

Caracterización de Macroinvertebrados Acuáticos como Bioindicadores de la Calidad del
Agua en la quebrada El Cedro del Municipio de Pitalito

Proyecto de Investigación para optar por el título de Ingeniero Ambiental

José Alejandro Martínez Losada

Yener Andrés Chavarro Quiroz

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA

Ingeniería Ambiental

Pitalito, Abril de 2019

Caracterización de Macroinvertebrados Acuáticos como Bioindicadores de la Calidad del
Agua en La Quebrada el Cedro del Municipio de Pitalito

Proyecto de Investigación para optar por el título de Ingeniero Ambiental

José Alejandro Martínez Losada

Yener Andrés Chavarro Quiroz

Myrian Sofía Guzmán Oliveros

Directora

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA

Ingeniería Ambiental

Pitalito, marzo de 2019

Tabla de contenido

Índice de tablas.....	5
Índice de Ilustraciones.....	6
Resumen.....	7
Abstrac	8
¿Cuál es el estado ecológico de la Quebrada el Cedro, como uno de los principales afluentes del río Guachicos del municipio de Pitalito?	10
Justificación.....	11
Objetivos	13
Objetivo general	13
Objetivos específicos.....	13
Marco conceptual y teórico.....	14
Bioindicación.....	14
Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores.....	15
Orden.....	16
Familia	16
Especie	16
Ventajas de los macroinvertebrados como bioindicadores.....	17
Índice BMWP/Col.....	19
Índice ASPT	21
Enfoque de diversidad	22
Materiales y Métodos.....	25
Aspectos generales del área de estudio.....	25
Climatología del municipio de Pitalito.....	25
Zona específica de estudio.....	26
Puntos de muestreo.....	28
Características de los puntos de muestreo	29
P1. El Pencil.....	29
P2. La Cristalina.....	29
P3. La Palma	30

Cuenca del rio Guachicos	30
Características geomorfológicas	31
Metodología	34
Selección de las Zonas de Muestreo	34
Fase de Campo	34
Fase de Laboratorio	35
Cálculos	36
Resultados	37
Valoración del índice BMWP/Col por punto de muestreo	47
Cálculo del índice	47
P1. El Pencil.....	47
P2. La Cristalina.....	49
P3. La Palma	50
Resultados Generales.	51
Análisis de resultados.....	53
Conclusiones	58
Recomendaciones.....	60
Bibliografía	61
Anexos	64
Anexo 1. Caracterización de los puntos de muestreo.....	64
Anexo 3. Fase de campo -colecta de muestras de macroinvertebrados en la Quebrada el Cedro.	66
Anexo 4. Fase de laboratorio- caracterización de individuos colectados.....	67
Anexo 5. Macroinvertebrados representativos	68
Anexo 6. Individuos por familia.....	73
Anexo 7. Individuos por orden	74
Anexo 8. Distribución por fecha.....	75

Índice de tablas.

Tabla 1. Principales grupos de macroinvertebrados acuáticos presentes en los ecosistemas fluviales	18
Tabla 2. Puntaje de familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col, de acuerdo a los valores originales ajustados por Roldan (2016), ara Colombia	20
Tabla 3. Calidad biológica del agua según índice BMWP/Col	24
Tabla 4. Características descriptivas de cada punto del monitoreo.....	31
Tabla 5. Porcentaje de Individuos por punto de muestreo	37
Tabla 6. Cantidad de especies encontradas	42
Tabla 7. Distribucion de órdenes y familias P1.....	44
Tabla 8. Distribución por orden y familia en P2	45
Tabla 9. Distribución por orden y familia en P3	46
Tabla 10. Distribución y puntaje de familias por fecha, P1	48
Tabla 11. Distribución y puntaje de familias por fecha, P2	49
Tabla 12. Distribución y puntaje de familias por fecha, P3	50
Tabla 13. Calidad del agua en los puntos de monitoreo.....	51
Tabla 14. Porcentaje de individuos por familia.....	73
Tabla 15. Porcentaje de individuos por orden.....	74
Tabla 16. Distribución de familias por fecha en cada punto	75

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Cobertura de bosque por área	28
Ilustración 2. Áreas protegidas del municipio de Pitalito.....	32
Ilustración 3. Punto de monitoreo. El Pencil (P1), L a Cristalina (P2), La Palma (P3)	33
Ilustración 4. Cantidad de individuos encontrados por punto de muestreo	37
Ilustración 5. Porcentaje de individuos por familia	38
Ilustración 6. Porcentajes de individuos por orden.....	39
Ilustración 7. Cantidad de Individuos por fecha en P1	40
Ilustración 8. Cantidad de Individuos encontrados por fecha en P2.....	41
Ilustración 9. Individuos encontrados por fecha en P3.....	42
Ilustración 10. Resultados calidad del agua en puntos de monitoreo.	52

Resumen

Se desarrolló un estudio investigativo en el cuerpo de agua quebrada El Cedro, ubicada en la zona sur del municipio de Pitalito, corregimiento de Bruselas, para determinar la calidad del recurso hídrico y su posible afectación biológica por actividades antrópicas de la región, con un monitoreo de macroinvertebrados acuáticos en distintos puntos de muestreo de la parte alta, ubicada en la vereda El Pencil, parte media ubicada en la vereda La Cristalina y parte baja ubicada en la vereda La Palma.

En este orden de ideas, se desarrollaron ocho muestreos, empezando en el mes de mayo hasta agosto de 2018, siguiendo la metodología propuesta por Gabriel Roldan, mediante las técnicas de recolección de red sùber y muestreo manual.

La asignación de puntajes según la tolerancia a la contaminación de las familias de macroinvertebrados encontradas y evaluación de los índices se hizo en base al método BMWP/Col, el cual permitió conocer de manera aproximada la calidad del agua en los puntos del monitoreo, siendo clasificadas como aguas no contaminadas en la parte alta, ligeramente contaminadas en la parte media y moderadamente contaminadas en la parte baja.

Palabras Clave: Ecosistema, macroinvertebrados, BMWP/Col, antrópicas, bioindicadores, monitoreo, muestreo.

Abstrac

An investigative study was developed in the quebrada El Cedro water body, located in the southern area of the municipality of Pitalito, corregimiento of Brussels, to determine the quality of the water resource and its possible biological affectation by anthropic activities of the region, with a monitoring of aquatic macroinvertebrates in different sampling points of the upper part located in the path El Pencil, middle part located in the path La Esmeralda and lower part located in the path Cabuyal del Cedro.

Eight samplings were developed, starting in the month of May to August, following the methodology proposed by Gabriel Roldan, through the techniques of super-network collection and manual sampling.

The assignment of scores is based on the BMWP / Col method, which is very well known the quality of the water at the monitoring points, being classified as non-contaminated water in the upper part, slightly contaminated in the middle part and moderately contaminated in the lower part.

Keywords: Ecosystem, macroinvertebrates, BMWP / Col, anthropic, bioindicators, monitoring, sampling.

Planteamiento del problema

Teniendo presente la importancia del recurso hídrico, como uno de los más valiosos recursos naturales para la vida y sin duda alguna para el desarrollo de cualquier región; es posible percibir la intensiva práctica de la actividad agrícola en la microcuenca de la quebrada El Cedro. Las actividades como la ganadería intensa y práctica de la caficultura, que, por ser las principales actividades económicas de la región, se expanden de forma acelerada y se ven traducidas en innumerables afectaciones al recurso hídrico. El uso de fertilizantes, pesticidas y agroquímicos empleados para acelerar la producción agrícola, ocasionan una serie de residuos en todos sus estados, que mediante procesos naturales como la escorrentía e infiltración, finalizan en los cuerpos de agua superficiales, afectando las condiciones fisicoquímicas del medio y degradando el recurso natural; pero además de ello, los efectos de una falta de cultura y respeto por el medio generan una serie más de impactos ambientales sobre el recurso natural en mención.

Vale la pena mencionar, además, que, entre las principales afectaciones de tan importante recurso natural, se encuentran las generadas por la caficultura, que como ya se había mencionado anteriormente es la principal actividad económica de la región. Al no tener implementados procesos productivos amigables con el medio ambiente, los desechos líquidos resultantes del beneficiado del café (aguas mieles, o aguas residuales) terminan siendo depositadas de manera directa sobre el cuerpo hídrico sin tratamiento previo y reflejando el uso inadecuado y el mal aprovechamiento del agua por parte de las comunidades. A esto se le suma la falta de saneamiento básico en las zonas rurales, donde los arroyos terminan siendo vertederos de aguas domésticas y residuos sólidos.

La importancia de la quebrada El Cedro radica en sus servicios ecosistémicos, en su aporte al desarrollo de la zona por su aprovechamiento, y juega un papel muy importante en la conservación de la cadena trófica; además de abastecer o cubrir con su caudal un gran porcentaje de la demanda de agua potable del municipio de Pitalito; pero, aun así, las distintas actividades antrópicas amenazan con degradar la calidad del recurso hídrico.

