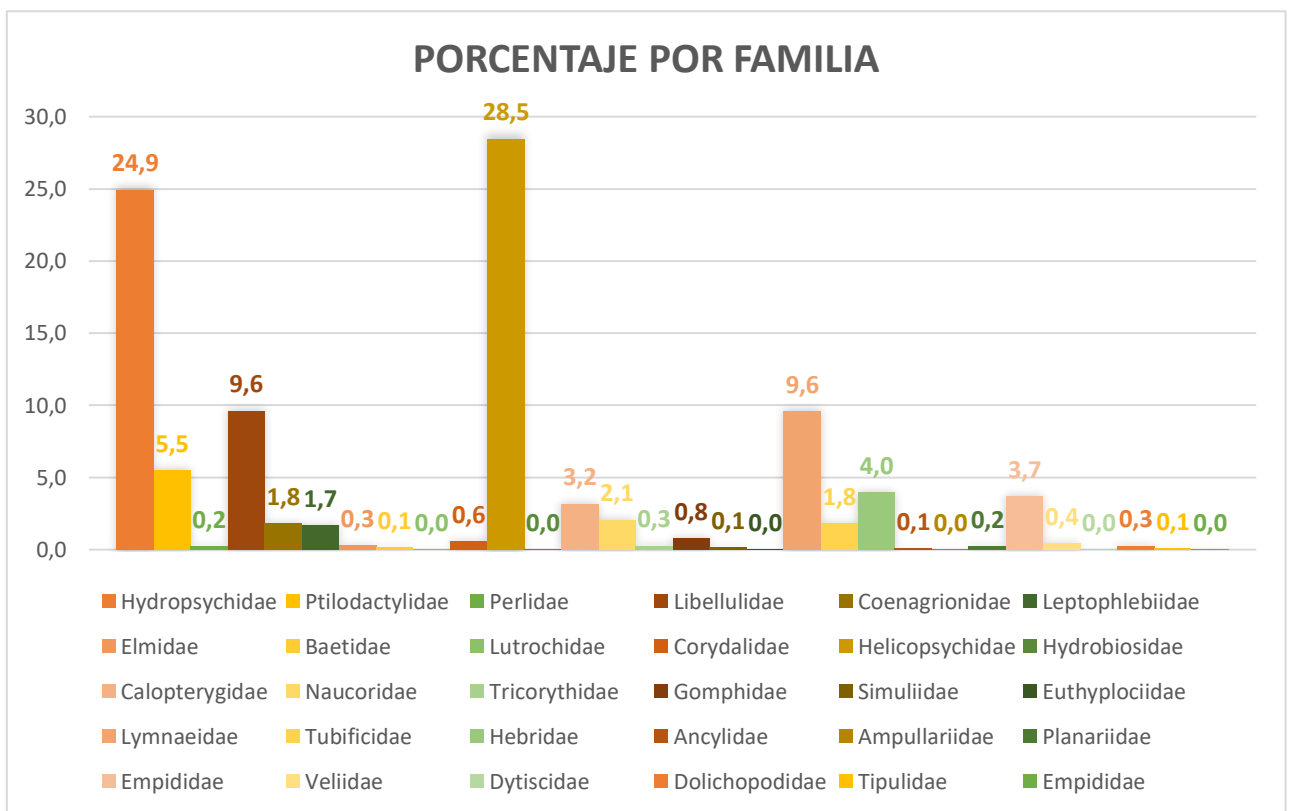


Figura 6 Porcentaje de macroinvertebrados por familia.

Fuente: La investigación.

Se identificaron 11 órdenes en total en las tres fuentes hídricas, dentro de los cuales se encuentran: Trichoptera con un porcentaje de 53,6%, Odonata con una 15,5%, Basommatophora con un 9,7%, Hemiptera con una 6,5%, Coleoptera con un 5,6% y Diptera con una 4,2%, donde Trichoptera es la que predomina dentro de la clasificación por orden como se evidencia en la presente tabla:

Tabla 7 Porcentaje de macroinvertebrados por orden.

N.	Orden	Suma Total	Porcentaje
1	Trichoptera	1558	53,6
2	Coleoptera	162	5,6
3	Plecoptera	7	0,2
4	Odonata	451	15,5
5	Ephemeroptera	62	2,1
6	Neuroptera	16	0,6
7	Hemiptera	188	6,5
8	Diptera	121	4,2
9	Basommatophora	281	9,7
10	Haplotaxida	53	1,8
11	Tricladida	7	0,2
Total		2906	

Fuente: La investigación.

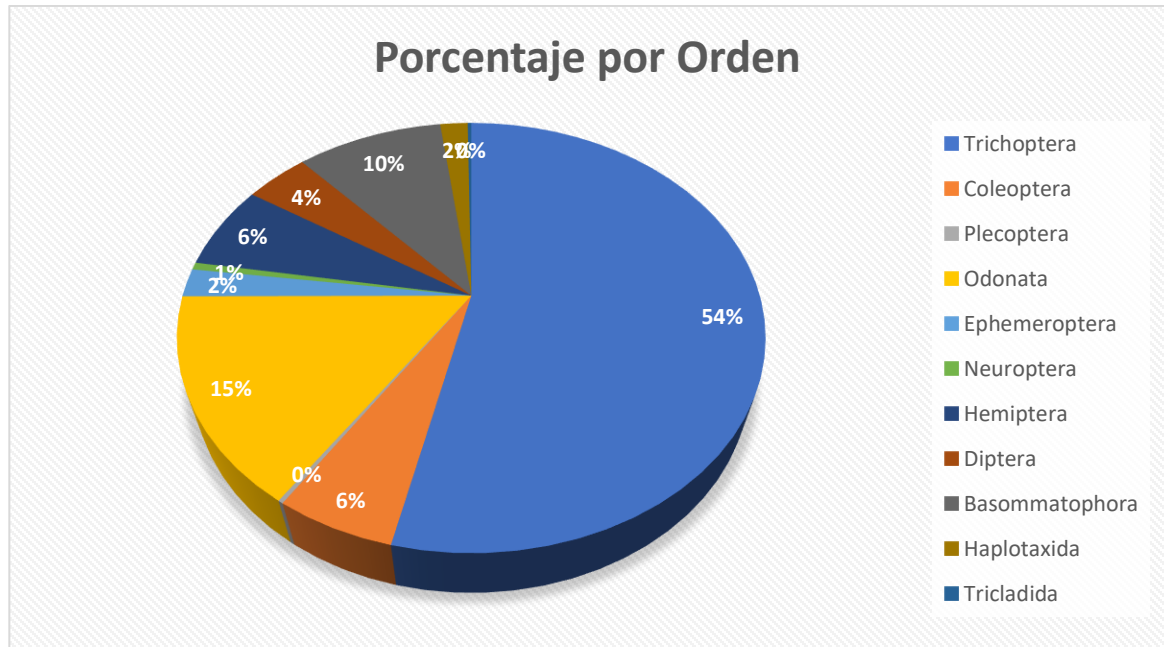


Figura 7 Porcentaje de Macroinvertebrados por orden.

Fuente: La investigación.

La parte media de Aguas Negras presento una gran abundancia de recolección de macroinvertebrados en especial en el monitoreo desarrollado el 14 de noviembre, donde se recolectaron 183 macroinvertebrados de 477 que se recolectaron en total durante los 4 muestreos desarrollados durante el año 2018 en toda la investigación; por otro lado, en la parte baja de Aguas Negras, hubo una gran recolección en mayo de 426 macroinvertebrados de 803 que se recolectaron durante todo el proceso estos resultados se evidencian en la siguiente figura:

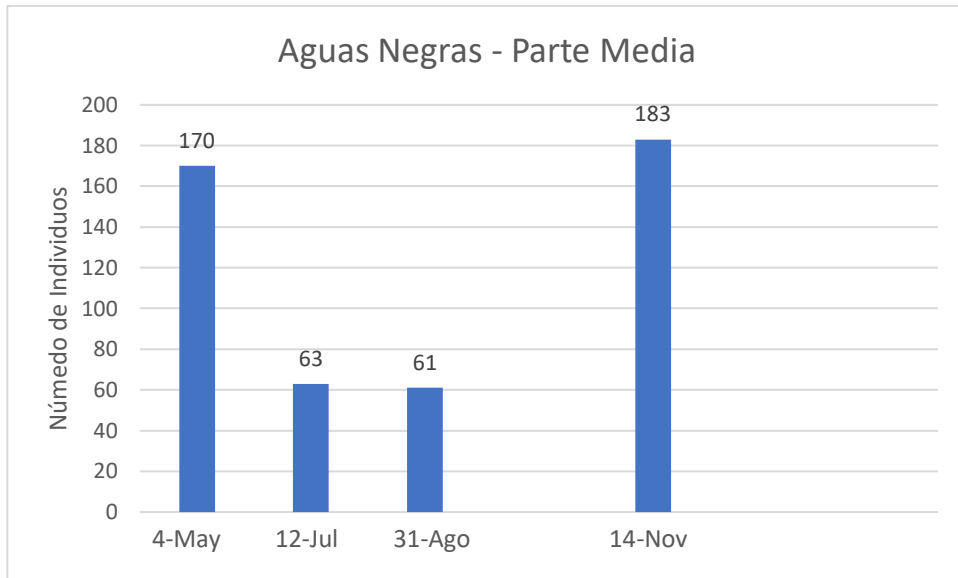


Figura 8 Macroinvertebrados por fecha Aguas Negras – Parte media

Fuente: La investigación.