El creciente interés por conocer y proteger los ecosistemas fluviales y estudiar sus cambios en el tiempo, ha estimulado en las últimas décadas el desarrollo de criterios biológicos que permitan estimar el efecto de las intervenciones humanas sobre ellos.

Interrogante objeto de estudio e investigación planteado:

¿Cuál es el estado ecológico de la Quebrada el Cedro, como uno de los principales afluentes del río Guachicos del municipio de Pitalito?

A partir del interrogante planteado se pudo determinar en primera instancia que existe una falta de información de carácter científico que permita determinar y conocer el estado ecológico del cuerpo hídrico.

Esta falta de información sin duda alguna obstruye la toma de decisiones ambientales eficientes, para darle un manejo adecuado al recurso hídrico en cuanto a conservación y aprovechamiento.

Justificación

Los ecosistemas dulceacuícolas son uno de los recursos naturales más importantes para la vida, y en este sentido la quebrada El Cedro juega un papel estratégico a la hora de suplir la demanda de agua para el corregimiento de Bruselas como para el casco urbano del municipio de Pitalito, ya que esta es el principal microcuenca del río Guachicos (EMPITALITO), otorgando un caudal significativo a este cuerpo de agua, el cual es el principal suministro hídrico para la planta potabilizadora Güaitipan que a su vez se encarga de permitir que todos los habitantes del municipio cuenten con acceso a un recurso hídrico, digno y seguro.

Además, son muchas las personas que aprovechan el caudal de agua para satisfacer las necesidades físicas y propias de la estabilidad de sus cultivos a lo largo de todo el recorrido del afluente, puesto que existe una gran riqueza agropecuaria en la zona, desde crianza de bovinos tradicional hasta cultivos intensivos de Aguacate y lulo.

En este orden de ideas, es menester destacar que en la quebrada El Cedro existen dos acueductos comunitarios, uno está ubicado en la vereda El Pencil, cuenta con un Desarenador y dos tanques de almacenamiento, supliendo la demanda de agua de veredas cercanas, el otro se encuentra en la vereda la Esperanza y cuenta con una planta potabilizadora compacta, abasteciendo de agua potable a una gran parte del centro poblado de Bruselas.

Sin embargo, A pesar de su gran importancia, este ecosistema sufre el resultante impacto de las actividades humanas, que deterioran la calidad del agua y, con esta la biota existente de una forma directa.

Por tal razón, teniendo en cuenta el gran valor de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de calidad del agua, es necesario evaluar cuanto antes el estado de

la cuenca con esta metodología y así obtener información técnico científica que apoye las medidas correctivas y preventivas para la conservación de este afluente, como recurso estratégico para el desarrollo socioeconómico de la zona, puesto que son más de 25.000 habitantes (Losada, 2014) los que son beneficiados directamente por este flujo de agua que recorre gran parte del corregimiento de Bruselas, además que el caudal que aporta al río Guachicos es imprescindible para suplir la demanda de agua de más de 70.000 habitantes del casco urbano del municipio de Pitalito (Rincon & Parra, 2017), por lo cual la carencia hipotética del vigor del afluente, se reflejaría notoriamente en racionamientos de agua, mayormente para los pobladores del casco urbano de Pitalito y para las comunidades ribereñas que usan el agua para sus necesidades y riego de los cultivos.

Objetivos

Objetivo general

- Identificar el índice BMWP/Col en la quebrada El Cedro mediante la caracterización de Macroinvertebrados para conocer su estado ecológico.

Objetivos específicos

- Establecer los puntos estratégicos de la zona de estudio.
- Realizar muestreos de las comunidades de bioindicadores (Macroinvertebrados).
- Clasificar los individuos taxonómicamente en laboratorio.
- Asignar puntuaciones a las familias caracterizadas según el método BMWP/Col.
- Conocer la calidad del agua en los tres puntos de monitoreo de la Quebrada el Cedro, mediante el índice BMWP/Colombia

Marco conceptual y teórico

El uso de la bioindicación y específicamente de los organismos acuáticos, como indicadores de la calidad de los ecosistemas hídricos, se remonta al siglo XIX, cuando en Europa una serie de investigadores, encuentran una relación entre ciertas especies según la calidad del agua en la que se encuentran. (Roldán et al. 2016)

Además de ello, Roldan (2016), afirma que: “Los primeros estudios de macroinvertebrados acuáticos en Colombia se iniciaron en la década de los años setenta”, donde resulto errónea la clasificación de especies debido a la falta de claves taxonómicas adaptadas al país; razón por la cual se inició en el año 1980 la elaboración de las claves taxonómicas para cada uno de los grupos macroinvertebrados acuáticos existentes.

Bioindicación

Determinar la calidad del ambiente, específicamente hablando de ecosistemas acuáticos, ha sido por tradición, desarrollada y basada en las mediciones de parámetros físicos y químicos del agua. Es así que cuando se trata de determinar la calidad ambiental de manera general se emplean análisis fisicoquímicos para conocer el grado de afectación del parámetro analizado (Roldan, 2003).

En la determinación de la calidad de un cuerpo de agua superficial, efectivamente es posible emplear métodos fisicoquímicos o biológicos; pero se debe tener en cuenta que el problema de los análisis fisicoquímicos es presentado con el tipo de resultados arrojados, que resultan ser muy puntuales, en lo que no se registran actividades anteriores a las que pudo estar sometido el medio (Springer, 2010).

La bioindicación consiste en una técnica para la evaluación ambiental, y a lo largo de los años se ha venido consolidando como un método que permite la detección y control de la contaminación en un determinado ecosistema. Es así, que desde hace dos décadas se están desarrollando métodos de bioindicación que han examinado la salud ambiental del aire, suelo y agua en distintos entornos.

Esta técnica consiste en la utilización de organismos vivos, ya sean animales o vegetales, para medir y controlar la contaminación de un entorno determinado. Los indicadores biológicos reaccionan de una manera concreta ante ciertos agentes contaminantes, o el nivel de estrés generado en el ecosistema, y se convierten en unos libros de información en los que los científicos leen el tipo de contaminante y el grado de toxicidad, de tal manera que pueden permitir determinar la calidad de dicho ecosistema. Es así que la presencia o ausencia de los organismos en mayor o menor medida, ya están indicando un estado de su entorno (Ladera, Rieradevall, & Prat, 2013).

Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores

Roldan (2016), afirma que. “Los macroinvertebrados acuáticos son todos aquellos organismos que viven en el fondo de ríos y lagos, adheridos a la vegetación acuática, troncos y rocas sumergidas. Sus poblaciones están conformadas por platelmintos, insectos, moluscos y crustáceos principalmente. Se les denomina macroinvertebrados, porque su tamaño va de 0.5mm hasta alrededor de 5.0mm, por lo que se les puede observar a simple vista”.

Actualmente, resulta ser una realidad, que la disposición de los macroinvertebrados refleja la calidad de los ecosistemas acuáticos, por lo que los métodos que emplean estos macro

organismos para determinar la calidad del agua han sido desarrollados ampliamente desde hace varios años, como parte integral en el monitoreo de aguas (Roldan 2016).

Los macro invertebrados, han recibido un gran reconocimiento y valoración dentro de los cuerpos de aguas continentales, por su importante desempeño en la conservación de la cadena trófica, al ser intermediarios entre productores primarios y consumidores, y además de ello por ser actores principales en la transformación y unificación de la materia orgánica alóctona que brinda la principal entrada de energía a los ecosistemas fluviales.

Orden

Es una categoría taxonómica o unidad sistemática ubicada entre clase y familia. El orden está compuesto por familias que comparten características más fundamentales (Martínez, 2015), por ejemplo el orden Trichoptera, Ephemeroptera y Plecoptera, son los órdenes de macroinvertebrados acuáticos que predominan en los ecosistemas dulceacuícolas de los países del cinturón neotropical.

Familia

Es la categoría taxonómica que agrupa a los individuos próximos entre sí, y poseen atributos muy semejantes, cada familia puede dividirse en varios géneros. Por ejemplo las familias de macroinvertebrados con mayor abundancia en Colombia son, Hydropsychidae, Perlidae, Corydalidae etc.

Especie

Es una de las categorías taxonómicas más usadas, ya que se refiere a individuos con características muy semejantes y que son capaces de reproducirse entre si, creando una descendencia fértil, por tanto proceden de antecesores comunes (Martínez, 2015)

Ventajas de los macroinvertebrados como bioindicadores

Muchos autores reconocen los macroinvertebrados acuáticos como los organismos ideales para la evaluación de la calidad del agua, por las características que poseen y que pocos organismos pueden tener para cubrir los requerimientos de un bioindicador (Álvarez, 2005).

Las razones por las que se consideran los mejores bioindicadores se expresan a continuación:

- Tienen una amplia distribución y son muy abundantes.
- Son visibles a simple vista.
- Las técnicas empleadas para su recolección son fáciles, están estandarizadas y no requieren equipos costosos.
- Son sedentarios en su gran mayoría; ventaja que les permite informar de las condiciones locales.
- Su variación genética es muy poca.
- Al tener unos ciclos de vida relativamente largos, les permiten permanecer en los ecosistemas acuáticos el tiempo suficiente para detectar cualquier alteración en el medio.
- Su diversidad les permite tener una gran gama de tolerancia ante diferentes contaminantes.
- Su clasificación taxonómica resulta ser sencilla.
- Para aplicar los índices, basta con reconocer el tipo de familia y no es necesario identificar el nivel de especie.

Tabla 1. Principales grupos de macroinvertebrados acuáticos presentes en los ecosistemas fluviales

Phylum	Subfilo	Clase	Orden	Observación
Porifera				Comprenden las esponjas, que viven fijas al sustrato.
Cnidaria				Incluye a las hidras, que son pequeños pólipos de agua dulce.
Platelminta				Se incluyen las planarias.
Nematoda				Gusanos redondos con cuerpo sin anillar.
Annelida	Oligochaeta			Gusanos anillados con sedas en los segmentos.
	Hirudinea			Gusanos anillados con cuerpo aplanado y ventosas. Son las sanguijuelas
Mollusca	Conchifera	Gastropoda		Moluscos con una concha.
		Bivalvia		Moluscos con dos conchas.
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida		Son arañas microscópicas que viven en aguas dulces.
	Crustacea	Malacostraca	Amphipoda	Se incluyen las gambas de agua, muy abundantes en algunos tramos fluviales
			Decápoda	Cangrejos
	Hexapoda	Insecta	Ephemeroptera	La vida del adulto es muy efímera, de donde se deriva su nombre, llegando a vivir pocas horas o incluso minutos.

			Odonata	Son las larvas de las libélulas. Son voraces depredadores.
			Plecóptera	Se trata de especies que viven en el fondo de cauces de aguas frías, bien oxigenadas y libres de contaminación.
			Hemíptera	Incluyen a los conocidos zapateros.
			coleoptera	Pueden vivir en el agua en su fase larvaria, adulta o ambas
			Trichoptera	Numerosos de ellos fabrican los conocidos estuches o canutillos, con diferentes materiales como granos de arena o vegetales
			Díptera	En este orden se incluyen las larvas de mosquitos y tábanos.

Fuente: (Ladera, Rieradevall, & Prat, 2013)

Índice BMWP/Col

El Índice BMWP/Col (Biological Monitoring Working Party) consiste en un método simple y rápido para determinar la calidad del agua, usando los macroinvertebrados como

bioindicadores. El método fue establecido en Inglaterra para el año 1970, por ser económico y emplear poco tiempo (Roldan. 2016).

Roldan, (2016) indica que “El método sólo requiere llegar hasta nivel de familia y los datos son cualitativos (presencia o ausencia). El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica. Las familias más sensibles como Perlidae y Oligoneuriidae reciben un puntaje de 10; en cambio, las más tolerantes a la contaminación, por ejemplo, Tubificidae, reciben una puntuación de 1.0. La suma de los puntajes de todas las familias proporciona el puntaje total BMWP.”

El índice BMWP es adaptado para Colombia por el profesor Gabriel Roldan para estudiar la calidad del agua mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos, y propone inicialmente el uso del índice BMWP en Colombia, como una primera aproximación que se puede tener a la hora de evaluar el estado de los ecosistemas dulceacuícolas de montaña (Roldan. 2003).

Tabla 2. Puntaje de familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col, de acuerdo a los valores originales ajustados por Roldan (2016), ara Colombia

FAMILIA	PUNTAJE
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hidridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, 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, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancyliidae, 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. Roldán (2016)

Índice ASPT

Este índice para la evaluación de la calidad del agua, consiste en una puntuación promedio por taxa y es un ligado complemento para el índice BMWP. Es calculado al dividir la puntuación total obtenida en el índice BMWP por el número de taxones encontrados; por lo que el resultado expresaría el promedio de indicación de calidad del agua que tienen las comunidades de macroinvertebrados encontrados (Arango, Álvarez, Arango, Torres, & Monsalve, 2008).

Álvarez (2005) indica que “Los valores ASPT van de 0 a 10. Un valor bajo de ASPT asociado a un puntaje bajo de BMWP indicará condiciones graves de contaminación.”

A continuación, se exponen las clases de calidad del agua, resultante del índice BMWP con la suma de la puntuación dada a las familias encontradas. El total de los puntos son designados como índices BMWP para el ecosistema analizado.

De acuerdo con el puntaje arrojado en cada situación, se clasifican las distintas calidades de agua y se les asigna un color para las representaciones cartográficas (Tabla 3).

Enfoque de diversidad

Haciendo referencia específicamente a la variedad de especies que se presentan en determinado lugar, como resultado de conjuntos de especies que se integran en un proceso de adaptación y evolución a las distintas variaciones ambientales que se presentan en el tiempo y de manera local. (Marrugan, 2004)

Roldan, (2016) indica que “Incluye tres componentes fundamentales de las comunidades naturales: riqueza, uniformidad o equidad y un indicativo de abundancia (en el caso de macroinvertebrados, el más usado es de la densidad, pero bien podría ser biomasa, para describir la respuesta de la comunidad a la calidad ambiental.”

El índice de diversidad consiste básicamente en el uso de expresiones matemáticas, que permiten usar tres componentes de la estructura de la comunidad, como lo son:

- Riqueza: correspondiente al número de especies presentes.
- Equitatividad: uniformidad de la distribución de los individuos entre las especies.
- Abundancia: número total de organismos presentes

Es así, que se hace posible determinar la calidad del ambiente en el que se encuentra una comunidad de macroinvertebrados.

La diversidad de la comunidad encontrada se considera una medida de la calidad del agua, en el expreso sentido en que una comunidad en un hábitat bajo la presión de la contaminación se caracteriza por tener un bajo número de especies con un gran número de individuos por espécimen, mientras que una comunidad en condiciones naturales, contiene un gran número de especies y un bajo número de individuos por especie (Roldan, 2016).

Aunque existen y se han desarrollado varios índices de diversidad, como el de Simpson (1949) y el de Margalef (1951); el más reconocido es el Shannon-Weaver (1949), que refleja igual. Pero todo se ve limitado al tener en cuenta que para determinar alguno de estos índices, es necesario hacer una clasificación rigurosa por especie, tema que se queda corto aun en el país; pero que si llegase a ser exitosa una clasificación por especie se podrían tener resultados aproximados. (Baddi, Garza, & Landero, 2005)

Tabla 3. Calidad biológica del agua según índice BMWP/Col

Clase	Calidad	BMW/Col	ASPT	Significado	Color
I	BUENA	>150,	>9- 10	Aguas muy limpias	
		101- 120	>8-9	Aguas no contaminadas	
II	ACEPTABLE	61- 100	>6,5- 8	Aguas ligeramente contaminadas	
III	DUDOSA	36-60	>4,5- 6,5	Aguas moderadamente contaminadas	
IV	CRITICA	16-35	>3- 4,5	Aguas muy contaminadas	
V	MUY CRITICA	<15	1-3	Aguas fuertemente contaminadas	

Fuente. Roldan (2003)

Materiales y Métodos

Aspectos generales del área de estudio

El municipio de Pitalito y sus áreas protegidas (**Ilustración 1**), son parte importante en el contexto ambiental y ecológico de Colombia, al ser fracción estratégica del Macizo Colombiano. Su ubicación espacial permite que goce de gran diversidad biológica, paisajística, cultural y de numerosos servicios ecosistémicos. Por su riqueza natural, el municipio es considerado en el tema ambiental como la estrella hidrográfica y fluvial más importante del país, localizada en los Andes Colombianos (Atlas ambiental y de la biodiversidad, Pitalito, 2015, pág. 24).

A través del tiempo, el municipio de Pitalito ha adquirido importantes áreas de protección ambiental, como predios para la conservación de la biodiversidad y servicios ecosistémicos, con un total de más de 4.000 hectáreas protegidas entre el Parque Natural Municipal de Pitalito, el Parque Natural Municipal Serranía de Peñas Blancas, el humedal Marengo, el humedal campo Escuela Scout, las Reservas Naturales de la Sociedad Civil El Cedro, La Floresta, Pompeya, y predios adquiridos para proteger la cuenca del río Guachicos y Guarapas. Estas áreas protegidas cubren alrededor del 6% del municipio, y el 0.2% del departamento. (Alcaldía de Pitalito, 2015, pág. 8)

Climatología del municipio de Pitalito

Distintos autores de proyectos investigativos de la región, indican que las condiciones climáticas en el municipio de Pitalito son variadas; la mayor proporción del territorio presenta un clima templado seco, un área de menor tamaño al sur-este del municipio, en las partes más altas

cerca del nacimiento del río Guachicos, presenta clima frío húmedo (zona de estudio). Un poco más hacia abajo, en altitudes intermedias, se presenta un clima frío seco. A continuación, en la tabla 1 y figura 5 se presenta la clasificación climática del municipio de Pitalito. (Hijmans, Cameron, Parra, Jones, & Jarvis, 2005)

Según el POT del municipio de Pitalito, “En el sur del municipio encontramos la zona con más alta precipitación con un promedio anual de 3141 mm anuales, esto puede deberse a que en ese lugar todavía se conserva la cobertura vegetal original; el resto del municipio presenta un régimen hídrico semiseco con una precipitación anual de 1272.2 mm y 1526 mm, hay buena disponibilidad de agua, pero no hay exceso de la misma, por lo cual se debe plantear un mejor aprovechamiento del recurso agua.”