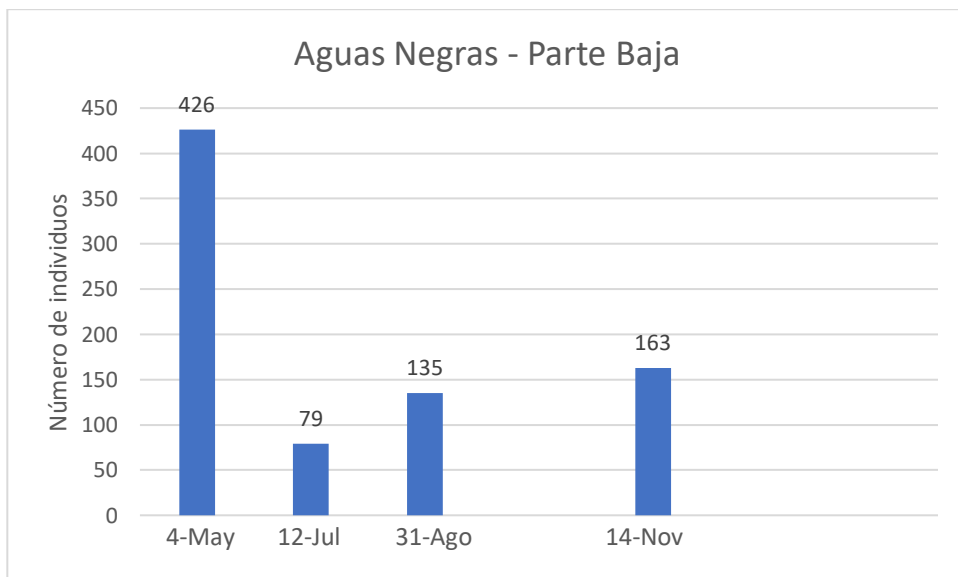


Figura 9 Macroinvertebrados por fecha Aguas Negras – Parte baja.

Fuente: La investigación.

La quebrada Caney también presentó abundancia de macroinvertebrados en todas las recolecciones desarrolladas en el año 2018, recolectándose en total 859 macroinvertebrados en la parte media, el cual fue el punto con mayor recolección en todo el desarrollo de la investigación; en

noviembre fue donde más recolecto siendo 322 el número de macroinvertebrados recolectados para dicha fecha.

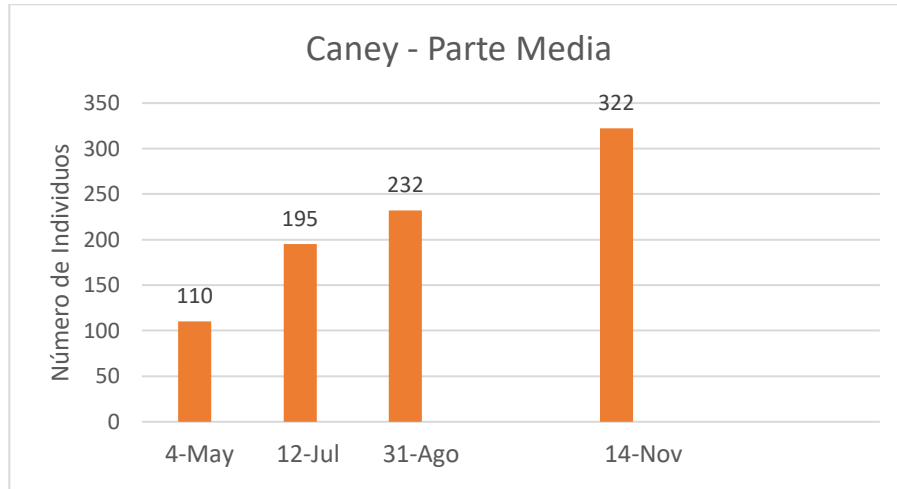


Figura 10 Macroinvertebrados por fecha Caney – Parte media.

Fuente: La investigación.

En la parte baja de Caney se recolectaron en total 545 macroinvertebrados, de los cuales se recolectaron 211 en noviembre, siendo esta ultima la fecha con mayor recolección de todo el punto de muestreo, lo que se evidencia en la presente figura:

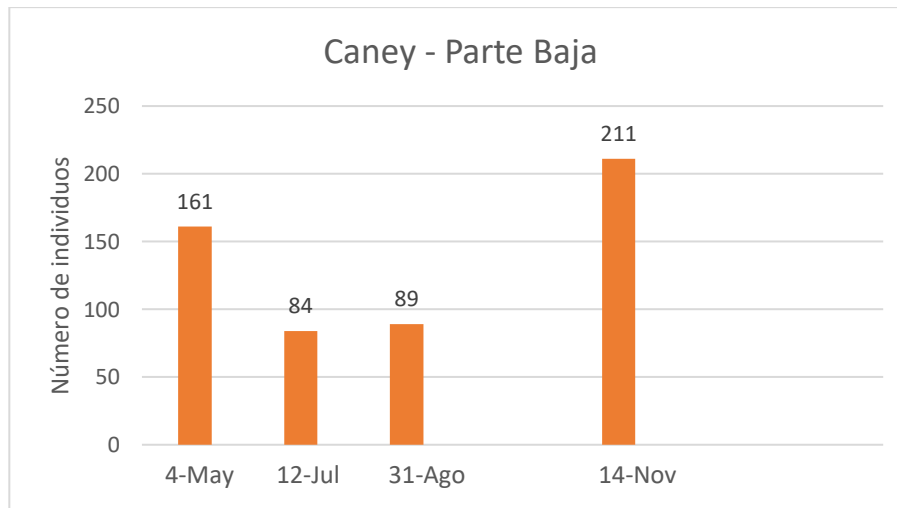


Figura 11 Macroinvertebrados por fecha Caney – Parte Baja

Fuente: La investigación.

En la Maralla en la parte media se recolectaron 110 macroinvertebrados siendo noviembre la fecha en la que se recolectaron más macroinvertebrados con un 75; para la parte baja se recolectaron en total 112 macroinvertebrados siendo también noviembre donde se recolectaron 88 más abundancia en comparación con las demás fechas de muestreo. Esto se ve claramente en las presentes figuras:

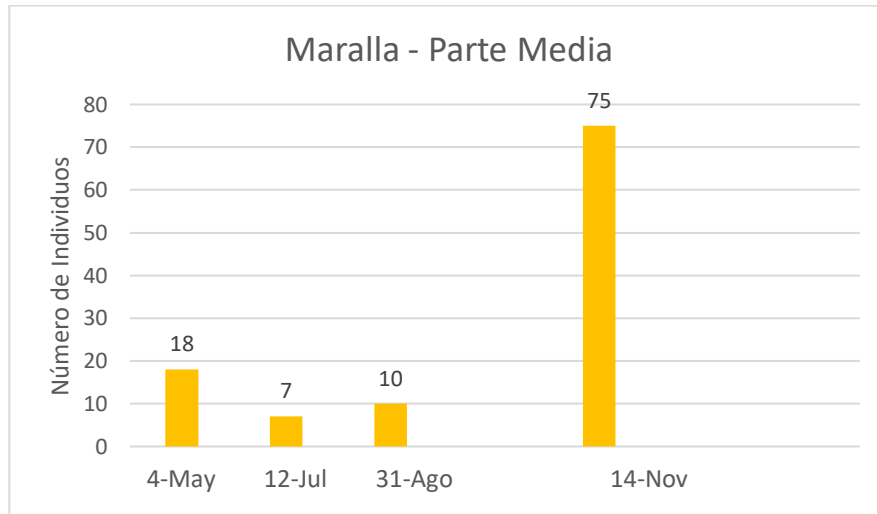


Figura 12 Macroinvertebrados por fecha Maralla – Parte Media.