Zona específica de estudio

La quebrada El Cedro, está ubicada al Sur del municipio de Pitalito, donde con dos ramificaciones importantes se forma su cuerpo hídrico; comprendido entre la vereda El Pencil (zona de estudio) y el Cedro, corregimiento de Bruselas. El cuerpo de agua en mención, nace en el macizo colombiano, a una altura aproximada de los 2600 msnm, dentro de las áreas naturales protegidas del municipio, en parte alta de la vereda el Pencil. Inicia su recorrido de aproximadamente 19 km desde el Corredor Biológico PNN Puracé – PNN Cueva de los Guácharos, hasta su desembocadura en las aguas del Río Guachicos sobre el valle del Magdalena. El cuerpo de agua cuenta con un caudal medio aproximado de 1.232 litros por segundo (CAM, 2009).

La zona de estudio se ve influenciada por actividades productivas como la caficultura en un 80%, la ganadería y la implantación de cultivos de clima frío y templado (granadilla, lulo, tomate,

y hortalizas) repartidos en un 20%. El uso del suelo está destinado a la agricultura desde su parte alta, media y baja donde la perturbación al bosque nativo por la expansión agrícola es evidente. (Alcaldía de Pitalito, 2015)

La micro cuenca de la quebrada el Cedro en su parte alta, cuenta con un área de protección en el PNM de 5.000 ha comprendidas en las veredas Porvenir, Kennedy, Palmito, La Esperanza, Pensil, Montecristo y el Cedro; áreas que protegen además el Rio Guachicos, (Pitalito Atlas ambiental y de la biodiversidad, 2015, pág. 62).

La zona de estudio, comprendida entre las veredas Pencil, P1 (parte alta), La Cristalina P2 (parte media) y la Palma P3 (parte baja) del corregimiento de Bruselas, cuentan con las mayores áreas de diversidad de flora y fauna; ya que la mayor parte de sus veredas tienen un gran porcentaje de cobertura de bosques. Es así, que el Pencil, es una de las veredas que cuenta con hasta el 80% de cobertura de bosque primario y secundario, jugando un papel importante en la conservación (Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena [CAM], 2010).

En (**Ilustración 1**), se exponen las coberturas de bosque por área total de las principales veredas de la zona de estudio

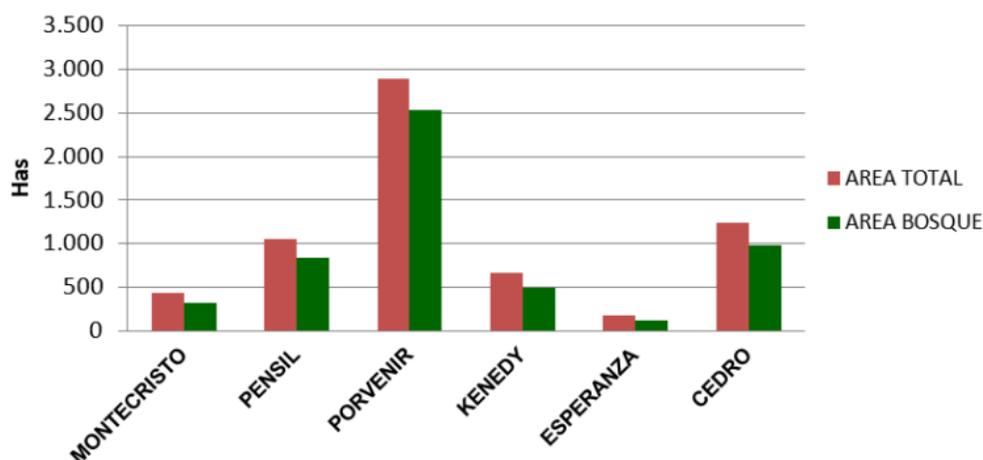


Ilustración 1. Cobertura de bosque por área

Fuente. (Corporación Autónoma del Alto Magdalena CAM, 2009)

Puntos de muestreo

Para realizar la investigación, se tomaron tres puntos de muestreo ubicados estratégicamente según los objetivos trazados en el proyecto.

Los puntos de muestreo se registraron geográficamente de la siguiente manera: parte alta de la microcuenca donde las perturbaciones al medio fuesen casi nulas (estado natural), parte media con distintas actividades antrópicas aledañas al cuerpo de agua y finalmente en la parte baja, pocos metros antes de su desembocadura en el río Guachicos.

Características de los puntos de muestreo

P1. El Pencil

El P1, se ubicó aguas arriba a una altura de los 2.530 msnm, parte alta de la vereda el Pencil y más exactamente en las coordenadas geográficas 1° 42' 10.8" N, -76° 14' 31.2" O. con un nivel de intervención antrópicas casi nulo (**Ilustración 3**).

Este punto se caracteriza por ser una zona de bosque muy húmedo montano bajo, en su mayoría bosque primario y secundario, con un relieve fuertemente quebrado y escarpado, características de la zona por estar localizado entre 2.156 m.s.n.m. la parte más baja y 2.700 m.s.n.m. la parte más alta. (POT, Municipio de Pitalito)

P2. La Cristalina

Se ubicó en inmediaciones de la vereda La cristalina del corregimiento de Bruselas, a una altura de 1600 msnm aproximadamente y más exactamente en las coordenadas geográficas 1° 45' 43.1994"N, 76° 10' 51.5994"O. la zona presenta a simple vista un área destinada a la ganadería y caficultura, donde prevalecen áreas de potrero extensas con forrajes rivereños, arbustos y matorrales (**Ilustración 3**).

A simple vista se pueden caracterizar malas prácticas de disposición final de residuos sólidos y vertimientos de aguas residuales domésticas y del beneficio del café. El cuerpo de agua presenta zonas corrientosas permanentes, que favorecen la capacidad de depuración natural del cuerpo de agua.

P3. La Palma

Se estableció metros antes de la desembocadura, al ser la zona baja del tramo de estudio. Ubicado a una altura de 1393 msnm, en las coordenadas geográficas 1° 47' 13.1994"N, 76° 9' 28.8"O, la zona correspondiente a la vereda La Palma, se ve traducida en usos del suelo para ganadería y cultivos de café y lulo hasta la rivera del cuerpo de agua. Se evidencia presencia de residuos sólidos y descargas de agua residual del centro poblado Bruselas (**Ilustración 3**).

Cuenca del rio Guachicos

La subcuenta del rio Guachicos hace parte del parque natural municipal de Pitalito, donde cuenta con aportes significativos de caudal de 133 nacimientos de agua comprendidos entre PNM y el PNR corredor Biológico Guacharos-Purace, destacándose la quebrada el Cedro (zona de estudio), por ser la que mayor caudal aporta al Rio Guachicos. (Alcaldía de Pitalito. 2015).

Cabe recalcar, además, que el conjunto de ecosistemas y Biomas del municipio de Pitalito son aproximadamente 4.610 Ha constituidas en el 6.3% del Parque Natural Regional Corredor Biológico Guácharos – Puracé y aproximadamente 4.372 Ha del Parque Natural Municipal de Pitalito – PNM, área cubierta en un 97% por bosques ubicados en las veredas de Porvenir, Pensil y el Cedro del corregimiento de Bruselas (Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional [USAID], 2015).

Características geomorfológicas

Tabla 4. Características descriptivas de cada punto del monitoreo

Punto	Localización	Nombre del cuerpo de agua	Sustrato	Morfología del terreno	Tipo de vegetación	Usos del suelo
P1	Parte alta del vereda Pencil.	Quebrada el cedro	Roca, grava particulada (gravilla), y sedimento fino.	Semi inclinado	Bosque montano bajo	Bosque natural con leve intervención antrópica
P2	Parte media en inmediación Vereda la cristalina	Quebrada el cedro	Roca, grava y sedimento fino.	Plano	Herbácea, arbustos, arboles, matorrales	Ganadería rudimentaria, prácticas agrícolas
P3	Parte baja del vereda La Palma.	Quebrada el cedro	Roca, grava y arena	plano	Herbácea, arbustos, arboles, matorrales	Ganadería rudimentaria, silvopastoril, agricultura intensiva.

Fuente. La investigación

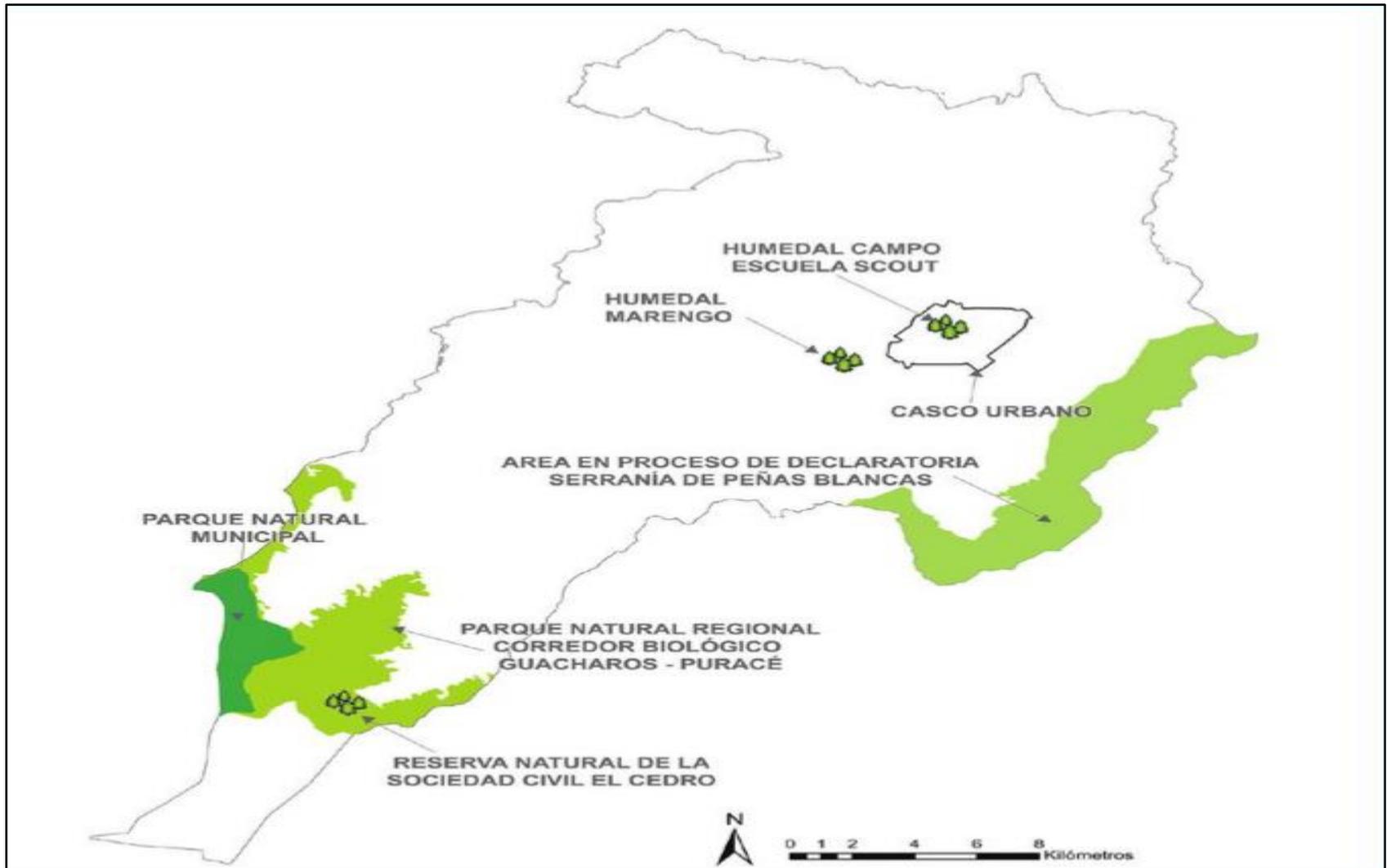


Ilustración 2. Áreas protegidas del municipio de Pitalito

Fuente. *Ruta del Cambio Climático Pitalito 2030*

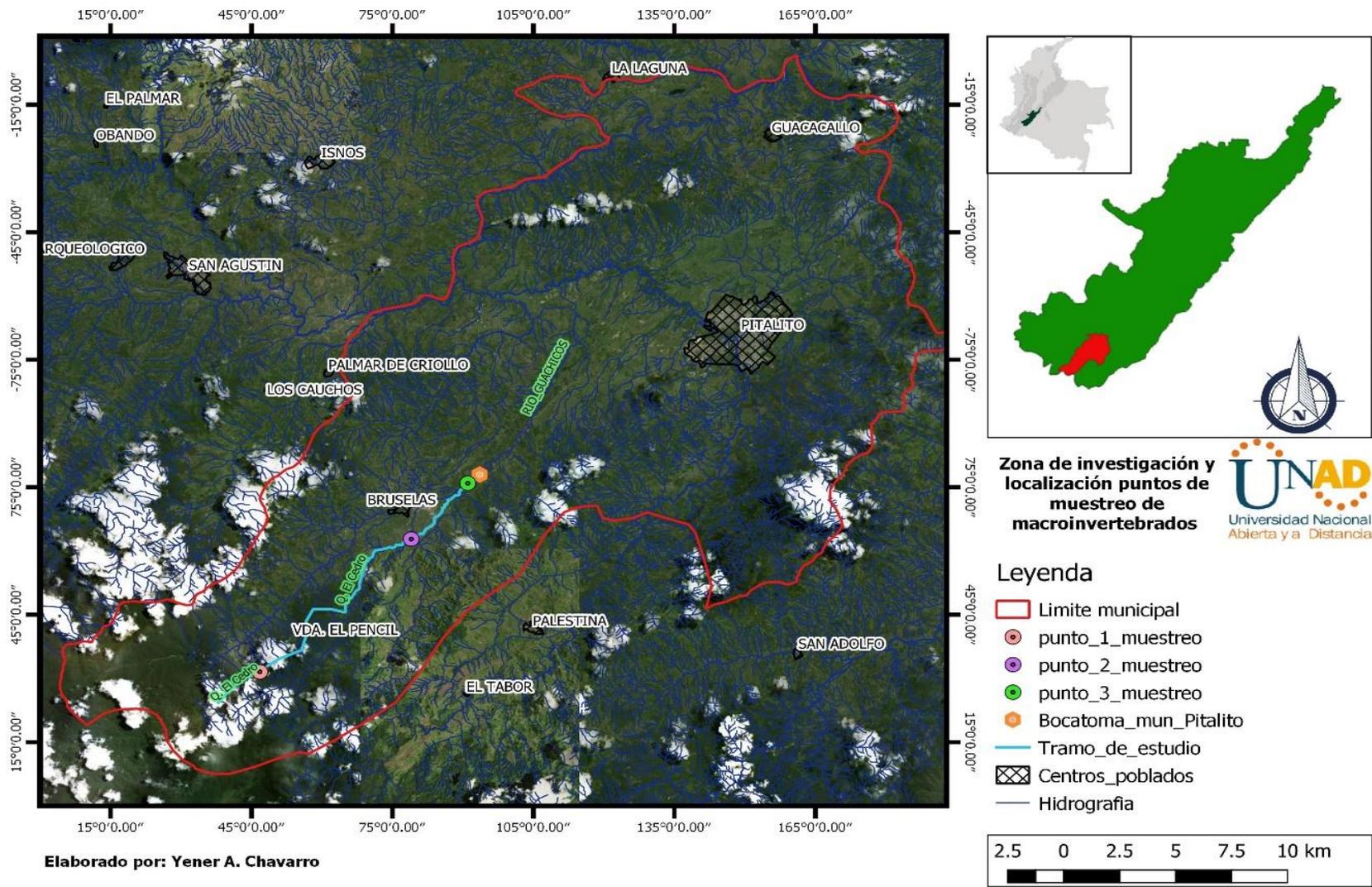


Ilustración3. Punto de monitoreo. El Pencil (P1), La Cristalina (P2), La Palma (P3)

Metodología

Se determina realizar 8 muestreos, realizando dos por mes, entre los meses de mayo, junio, julio y agosto del 2018 sobre la quebrada El Cedro del municipio de Pitalito.

Selección de las Zonas de Muestreo

Para la selección de los puntos de muestreo y de la zona de estudio, se consideraron diversos aspectos tales como la naturaleza geológica, características físicas como altura, afluentes, actividades de la cuenca, grados de intervención antrópica, accesibilidad al lugar, disponibilidad de datos de caudales, información ambiental técnica disponible de la zona, importancia del cuerpo hídrico para la región, entre otros.

Fase de Campo

1. Mediante una visita de campo se realizó el reconocimiento de la quebrada El Cedro, con el fin de establecer los puntos estratégicos para el muestreo (**anexo 1**). Una vez identificados se georreferenciaron vía GPS (**anexo3**), y se determinó la intensidad de los muestreos.
2. la toma de muestras se realizó en el periodo comprendido entre los meses de mayo hasta agosto de 2018.
3. Los muestreos se realizaron siguiendo lo establecido por el autor Gabriel Roldan, donde se empleó el método Kick Sampling (Roldán, 2003) traducido en la recolección manual y con el uso de malla tipo pantalla. Según Carrera, et al (2001), este

tipo de red es empleada en cuerpos de agua superficiales con poca profundidad y con corrientes semi torrentosas.