Fuente: La investigación.

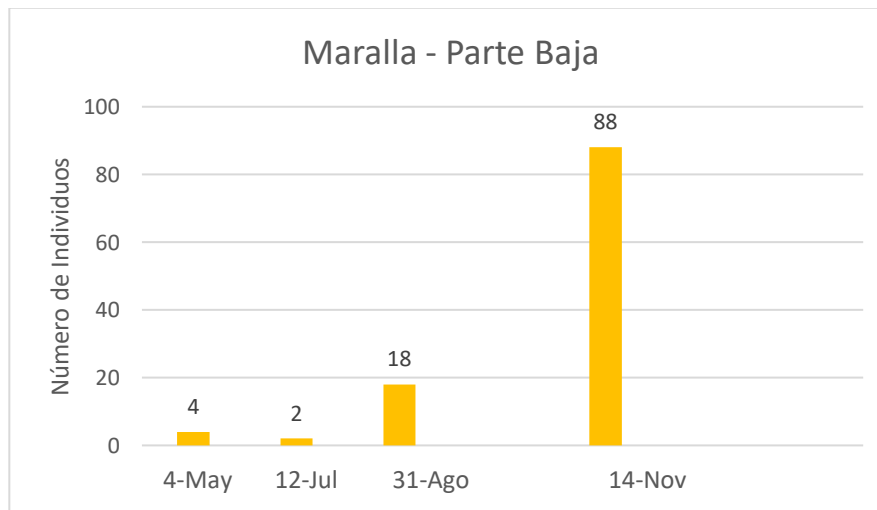


Figura 13 Macroinvertebrados por fecha Maralla – Parte baja.

Fuente: La investigación.

Durante el desarrollo de la investigación se recolectaron 2906 macroinvertebrados, de los cuales se identificaron 47 generos, dentro de los cuales se encuentran los de mayor cantidad tales como: Helicopsyche Borealis con un total de 605 macroinvertebrados, Leptonema con 399, Smicridea con 322, Lymniea con 278, Helicopsyche con 222, Anchytarsus con 160 y Merragata con 115, tal como se evidencia en la presente tabla:

Tabla 8 Porcentaje de macroinvertebrados por género.

N.	Genero	Total	Porcentaje
1	Helicopsyche Borealis	605	20,82
2	Leptonema	399	13,73
3	Smicridea	322	11,08
4	Lymniea	278	9,57
5	Helicopsyche	222	7,64
6	Anchytarsus	160	5,51
7	Merragata	115	3,96
8	Hemerodromia	107	3,68
9	Brechmorhoga	94	3,23
10	Sin genero	92	3,17
11	Hetaerina	92	3,17
12	Macrothemis	72	2,48
13	Heleocoris Spinipes	56	1,93
14	Tubifex	53	1,82
15	Thraulodes	35	1,20
16	Acanthagrion	27	0,93

17	Tramea	21	0,72
18	Progomphus	18	0,62
19	Corydalus	16	0,55
20	Terpides	14	0,48
21	Argia	13	0,45
22	Stridulivelia	10	0,34
Cinctipes			
23	Leptohyphes	8	0,28
24	Rhaphium	8	0,28
25	Dugesia	7	0,24
26	Anacroneuria	7	0,24
27	Agriogomphus	5	0,17
Jessei			
28	Macrelmis	5	0,17
29	Telebasis	5	0,17
30	Ischnura	5	0,17
31	Pelocoris	4	0,14
32	Baetode	4	0,14
33	Coenagrionidae	4	0,14
"A"			
34	Smulium	4	0,14
35	Rhagovelia	3	0,10
36	Disersus	2	0,07
37	Ferrissia	2	0,07
38	Heterelmis	2	0,07

39	Acanthagrion	2	0,07
40	Pomacea	1	0,03
41	Lutrochus	1	0,03
42	Atopsyche	1	0,03
43	Euthyplocia	1	0,03
44	Tipula	1	0,03
45	Limonia	1	0,03
46	Orthemis	1	0,03
	Ferruginea		
47	Thermonectus	1	0,03
Total		2906	100%

Fuente: La investigación.

Cálculo del Índice BMWP

Cálculo del Índice de calidad de Agua

Para la determinación de la calidad de agua de las fuentes hídricas Aguas Negras, Caney y Maralla según el método de Roldan por medio de los macroinvertebrados, se determinó así:

En el primer muestreo que se realizó el día 4 de mayo de 2018 para la quebrada Aguas Negras – Parte Media se establecieron las siguientes familias de macroinvertebrados:

Tabla 9 Indicador de macroinvertebrados Aguas Negras – Parte media – 4 de mayo.

Familia	Indicador
Hydropsychidae	7
Ptilodactylidae	10
Perlidae	10

Libellulidae	6
Coenagrionidae	6
Leptophlebiidae	9
Elmidae	6
Baetidae	7
Lutrochidae	6
Total	67

Fuente: La investigación.

Tabla 10 Indicadores de macroinvertebrados para Aguas Negras – Parte baja – 4 de mayo.

Familia	Indicador
Corydalidae	6
Helicopsychidae	8
Coenagrionidae	6
Libellulidae	6
Hydropsychidae	7
Hydropsychidae	7
Elmidae	6
Baetidae	7
Perlidae	10
Leptophlebiidae	9
Libellulidae	6
Coenagrionidae	6
Hydrobiosidae	8
Total	92

Fuente: La investigación.

Por lo que a la fecha se determina que la calidad del agua es de clase II Aceptable, Aguas ligeramente contaminadas. En el primer muestreo que se desarrolló. Según el índice de (Roldán Pérez G. A., 2003), (Ver tabla 1).

En el caso de la quebrada Caney, en el 4 de mayo se tiene:

Tabla 11 Indicadores de macroinvertebrados para Caney – Parte media – 4 de mayo.

Familia	Indicador
Hydropsychidae	7
Ptilodactylidae	10
Coenagrionidae	6
Naucoridae	7
Gomphidae	8
Total	38

Fuente: La investigación.

Tabla 12 Indicadores de macroinvertebrados para Caney – Parte baja – 4 de mayo.

Familia	Indicador
Ptilodactylidae	10
Coenagrionidae	6
Coenagrionidae	6
Gomphidae	8
Naucoridae	7
Hydropsychidae	7
Total	38

Fuente: La investigación.

Aquí se evidencia que en el primer muestreo del 4 de mayo se establece la clase III Dudosa, Aguas moderadamente contaminadas. (ver tabla 1).

En el caso de la quebrada Maralla el 4 de mayo se tiene:

Tabla 13 Indicadores de macroinvertebrados para Maralla– Parte media – 4 de mayo.

Familia	Indicador
Libellulidae	6
Coenagrionidae	6
Helicopsychidae	8
Veliidae	7
Veliidae	7
Total	34

Fuente: La investigación.

Tabla 14 Indicadores de macroinvertebrados para Maralla – Parte baja – 4 de mayo.

Familia	Indicador
Libellulidae	6
Coenagrionidae	6
Naucoridae	7
Total	19

Fuente: La investigación.

Lo que la ubica en la clase IV Crítica, Aguas muy contaminadas para el primer muestreo desarrollado. (ver tabla 1).

En el muestreo para el 12 julio de 2018 se obtuvo la siguiente información:

En Aguas Negras:

Tabla 15 Indicadores de macroinvertebrados para Aguas Negras – Parte media – 12 de julio.

Familia	Indicador
Corydalidae	6
Helicopsychidae	8
Libellulidae	6
Total	20

Fuente: La investigación.

Tabla 16 Indicadores de macroinvertebrados para Aguas Negras – Parte baja – 12 de julio.

Familia	Indicador
Helicopsychidae	8
Libellulidae	6
Calopterygidae	7
Baetidae	7
Naucoridae	7
Total	35

Fuente: La investigación.

Esto la ubica en la clase IV Crítica, Aguas muy contaminadas para la fecha de julio. (ver tabla 1).

En Caney:

Tabla 17 Indicadores de macroinvertebrados para Caney – Parte media – 12 de julio.

Familia	Indicador
Libellulidae	6
Gomphidae	10
Libellulidae	6

Hydropsychidae	7
Coenagrionidae	7
Ptilodactylidae	10
Naucoridae	7
Baetidae	7
Hebridae	8
Total	68

Fuente: La investigación.

En este caso la quebrada Caney cambio de un punto a otro, por ejemplo, en este punto resultado clase II Aceptable, Aguas ligeramente contaminadas. (ver tabla 1).

Tabla 18 Indicadores de macroinvertebrados para Caney– Parte baja – 12 de julio.

Familia	Indicador
Libellulidae	6
Libellulidae	6
Gomphidae	10
Helicopsychidae	8
Ptilodactylidae	10
Calopterygidae	7
Naucoridae	7
Elmidae	6
Total	60

Fuente: La investigación.

Para este punto dio Clase III Dudosa, Aguas moderadamente contaminadas. (ver tabla 1).

Para Maralla el 12 de julio:

Tabla 19 Indicadores de macroinvertebrados para Maralla – Parte media – 12 de julio.

Familia	Indicador
Coenagrionidae	6
Coenagrionidae	6
Veliidae	7
Dytiscidae	9
Total	28

Fuente: La investigación.

Maralla presento Clase IV Critica, Aguas muy contaminadas, en este punto de muestreo.
(ver tabla1).

Tabla 20 Indicadores de macroinvertebrados para Maralla – Parte baja – 12 de julio.

Familia	Indicador
Coenagrionidae	6
Veliidae	7
Total	13

Fuente: La investigación.

En este punto Maralla presento clase V Muy Crítica, Aguas fuertemente contaminadas. (ver tabla 1).

Para el tercer muestreo desarrollado el 31 de agosto de 2018 se evidencia lo siguiente en Aguas Negras:

Tabla 21 Indicadores de macroinvertebrados para Aguas Negras – Parte media – 31 de agosto.

Familia	Indicador
Corydalidae	6
Helicopsychidae	8

Coenagrionidae	7
Tricorythidae	7
Gomphidae	8
Libellulidae	6
Simuliidae	8
Total	50

Fuente: La investigación.

Tabla 22 Indicadores de macroinvertebrados para Aguas Negras – Parte baja – 31 de agosto.

Familia	Indicador
Helicopsychidae	8
Calopterygidae	7
Libellulidae	6
Corydalidae	6
Tricorythidae	7
Euthyplociidae	7
Leptophlebiidae	9
Total	50

Fuente: La investigación.

Aguas Negras en este muestreo se clasificó en clase II Aceptable, Aguas ligeramente contaminadas. (ver tabla 1).

Caney en tercer muestreo se desarrolló así:

Tabla 23 Indicadores de macroinvertebrados para Caney – Parte media – 31 de agosto.

Familia	Indicador
Corydalidae	6

Ptilodactylidae	10
Libellulidae	6
Tubificidae	1
Helicopsychidae	8
Calopterygidae	7
Naucoridae	7
Libellulidae	6
Leptophlebiidae	9
Total	60

Fuente: La investigación.

Tabla 24 Indicadores de macroinvertebrados para Caney – Parte baja – 31 de agosto.

Familia	Indicador
Ptilodactylidae	10
Libellulidae	6
Corydalidae	6
Calopterygidae	7
Helicopsychidae	8
Naucoridae	7
Lymnaeidae	4
Leptophlebiidae	9
Total	57

Fuente: La investigación.

En este monitoreo la quebrada Caney entro en clase III Dudosa, Aguas moderadamente contaminadas. (ver tabla 1).

Maralla para este tercer muestreo presento:

Tabla 25 Indicadores de macroinvertebrados para Maralla – Parte media – 31 de agosto.

Familia	Indicador
Coenagrionidae	6
Helicopsychidae	8
Libellulidae	6
Elmidae	6
Libellulidae	6
Tipulidae	3
Dolichopodidae	4
Total	39

Fuente: La investigación.

En este caso Maralla en este punto se clasifico en clase III Dudosa, Aguas moderadamente contaminadas. (ver tabla 1).

Tabla 26 Indicadores de macroinvertebrados para Maralla – Parte baja – 31 de agosto.

Familia	Indicador
Tricorythidae	7
Tubificidae	1
Leptophlebiidae	9
Dolichopodidae	4
Coenagrionidae	6
Libellulidae	6
Total	33

Fuente: La investigación.

En este punto, Maralla entro en clase IV Critica, aguas muy contaminadas. (ver tabla 1).

En el último muestreo desarrollado el 14 de noviembre de 2018 Aguas Negras demostró:

Tabla 27 Indicadores de macroinvertebrados para Aguas Negras – Parte media – 14 noviembre.

Familia	Indicador
Helicopsychidae	8
Libellulidae	6
Libellulidae	6
Coenagrionidae	6
Ptilodactylidae	10
Corydalidae	6
Total	42

Fuente: La investigación.

Tabla 28 Indicadores de macroinvertebrados para Aguas Negras – Parte baja – 14 noviembre.

Familia	Indicador
Helicopsychidae	8
Ptilodactylidae	10
Libellulidae	6
Coenagrionidae	6
Corydalidae	6
Elmidae	6
Lymnaeidae	4
Tubificidae	1
Total	47

Fuente: La investigación.

En este último muestreo Aguas Negras quedo dentro de la clase III Dudosa, Aguas moderadamente contaminada. (ver tabla 1).

El caso de Caney se presentó así:

Tabla 29 Indicadores de macroinvertebrados para Caney – Parte media – 14 noviembre.

Familia	Indicador
Naucoridae	7
Helicopsychidae	8
Libellulidae	6
Libellulidae	6
Ptilodactylidae	10
Calopterygidae	7
Tubificidae	1
Elmidae	6
Lymnaeidae	4
Ampullariidae	9
Ancylidae	6
Planariidae	7
Empididae	4
Total	81

Fuente: La investigación.

En este punto Caney presento clase II Aceptable, Aguas ligeramente contaminadas. (ver tabla 1).

Tabla 30 Indicadores de macroinvertebrados para Caney– Parte baja – 14 noviembre.

Familia	Indicador
Lymnaeidae	4
Helicopsychidae	8
Ptilodactylidae	10
Libellulidae	6
Calopterygidae	7
Tubificidae	1
Ancylidae	6
Total	42

Fuente: La investigación.

En este punto de este último muestreo es clase III Dudosa, Aguas moderadamente contaminadas. (ver tabla 1).

En el caso de la quebrada Maralla:

Tabla 31 Indicadores de macroinvertebrados para Maralla– Parte media – 14 noviembre.

Familia	Indicador
Lymnaeidae	4
Tubificidae	1
Simuliidae	8
Tipulidae	3
Empididae	4
Total	20

Fuente: La investigación.

Tabla 32 Indicadores de macroinvertebrados para Maralla– Parte baja – 14 noviembre.

Familia	Indicador
Coenagrionidae	7
Libellulidae	6
Elmidae	6
Lymnaeidae	4
Tubificidae	1
Total	24

Fuente: La investigación.

Para este último muestreo Maralla se ubicó en clase IV Crítica, Aguas muy contaminadas. (ver tabla 32).

El mapa presenta la calidad de agua en los puntos de muestreo como resultado de la determinación de calidad de agua usando macroinvertebrados como bioindicadores ambientales.