4. En cada estación de muestreo de limbo un tramo de entre los 50 y 100 metros donde se tomaron muestras en diferentes tipos de hábitat (micro ambientes) como corrientes lentas y rápidas, lechos de grava, arena y vegetación.

5. La puesta en práctica del método consistió en introducir la red de mano al fondo del agua sobre cada uno de los hábitats que se identificaron en cada punto de muestreo. Una vez puesta la red contra corriente se agitó el sustrato permitiendo que los macroorganismos presentes en cada microhábitat pudiesen quedar atrapados.

6. En la recolección se emplearon pinzas que permitieron una fácil manipulación de los individuos encontrados. El material encontrado se dispuso en frascos rotulados con fecha, punto de muestreo, coordenadas y nombre del investigador, estos contenían alcohol al 95% para su conservación.

Fase de Laboratorio

- Una vez trasladadas las muestras al laboratorio, se realizó una limpieza de las mismas posterior a su caracterización (**anexo 4**).
- Se realizó la observación y separación de los macroinvertebrados a través de un estereoscopio de espejos, bastante funcional.
- Todas las muestras recolectadas fueron revisadas en su totalidad en el estereoscopio y separadas por orden.

- Para lograr una caracterización e identificación taxonómica se empleó la guía para el Estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia, que suministro bases técnicas y claves de caracterización que permitieron la observación y separación de familias y géneros.
- Una vez realizada la caracterización fue digitada la información de carácter cualitativo y cuantitativo en formatos de investigación.

Cálculos

La determinación de la calidad del agua se realizó mediante el cálculo del índice BMWP (Biological Monitoring Working Party), y la asignación de valores para cada familia se hizo basado en lo propuesto por Roldan (2003); quien adapta el sistema a Colombia para ecosistemas acuáticos de alta montaña en los que es propuesta cada familia y su valoración según la sensibilidad y adaptación a las distintas calidades de agua, con puntajes que van de 1 a 10, siendo 10 la puntuación por excelencia para los organismos más sensibles a la contaminación y 1 la valoración a los organismos más tolerantes.

Para la aplicación del índice se designó la puntuación establecida para cada familia y al final se realizó la sumatoria de todas las familias caracterizadas por cada uno de los puntos y fecha de muestreo, proporcionando de esta manera un valor total del índice BMWP/Col, permitiendo determinar la calidad del agua en cada punto.

Resultados

Tabla 5. Porcentaje de Individuos por punto de muestreo

Punto de Muestreo.	Cantidad de Individuos	Porcentaje de individuos
El Pencil (P1)	2510	47,8%
La Cristalina (P2)	2194	41,8%
La Palma (P3)	548	10,4%
Total general	5252	100%

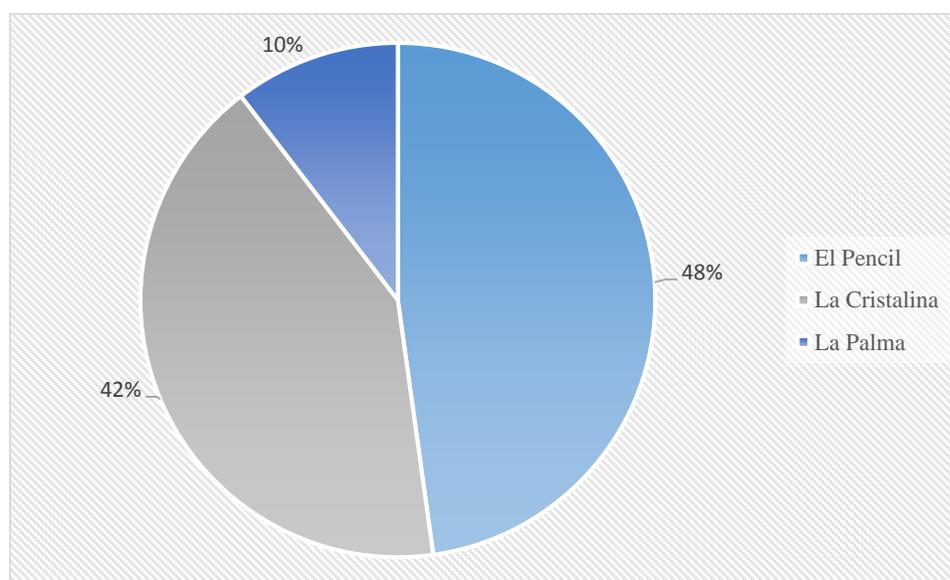


Ilustración 4. Cantidad de individuos encontrados por punto de muestreo

. Se identificaron 27 familias, considerando que las más representativas son la familia Hydropsychidae (*Leptonema*) como la más abundante, con un 53,84% contando con 2828 individuos, Perlidae (*Anacroneuria*), representando el 13,90%, con 730 individuos, Leptophlebiidae (*Thraulodes*) con un 6,62%, teniendo 348 individuos, Calopterygidae (*Hetaerina*)

representando el 3,66%, con 192 individuos, Ptilodactylidae (*Anchytarsus*) a la cual pertenece el 3,52%, con 185 individuos, Ghompidae (*Progomphus*), teniendo un 3,12%, contando con 164 individuos recolectados, Oligoneuriidae (*Lachlania*), representando el 2,32 %, con 122 individuos, Leptoceridae (*Nectopsyche*) perteneciendo a esta el 2,00%, con 105 individuos, Calamoceratidae (*Phylloicus*), Corydalidae (*Corydalus*), Tricorythidae (*Leptohyphes*), cada una representando el 1,66%, con 87 individuos respectivamente. Las demás familias se encuentran en menor representatividad y pueden visualizarse en **(anexo 6.)**

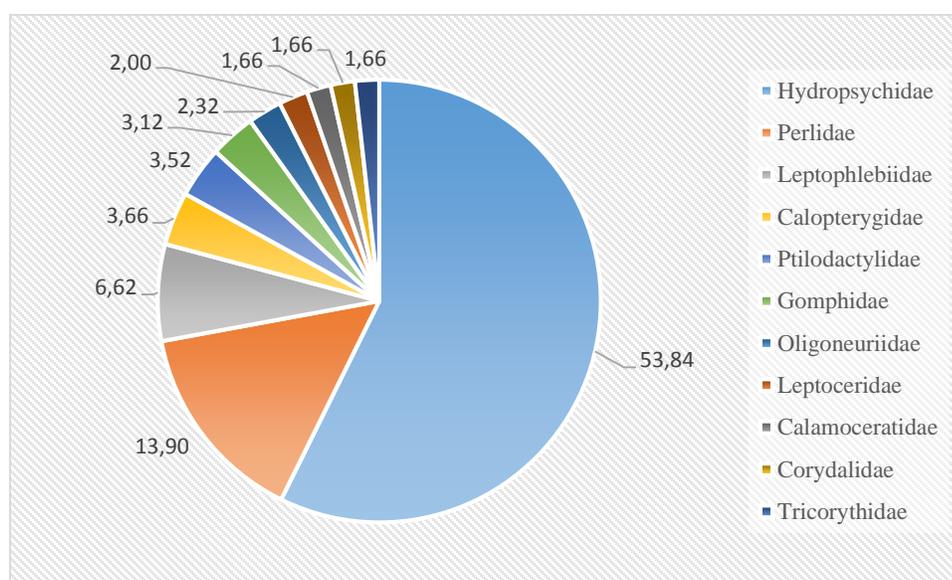


Ilustración 5. Porcentaje de individuos por familia

Se encontró un total de 11 órdenes en los tres puntos de muestreo, observando que los más representativos son, el orden Trichoptera con un total de 3040 individuos, significando el 57,87%, Plecoptera, con 730 individuos lo que equivale al 13,90%, orden Ephemeroptera con 560 individuos equivalente al 10,66%, orden Odonata con 491 individuos significando el 9,35%, orden Coleoptera con 249 individuos equivalente al

4,74%. Los otros órdenes se encontraron en menor proporción y pueden visualizarse en el (anexo 7.)