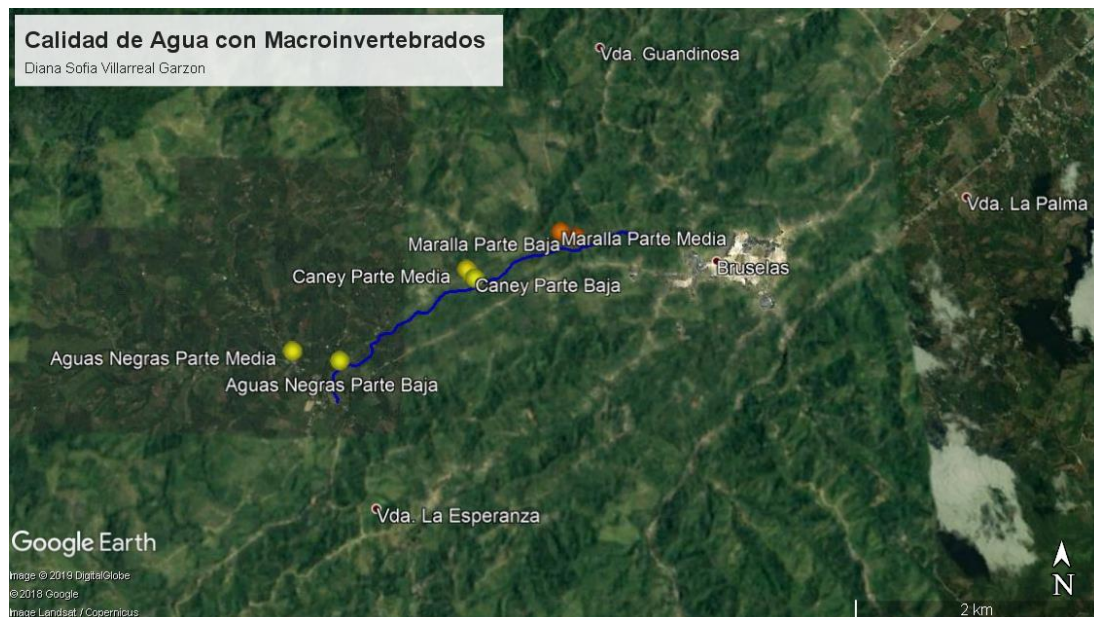


Figura 14 Ubicación Puntos de muestreo

Fuente: la Investigación

La presente grafica muestra la abundancia de macroinvertebrados por punto de muestreo donde Aguas Negras parte media y Maralla parte media y baja forman un solo grupo en cluster lo significa que tienen valores similares y que son los puntos más contaminados en estudio desarrollado, por otro lado esta Aguas Negras parte baja que forma un solo grupo donde no tiene similitud con ninguno de los demás punto de muestreo en cuestiones de abundancia, siendo intermedio en contaminación; y finalmente está el cluster formado por Caney parte media y baja que son los puntos menos contaminados según el análisis mostrado en la figura 15 . Se tiene en cuenta que mayo y noviembre son meses independientes que no se relacionan con ninguno de los demás meses de muestreo, mientras que agosto y julio se conjuntan en un solo grupo según la figura 15.

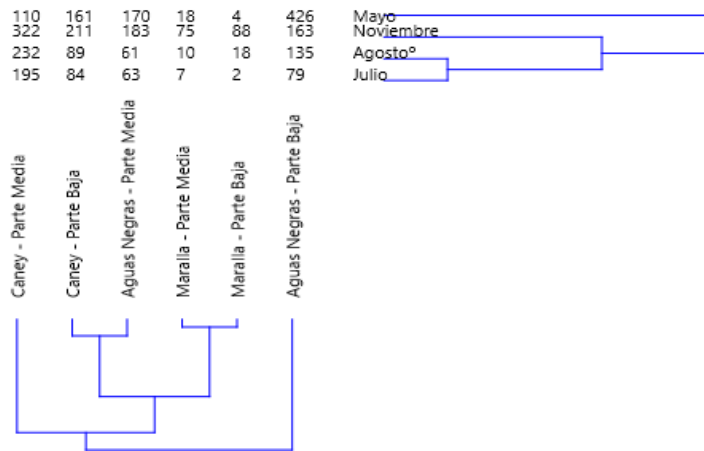


Figura 15. Relación entre afluentes

Fuente: la Investigación

El diagrama ternario expresa que los puntos de muestreo forman un solo grupo mostrando la relación de abundancia entre todos ellos, sin embargo, Maralla parte baja se encuentra en un rango bajo en 80, 30 y 20, igualmente para Caney parte media excepto que en agosto aparece con 60.

En el caso de Aguas Negras parte media, Caney parte baja y Maralla parte media están en un rango similar entre 50, 30 y 60; y finalmente Aguas Negras parte baja, que está en 70, 30 y 80.

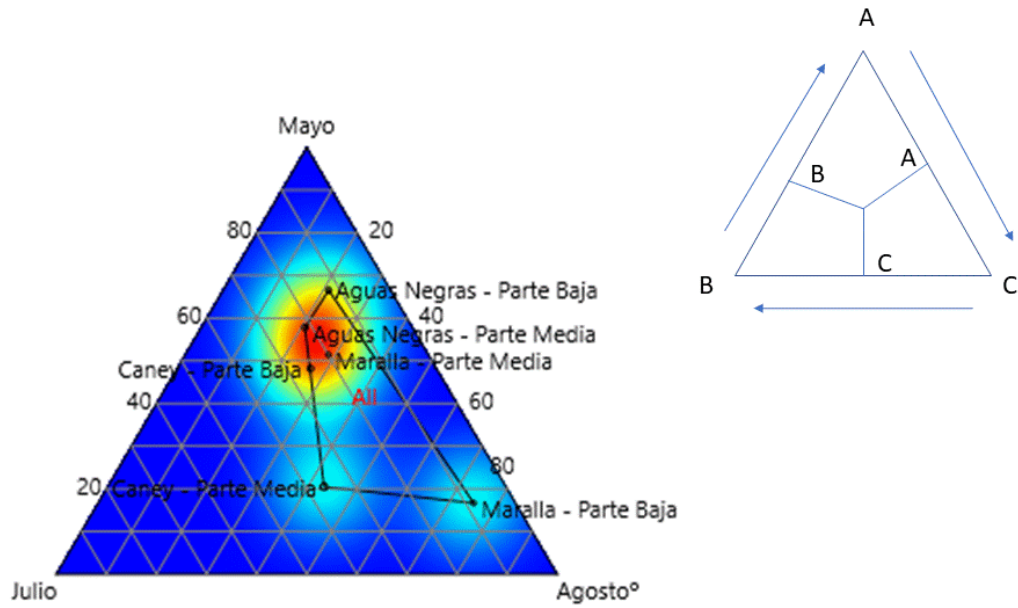


Figura 16. Diagrama ternario

Fuente: la Investigación.

La grafica de análisis de perfiles de diversidad muestra que la quebrada Caney es la más biodiversa con respecto a las especies, considerando que en esta quebrada se presentaron especies que en las quebradas restantes no se evidenciaron, por lo que la quebrada Caney sería la diversidad Alpha; mientras que la quebrada Aguas Negras y la Maralla son la menos biodiversas, teniendo en cuenta que se encontraron 47 especies distribuidas en 30 familias de macroinvertebrados en las tres quebradas monitoreadas.

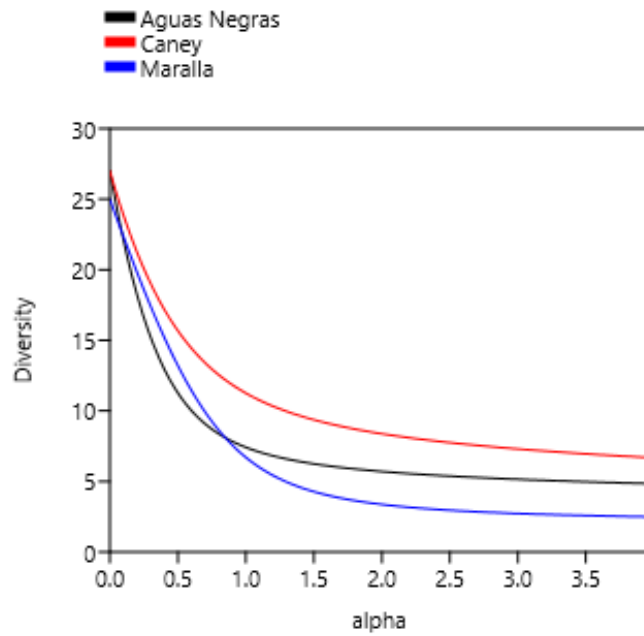


Figura 17. Análisis Afluentes

Fuente: la investigación

Tabla 33 Comparación de familias en los 6 puntos de muestreo

Familia	Indicador BMWP/Col	Aguas Negras – Parte Media	Aguas Negras – Parte Baja	Caney – Parte Media	Caney – Parte Baja	Maralla – Parte Media	Maralla Parte - Baja
Ptilodactylidae	10	Ptilodactylidae	Ptilodactylidae	Ptilodactylidae	Ptilodactylidae		
Perlidae	10	Perlidae	Perlidae				
Gomphidae	10			Gomphidae	Gomphidae		
Leptophlebiidae	9	Leptophlebiidae	Leptophlebiidae	Leptophlebiidae	Leptophlebiidae		Leptophlebiidae
Ampullariidae	9			Ampullariidae			
Dytiscidae	9					Dytiscidae	
Helicopsychidae	8	Helicopsychidae	Helicopsychidae	Helicopsychidae	Helicopsychidae	Helicopsychidae	
Hydrobiosidae	8		Hydrobiosidae				
Gomphidae	8	Gomphidae		Gomphidae	Gomphidae		
Simuliidae	8	Simuliidae				Simuliidae	
Hebridae	8			Hebridae			
Hydropsychidae	7	Hydropsychidae	Hydropsychidae	Hydropsychidae	Hydropsychidae		
Baetidae	7	Baetidae	Baetidae	Baetidae			
Naucoridae	7		Naucoridae	Naucoridae	Naucoridae		Naucoridae
Calopterygidae	7		Calopterygidae	Calopterygidae	Calopterygidae		

Coenagrionidae	7	Coenagrionidae					Coenagrionidae
Tricorythidae	7	Tricorythidae	Tricorythidae				
Euthyplociidae	7		Euthyplociidae				
Planariidae	7			Planariidae			
Tricorythidae	7						Tricorythidae
Veliidae	7					Veliidae	Veliidae
Libellulidae	6	Libellulidae	Libellulidae	Libellulidae	Libellulidae	Libellulidae	Libellulidae
Coenagrionidae	6	Coenagrionidae	Coenagrionidae	Coenagrionidae	Coenagrionidae	Coenagrionidae	Coenagrionidae
Elmidae	6	Elmidae	Elmidae	Elmidae	Elmidae	Elmidae	Elmidae
Lutrochidae	6	Lutrochidae					
Corydalidae	6	Corydalidae	Corydalidae		Corydalidae		
Ancyliidae	6			Ancyliidae	Ancyliidae		
Lymnaeidae	4		Lymnaeidae	Lymnaeidae	Lymnaeidae	Lymnaeidae	Lymnaeidae
Empididae	4			Empididae		Empididae	
Dolichopodidae	4					Dolichopodidae	Dolichopodidae
Tipulidae	3					Tipulidae	
Tubificidae	1		Tubificidae	Tubificidae	Tubificidae		Tubificidae

Fuente: La investigación.

Análisis de Resultados

Para la determinación de la calidad de agua de las quebradas Aguas Negras, Caney y Maralla se utilizó el método BMWP/Col, que es un método simple de desarrollar. Dicho método nos permite verificar si son aguas muy limpias hasta aguas fuertemente contaminadas, (ver tabla 1). En las tablas 9 a la 32, se muestran los resultados obtenidos por punto de muestreo en los 4 muestreos que se desarrollaron en el año 2018, resumiendo los datos de la calidad de agua de cada punto de las fuentes hídricas, en diferentes fechas del año, donde se tuvo en cuenta la época de cosecha y no cosecha del cultivo de café, determinando que cuanto más café se presentaba, se desarrollaba más el proceso de beneficiado del café y había una disminución considerable de macroinvertebrados por punto de muestreo. Esto se evidencia específicamente en los últimos muestreos desarrollados, puesto que se presentó dicha disminución de individuos con respecto al primer muestreo desarrollado en todas las quebradas estudiadas. (ver tabla 9).

En Aguas Negras se determinó Clase II, Clase IV y Clase III, donde se identifica agua de aceptable, crítica y dudosa (ver tabla 1).

En Caney se identificó calidad de clase III y clase II, son aguas aceptable y dudosa, es decir ligera y moderadamente contaminadas (ver tabla 1). En esta fuente en específico predomina la clase III dudosa en la mayoría de los muestreos, como se evidencia en los resultados mostrados anteriormente.

En la quebrada Maralla nunca se presentó una gran cantidad de macroinvertebrados por lo que se atribuye clase IV, clase V y clase III, donde predomina la clase IV crítica de aguas muy contaminadas.

La quebrada Aguas negras es una quebrada que no se ve contaminada por sus atributos organolépticos, contrario a la quebrada Caney y Maralla puesto que se les evidenciaba color y olor característico de aguas residuales, además se observaba la presencia de residuos en la fuente. Estos puntos se ven reflejados en la calidad del agua de cada una de las fuentes, donde se ve un rango general de clase II a clase V, es decir que aguas aceptables a muy críticas.

En las quebradas Aguas negras y Caney, las familias más representativas son Hydropsychidae, Helicopsychidae, Lymnaeidae y Libellulidae. Que indican que los macroinvertebrados eran poco tolerantes a una contaminación de aguas ligera y moderadamente contaminadas.

En la quebrada Maralla, hubo solo gran cantidad de orden Basommatophora y familia Lymnaeidae, por ellos se evidencia la calidad de agua de estado crítico es decir aguas muy contaminadas.

Se aclara que, según varios autores, como (Roldán Pérez, 2016) y (Meza, Rubio, Dias , & Walteros , 2019) indican que en la medida en que hay menor impacto antropogénico, la calidad del agua es más limpia y hay mayor abundancia, lo cual fue corroborado en este estudio en las tres quebradas.

Para finalizar se puede puntualizar que la presencia del proceso de beneficiado de café y sus residuos a las fuentes hídricas, afecta de manera considerable la calidad de agua de las fuentes hídricas, sobre todo cuando el proceso de desarrolla frecuentemente (Centro Nacional de Investigaciones de Café - Cenicafé, 2015).

Conclusiones

El uso del método BMWP/Col resulta ser un método eficiente para la determinación de calidad de agua, en este proyecto se estableció que tiene un desarrollo simple y que determina efectivamente la calidad de agua, sin embargo, el manejo de seres vivos para su desarrollo lo convierte en un método poco amigable con el medio ambiente, considerando que los macroinvertebrados son fundamentales en la ecología acuática, sin embargo, este es muy eficiente.

Se puede afirmar que se determinó la calidad de agua de las fuentes hídricas Aguas Negras, Caney y Maralla, estableciendo un rango de calidad entre clase II y clase V, es decir entre agua ligeramente contaminada y agua fuertemente contaminada, justificando que el cultivo de café aporta un impacto ambiental por sus derivados del proceso de beneficio.

El mayor porcentaje de macroinvertebrados se encontró en la quebrada Caney y posteriormente en Aguas Negras; la quebrada Maralla presentó el menor porcentaje.

Las familias que más se identificaron fueron la Helicopsychidae con un porcentaje de 28,5%, Hydropsychidae con un 24,9%, Lymnaeidae con un 9,6%, Libellulidae con un 9,6%, Ptilodactylidae con un 5,5%, Hebridae con un 4,0%, Empididae con un 3,7%. El orden que se presentó en mayor porcentaje fue la Trichoptera con un 53.6%.

De acuerdo con el análisis estadístico, la abundancia de los macroinvertebrados en la parte de la quebrada Aguas Negras parte media y la quebrada Maralla parte media, forman un solo grupo de cluster, siendo los puntos mas contaminados. La quebrada Caney es la menos contaminada. Esto se ratifica con la grafica de análisis de perfiles de diversidad, que indica que es la más biodiversa con respecto a especies.

Recomendaciones

Se puede recomendar implementar en las fincas dentro del proceso de beneficiado de café un tratamiento de agua, el cual puede desarrollarse por biorremediación, y uno de los métodos que se recomienda es el uso de algas que remueven compuestos contaminantes que contienen mieles o residuos que son vertidos en el agua. Por lo que el uso de algas para descontaminación es un proceso desarrollado en un laboratorio de investigación y cultivo de algas de la Universidad Nacional de Colombia dirigido por el Biólogo Luis Carlos Montenegro Ruiz desde el año 2004. (Montenegro Ruiz, 2004)

También se recomienda la implementación de más estudios que permitan establecer buena calidad de agua de manera constante, teniendo en cuenta que el agua de estas quebradas es utilizada para abastecer el acueducto del municipio de Pitalito Huila, desarrollando más estudios de calidad de agua en su defecto físicoquímicos o buscando nuevas alternativas que determinen este tipo de calidad, donde se evidencie la calidad de agua y se lleve un control de la contaminación que afecta las fuentes hídricas.

Bibliografía

- Alcaldía de Pitalito. (2015). *Ruta de Cambio Pitalito 2030*. Obtenido de [alcaldiapitalito.gov.co](http://www.alcaldiapitalito.gov.co):
<http://www.alcaldiapitalito.gov.co/publicaciones/Ruta-Cambio-Pitalito.pdf>
- Alcaldía de Pitalito. (2016). *Plan de desarrollo Municipio de Pitalito*. Obtenido de Alcaldía de Pitalito: http://www.alcaldiapitalito.gov.co/normatividadvigente/Acuerdo_022-2016.pdf
- Centro Nacional de Investigaciones de Café - Cenicafé. (Junio de 2013). *ECOMILL - Tecnología de Bajo Impacto Ambiental para el Lavado del café*. Obtenido de Biblioteca Cenicafé:
<http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/500/1/Avt0432.pdf>
- Centro Nacional de Investigaciones de Café - Cenicafé. (2015). *Informe Anual Cenicafé 2015*. Obtenido de Biblioteca Cenicafé:
<http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/658/1/39286.pdf>
- Diccionario de la Real Academia Española. (2018). *Diccionario de la Real Academia Española*. Obtenido de dle.rae.es: <https://dle.rae.es/?id=AU1m1dd>
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2002). *Guía Ambiental para el Sector Cafetero*. Obtenido de federaciondefcafeteros.org:
<https://www.federaciondefcafeteros.org/static/files/8Capitulo6.pdf>
- Hanson, P., Springer, M., & Ramirez, A. (2010). *Capítulo 1. Introducción a los Grupos de Macroinvertebrados Acuáticos*. Obtenido de scielo.sa.cr:
http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800001
- Leonard, V. (2015). *Water Quality*. Obtenido de epa.gov:
https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-10/documents/water_quality_english.pdf

Meza, A. M., Rubio, J., Dias, L., & Walteros, J. (2019). CALIDAD DE AGUA Y COMPOSICIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN LA SUBCUENCA ALTA DEL RÍO CHINCHINÁ. *Revista Universidad Nacional de Colombia*.