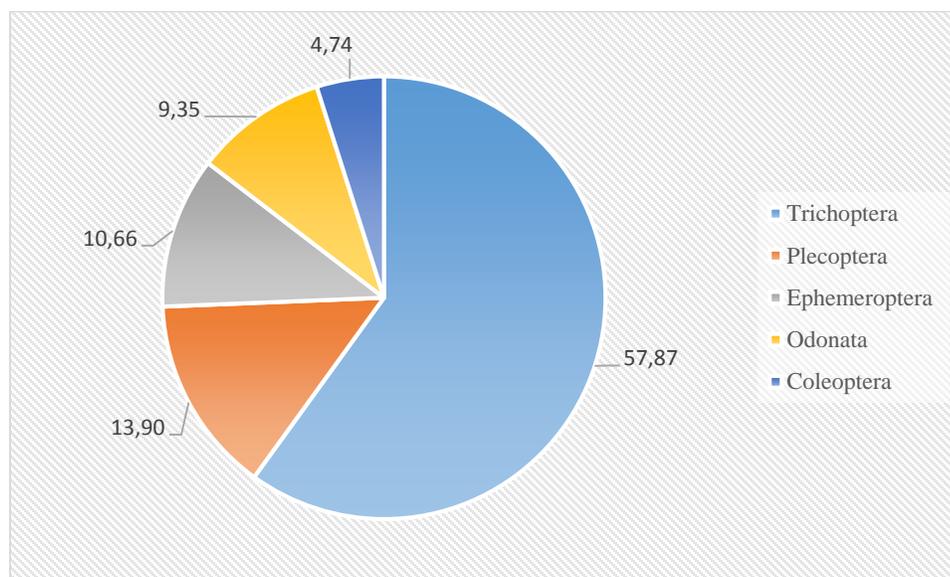


Ilustración 6. Porcentajes de individuos por orden

El Pencil fue el primer punto de muestreo (P1), obteniendo una cantidad de 2510 individuos, la fecha en la que se recolectaron más especímenes fue el 14 de junio del 2018, obteniendo 442 individuos equivalente al 17,60%; el día que menos muestras se pudieron obtener fue el 28 de agosto de 2018, con 214 individuos perteneciente al 8,52%; se clasificaron 22 familias, dentro de las cuales la más representativa es la Hydropsychidae (*Leptonema*, *Smicridea*), con 1223 individuos, seguida por la Familia Perlidae (*Anacroneuria*) con 309 individuos. La distribución por fecha puede encontrarse en (anexo 8).

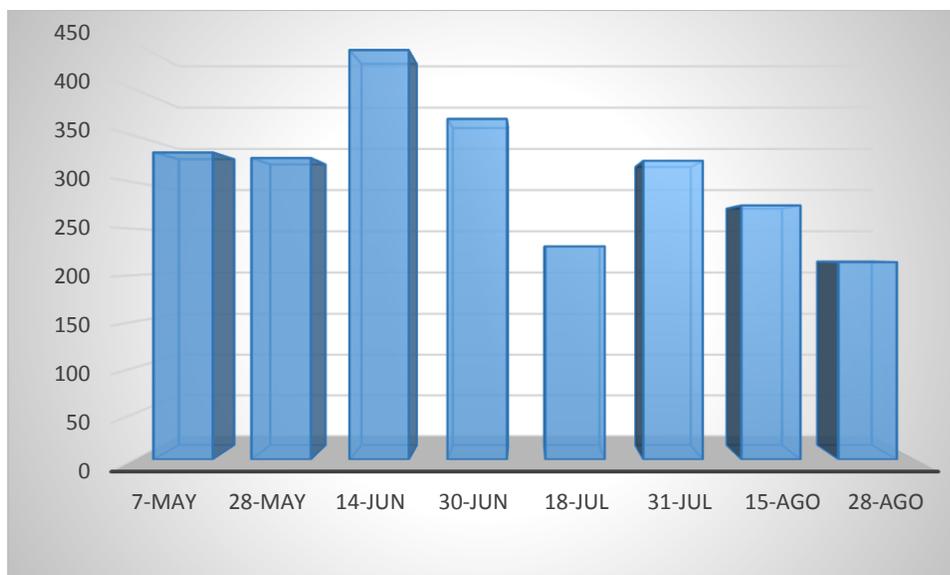


Ilustración 7. Cantidad de Individuos por fecha en PI

El segundo punto de muestreo localizado en la vereda la Cristalina, permitió encontrar 2194 individuos en total, siendo el 28 de mayo de 2018, el día que se recolectaron más muestras, 469 , equivalente al 21,37%, en contraposición al 18 de Julio del 2018, día que se recogieron 154 individuos perteneciente al 7%; en este punto se identificaron 22 familias, siendo las más representativa la familia Hydropsychidae (*Leptonema*, *Smicridea*), con 1322 individuos, seguida de la familia Perlidae (*Anacroneuria*), con 368 individuos, Leptophlebiidae (*Thraulodes*), con 149 individuos. La distribución completa por familia puede visualizarse (**anexo 8**).

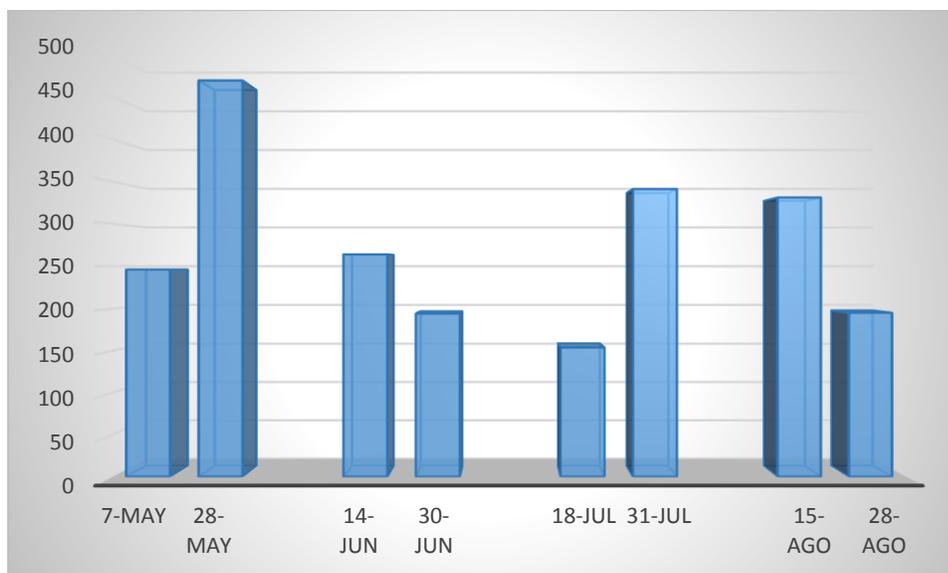


Ilustración 8. Cantidad de Individuos encontrados por fecha en P2

En la vereda la Palma, P3, se hallaron 548 individuos, siendo el 31 de Julio de 2018, la fecha en la que se encontró una mayor cantidad de individuos, 110 en total, significando un 20%, al contrario del día 28 de mayo de 2018, en el que se encontraron 33 individuos, equivalente al 6%; en este punto se clasificaron 15 familias, siendo la de mayor número de individuos la Hydropsychidae (*Leptonema*, *Smicridea*), con 283 individuos, seguida de la Calopterygidae (*Hetaerina*), con 59 individuos y la Perlidae (*Anacroneuria*) con 53 individuos. Para mayor apreciación de la distribución de macroinvertebrados dirigirse al apartado de **(anexo 8)**.

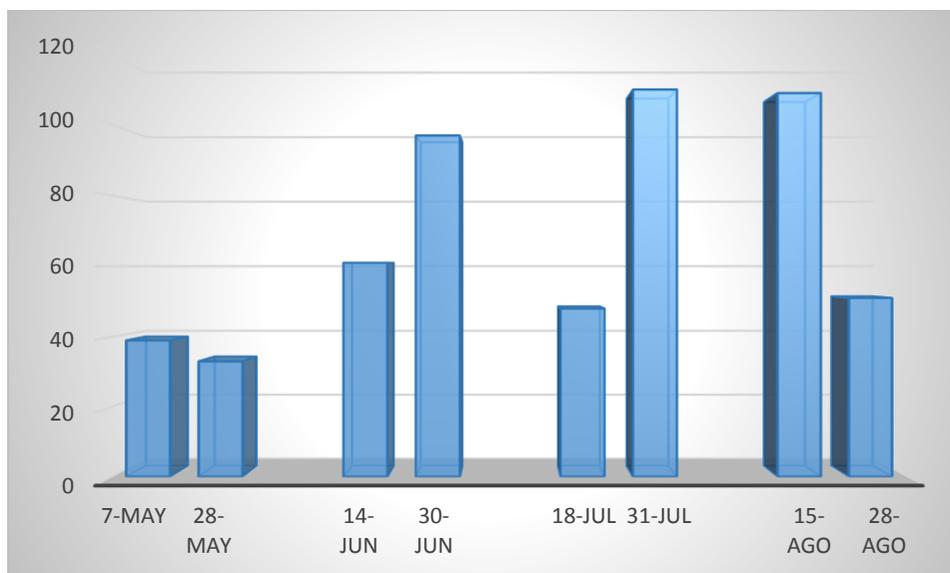


Ilustración 9. Individuos encontrados por fecha en P3

Se reconocieron 5252 individuos a nivel general, encontrando en mayor cantidad los siguientes especímenes: *Leptonema* con 2821, *Anacroneuria* con 730, *Thraulodes* con 335, *Hetaerina* con 192, *Anchytarsus* con 185, y *Progomphus* con 164.