Ministerio de Ambiente. (1973). *Ley 23 de 1973*. Obtenido de minambiente.gov.co:

http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislacion_del_agua/Ley_23_de_1973.pdf

Ministerio de Ambiente. (1978). *Ley N.10 de 1978*. Obtenido de minambiente.gov.co:

http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislacion_del_agua/Ley_10_1978.pdf

Ministerio de Ambiente. (1993). *Ley 99 de 1993*. Obtenido de minambiente.gov.co:

http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislacion_del_agua/Ley_99.pdf

Ministerio de Ambiente. (1997). *Ley 373 de 1997*. Obtenido de minambiente.gov.co:

http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislacion_del_agua/Ley_373.pdf

Ministerio de Ambiente. (Mayo de 2007). *Decreto 1575 de 2007*. Obtenido de minambiente.gov.co:

http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2007/dec_1575_2007.pdf




Ministerio de Ambiente. (2007). *Ley 1151 de 2007*. Obtenido de minambiente.gov.co:




http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislacion_del_agua/ley_1151_241207.pdf




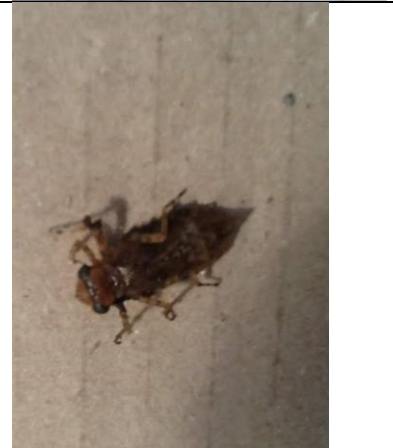
- Montenegro Ruiz, L. C. (2004). *Laboratorio de Cultivo de Algas*. Obtenido de ciencias.
Bogota.unal.edu.co:
<http://ciencias.bogota.unal.edu.co/departamentos/biologia/servicios/labcultivodealgas/>
- Pabón Usaquén , J. P., Sanz Uribe, J. R., & Oliveros Tascón, C. E. (2008). Efecto de Dos Prácticas Empleadas con Café Desmucilaginado Mecánicamente en la Calidad y el Impacto Ambiental. *Revista del Centro Nacional de Investigaciones de Café*, 214 - 226.
- Pabón Usaquén , J. P., Sanz Uribe, J. R., & Oliveros Tascón, C. E. (2009). Manejo del café Desmucilaginado Mecánicamente. *Avances Técnicos Cenicafé*, 3.
- Ramírez Gómez , C. A., Oliveros Tascón , C. E., & Sanz Uribe , J. R. (2015). *Manejo de Lixiviados y Aguas de Lavado en el Proceso de Beneficio Humendo del Café*. Obtenido de Biblioteca Cenicafe: <https://www.cenicafe.org/es/publications/5.Manejo.pdf>
- Roldán Pérez, G. (1988). *Guia para el Estudio de los Macroinvertebrados Acuaticos del Departamento de Antioquia*. Bogotá: Presencia Ltda.
- Roldán Pérez, G. (Abril de 2016). *Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua*. Obtenido de scielo.org.co:
<http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v40n155/v40n155a07.pdf>
- Roldán Pérez, G. A. (2003). *Bioindicación de la Calidad de Agua en Colombia*. Obtenido de Libros Google:
https://books.google.com.co/books?id=ZEjgIKZTF2UC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false




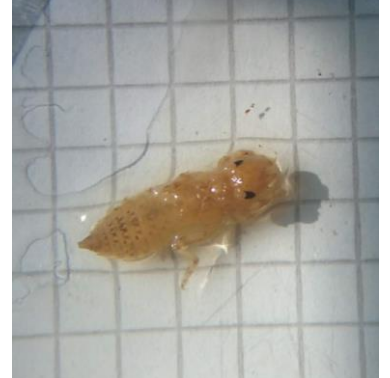
Anexos





Anexo 1. Macroinvertebrados con Orden, familia, género y características del hábitad.




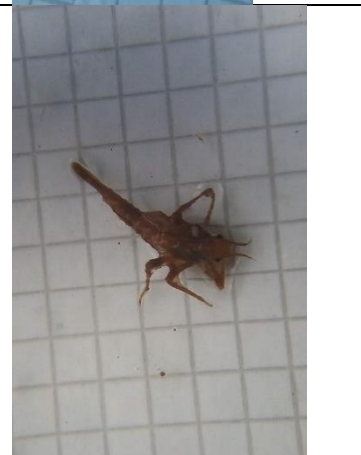
Macroinvertebrados de las Quebradas Aguas Negras, Caney y Maralla				
Macroinvertebrado	Orden	Familia	Genero	Características del hábitad
	Tricladida	Planariidae	Dugesia	Viven debajo de piedras, troncos ramas y vegetación.
	Haplaxida	Tubificidae	Tubifex	Estas habitan aguas mieles y suelen estar pegadas de las rocas o de la vegetación de la quebrada.
	Ephemeroptera	Baetidae	Baetode	Son de aguas corriente y oxigenadas, algunas de sus familias resisten cierto grado de contaminación.





	Ephemeroptera	Leptophlebiid ae	Thraulodes	De agua corriente y oxigenada.
	Ephemeroptera	Leptophlebiid ae	Terpides	De aguas corrientes, limpias y oxigenadas.
	Ephemeroptera	Tricorythidae	Leptohyphes	De aguas corrientosas, limpias, y bien oxigenadas.




	Ephemeroptera	Euthyplociidae	Euthyplociidae	Son de aguas oxigenadas, con buena corriente y limpias. Algunos son buenos indicadores.
	Odonata	Libellulidae	Brechmorhoga	Son de corriente lenta, y viven en la vegetación de la fuente.
	Odonata	Libellulidae	Macrothemis	De poca corriente, de agua limpia, y habitan la vegetación.
	Odonata	Libellulidae	Macrothemis	Corriente lenta, aguas limpias y habitan la vegetación.




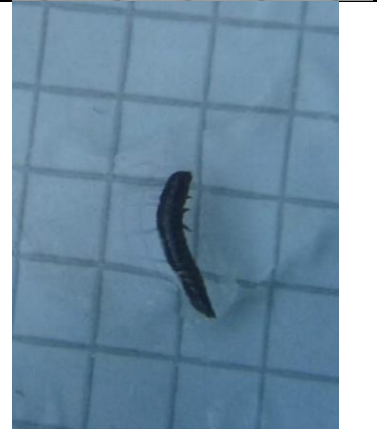
	Odonata	Libellulidae	Orthemis	De corriente lenta, habitan la vegetación.
	Odonata	Libellulidae	Tramea	Habita la vegetación y es de corriente baja.
	Odonata	Libellulidae		De corriente baja, habitan la vegetación.
	Odonata	Gomphidae	Progomphus	Habitan la vegetación de aguas limpias, son de indicador alto.




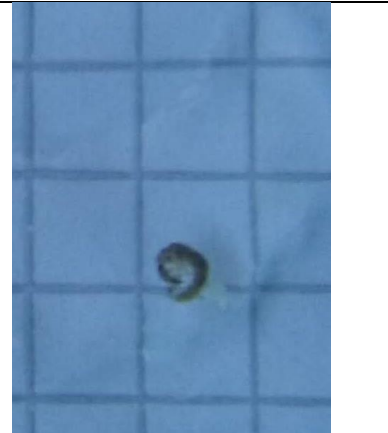
	Odonata	Gomphidae	Agriogomphus jessei	De indicador alto, habitan la vegetación, aguas de corriente lenta.
	Odonata	Calopterygidae	Hetaerina	Habitan la vegetación, son buen indicador de agua y de aguas de corriente lenta.
	Odonata	Coenagrionidae	Argia	De corriente lenta, habita la vegetación.
	Odonata	Coenagrionidae	Ischnura	De indicador medio, habitan la vegetación.






	Odonata	Coenagrionid ae	Telebasis	De corriente lenta, habita la vegetación.
	Odonata	Coenagrionid ae	Coenagrioni dae "A"	Habitan la vegetación de fuentes de corriente baja.
	Odonata	Coenagrionid ae	Acanthagrio n	Muy inmaduro, habita la vegetación de la fuente.
	Odonata	Coenagrionid ae	Acanthagrio n	Habitan la vegetación de fuentes de corrientes lentas.




	Plecoptera	Perlidae	Anacronauria	De aguas rápidas, habitan debajo de las piedras en ramas o en hojas.
	Neuroptera	Corydalidae	Corydalus	Vive debajo de piedras troncos y vegetación de la fuente.
	Hemiptera	Naucoridae	Heleocoris Spinipes	Resisten temperaturas de aguas termales, algunos no soportan las corrientes altas.
	Hemiptera	Naucoridae	Pelocoris	Habitan los remansos del río, no soportan mucha corriente.

		Hemiptera	Veliidae	Rhagovelia	Habitan en las corrientes rápidas, o en los remansos del río.
		Hemiptera	Veliidae	Stridulivelia Cinctipes	Habitan los remansos del río, resiste corrientes rápidas.
		Hemiptera	Hebridae	Merragata	Son de corriente rápida, soportan alta temperatura.
		Coleoptera	Dysticidae	Thermonectus	Viven en aguas de corriente lenta.
		Coleoptera	Elmidae	Disersus	Se encuentran en la vegetación descompuesta.

	Coleoptera	Elmidae	Macrelmis	Se encuentra en la superficie del agua generalmente en la vegetación.
	Coleoptera	Elmidae	Heterelmis	Habitan la superficie del agua.
	Coleoptera	Ptylodactylidae	Anchytarsus	Habita la vegetación de la quebrada.
	Coleoptera	Lutrochidae	Lutrochus	Vive en aguas de corriente lenta, en la vegetación.

	Trichoptera	Helicopsychidae	Helicopsycha e Borealis	Habitan las aguas corrientes con buen oxígeno.
	Trichoptera	Hydropsychidae	Leptonema	Habitan en aguas lentas y en los remansos del río.
	Trichoptera	Hydropsychidae	Smicridea	Habita en corriente baja, en la vegetación.
	Trichoptera	Hydrobiosidae	Atopsyche	Habitan los remansos del río.

	Diptera	Tipulidae	Limonia	Habita las profundidades donde hay mucha vegetación, viven en aguas contaminadas.
	Diptera	Tipulidae	Tipula	Habitan en aguas profundas y contaminadas.
	Diptera	Smuliidae	Smulium	Habitan aguas limpias, en la vegetación.
	Diptera	Empididae	Hemerodromia	Habitan aguas contaminadas, en los profundos de la fuente.
	Diptera	Dolichopodidae	Rhabdium	Habitan aguas contaminadas en las profundidades de la fuente.

	Bassomatophora	Lymnaeidae	Lymnaea	Viven en aguas con mucha salinidad, se encuentran en rocas y hojas.
	Bassomatophora	Ancylidae	Ferrissia	Habitan aguas con carbonatos de calcio, se encuentran en aguas con mucha lama.
	Bassomatophora	Ampullariidae	Pomacea	Indicador de agua dura y alcalina, se encuentran en masa gelatinosas.

Anexo 2. Puntos de Muestreo

Quebrada Aguas Negras - Parte Media



Fuente: La investigación Quebrada Aguas Negras – Parte Baja



Fuente: La investigación

Quebrada Caney – Parte Media



Fuente: La investigación

Quebrada Caney – Parte Baja.



Fuente: La investigación

Quebrada Maralla – Parte Media



Fuente: La investigación

Quebrada Maralla – Parte Baja



Fuente: La investigación.

Anexo 3. Características de las fuentes hídricas en los días de toma de muestras.

Evidencias de mucilago y otros residuos de café, también otras contaminaciones.





Captura de Macroinvertebrados.







Anexo 4. Evidencias de Residuos Sólidos Dispuestos Inadecuadamente.

Evidencias de Otras Contaminaciones como: frascos de herbicida y plaguicidas, y otros tipos de residuos sólidos.



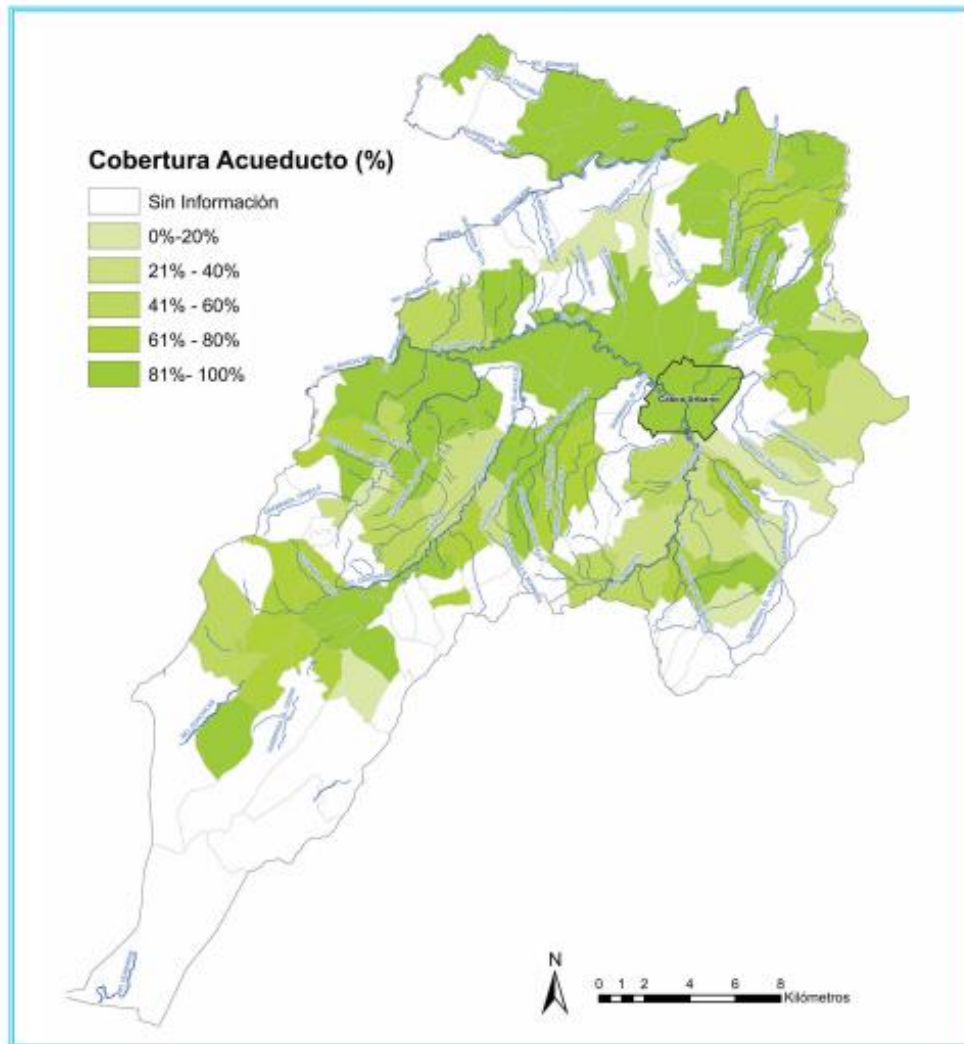
Fuente: La investigación.

Anexo 5. Tabla de macroinvertebrados por fecha.

Macroinvertebrados por fecha.

Punto	4	12	31	14 de	Tota
de Muestreo	de mayo	de Julio de	de agosto de	noviembre de 2018	l
	de 2018	2018	2018		
Aguas	17	63	61	183	477
Negras - Parte	0				
Media					
Aguas	42	79	135	163	803
Negras - Parte	6				
Baja					
Caney	11	19	232	322	859
- Parte Media	0	5			
Caney	16	84	89	211	545
- Parte Baja	1				
Marall	18	7	10	75	110
a - Parte					
Media					
Marall	4	2	18	88	112
a - Parte Baja					
Total					2906

Fuente: La investigación.

Anexo 6. Cobertura de Acueducto

Fuente: (Alcaldía de Pitalito, 2015).