Tabla 6. Cantidad de especies encontradas

Especie	Cantidad	Porcentaje
<i>Leptonema</i>	2821	53,70
<i>Anacroneuria</i>	730	13,90
<i>Thraulodes</i>	335	6,38
<i>Hetaerina</i>	192	3,66
<i>Anchytarsus</i>	185	3,52
<i>Progomphus</i>	164	3,12
<i>Lachlania</i>	122	2,32
<i>Amazonalotica Hamadae</i>	99	1,88
<i>Corydalus</i>	87	1,66
<i>Leptohyphes</i>	87	1,66

<i>Phylloicus</i>	87	1,66
<i>Brechmorhoga</i>	73	1,39
<i>Polythore</i>	61	1,16
	48	0,91
<i>Tubifex</i>	48	0,91
<i>Heterelmis</i>	18	0,34
<i>Psephenops</i>	14	0,27
<i>Tabanus</i>	13	0,25
<i>Terpides</i>	13	0,25
<i>Cylloepus</i>	10	0,19
<i>Borealis</i>	6	0,11
<i>Chimarra</i>	6	0,11
<i>Nectopsyche</i>	6	0,11
<i>Physa</i>	5	0,10
<i>Helicopsyche</i>	4	0,08
<i>Baetodes</i>	3	0,06
<i>Cylicobdella</i>	3	0,06
<i>Cylloepus abnormis</i>	3	0,06
<i>Amazonalotica</i>	2	0,04
<i>Cryphocricos</i>	2	0,04
<i>Limnocoris</i>	2	0,04
<i>Elmoparnus</i>	1	0,02
<i>Helicopsyche Borealis</i>	1	0,02
<i>Pelonomus</i>	1	0,02

Fuente. La investigación.

En la vereda El Pencil, P1. Se identificaron 9 órdenes, siendo los más destacables el orden Trichoptera con las familias (Hydropsychidae, Leptoceridae, Corydalidae, Helicopsychidae) y un número de individuos de 1396, significando el 55,59%, seguidamente el orden Ephemeroptera (Leptophlebiidae, Oligoneuriidae, Tricorythidae) con 318 individuos, equivalente al 12,66%, el orden Coleoptera (Ptilodactylidae, Elmidae, Psephenidae, Dryopidae) con 210 individuos, perteneciendo a este el 8,36%.

Tabla 7. Distribución de órdenes y familias P1

P1	Orden									
Familias	Coleoptera	Diptera	Ephemeroptera	Hemiptera	Hirudiniformes	Neuroptera	Odonata	Plecoptera	Trichoptera	TOTAL
Calamoceratidae									76	76
Calopterygidae							29			29
Corydalidae						79				79
Cylicobdellidae					1					1
Dolichopodidae		1								1
Dryopidae	2									2
Elmidae	38									38
Gomphidae							68			68
Helicopsychidae									6	6
Hydropsychidae									1223	1223
Leptoceridae									91	91
Leptophlebiidae			186							186
Libellulidae							6			6
Naucoridae				5						5
Oligoneuriidae			105							105
Perlidae								309		309
Polythoridae							58			58
Psephenidae	13									13
Psychodidae		12								12
Ptilodactylidae	157									157
Tabanidae		18								18
Tricorythidae			27							27
Total general	210	31	318	5	1	79	161	309	1396	2510

En P2, vereda La Cristalina, se clasificaron 10 órdenes con sus respectivas familias, siendo el más representativo, el orden Trichoptera (Calamoceratidae, Helicopsychidae, Hydropsychidae, Leptoceridae, Philopotamidae), con 1351 individuos, que pertenece al 61,57%, el orden Odonata (Calopterygidae, Cordulegastridae, Gomphidae, Libellulidae, Polythoridae), con 202 individuos, equivalente al 9,20%.

Tabla 8. Distribución por orden y familia en P2

P2	Orden										TOTAL
Familias	Coleoptera	Ephemeroptera	Gastropoda	Haplotaaxida	Hemiptera	Hirudiniformes	Neuroptera	Odonata	Plecoptera	Trichoptera	TOTAL
Calamoceratidae										3	3
Calopterygidae								104			104
Cordulegastridae								1			1
Corydalidae							8				8
Cylicobdellidae						2					2
Elmidae	10										10
Gomphidae								64			64
Helicopsychidae										5	5
Hydropsychidae										1322	1322
Leptoceridae										15	15
Leptophlebiidae		149									149
Libellulidae								30			30
Naucoridae					2						2
Oligoneuriidae		15									15
Perlidae									368		368
philopotamidae										6	6
Physidae			4								4
Polythoridae								3			3
Psephenidae	1										1
Ptilodactylidae	28										28
Tricorythidae		50									50
Tubificidae				4							4
Total general	39	214	4	4	2	2	8	202	368	1351	2194

El P3. Vereda la Palma, se clasificaron, 7 órdenes junto con sus familias, siendo el más representativo, el orden Trichoptera(Calamoceratidae, Hydropsychidae, Leptoceridae), con 293 individuos, equivalente al 53,36 %, seguido del Orden Odonata (Calopterygidae, Gomphidae, Libellulidae), con 128 individuos, significando el 23,35%.

Tabla 9. Distribución por orden y familia en P3

P3	Orden								TOTAL
	Coleoptera	Ephemeroptera	Gastropoda	Haplotaaxida	Hemiptera	Odonata	Plecoptera	Trichoptera	
Baetidae		3							3
Calamoceratidae								8	8
Calopterygidae						59			59
Gomphidae						32			32
Hydropsychidae								283	283
Leptoceridae								2	2
Leptophlebiidae		13							13
Libellulidae						37			37
Naucoridae					1				1
Oligoneuriidae		2							2
Perlidae							53		53
Physidae			1						1
Psephenidae									
Tricorythidae		10							10
Tubificidae				44					44
Total general		28	1	44	1	128	53	293	548

Valoración del índice BMWP/Col por punto de muestreo

Cálculo del índice

Para la obtención del índice BMWP, se usó este índice adaptado para Colombia (Roldan, 2016), el cual asigna una puntuación a las familias presentes en los diferentes ecosistemas, dependiendo de su nivel de tolerancia a la contaminación, siendo 10 el puntaje asignado a las familias de macroinvertebrados bentónicos que no toleran ambientes con gran perturbación ambiental, por el contrario de la puntuación 1, la cual se le asigna a familias con gran tolerancia a los ambientes acuáticos contaminados(**Tabla 2**).

Para (Rueda 1998), el índice BMWP es un tanto quebrantable y sensible a los cambios, tales como:

La estacionalidad, experiencia del investigador y la diligencia con que se lleve a cabo el muestreo. Por lo cual en 1980, Chesters menciona el uso conjunto de una medida correctora del valor final del índice BMWP, que es el ASPT.

P1. El Pencil

En este sentido, en el P1 se caracterizaron 22 familias, 7 de ellas con un puntaje de 10 y, 1 con un puntaje de 3, siendo este el más bajo; se calcula el índice BMWP por fecha, sumando el puntaje de las familias clasificadas, luego sacando el promedio de los índices identificados en cada fecha de muestreo, obteniendo que para el P1, el índice BMWP es de 135 y, el índice ASPT es de 8,1 perteneciente a aguas de clase I, calidad Buena, no contaminadas. (**Tabla 3**)

Tabla 10. Distribución y puntaje de familias por fecha, P1

P1	Fechas de Muestreo								
	07/05/2018	28/05/2018	14/06/2018	30/06/2018	18/07/2018	31/07/2018	15/08/2018	28/08/2018	
Calamoceratidae	10	10	10	10	10	10	10	10	
Calopterygidae	7		7	7	7	7	7	7	
Corydalidae	6	6	6	6	6	6	6	6	
Cylicobdellidae				3					
Dolichopodidae			5						
Dryopidae		7	7						
Elmidae	6	6	6		6	6		6	
Gomphidae	10	10	10	10	10	10	10	10	
Helicopsychidae	8		8				8	8	
Hydropsychidae	7	7	7	7	7	7	7	7	
Leptoceridae	8	8	8	8	8	8	8	8	
Leptophlebiidae	9	9	9	9	9	9	9	9	
Libellulidae	6	6	6			6		6	
Naucoridae	7					7	7	7	
Oligoneuriidae	10	10	10	10	10	10	10	10	
Perlidae	10	10	10	10	10	10	10	10	
Polythoridae	10	10	10	10	10	10	10	10	
Psephenidae	10	10	10		10	10	10	10	
Psychodidae					7	7			
Ptilodactylidae	10	10	10	10	10	10	10	10	
Tabanidae	5	5	5	5		5		5	
Tricorythidae	7	7	7	7	7	7		7	
Indice BMWP	146	131	151	112	127	145	122	146	135
ASTP	8,00	7,94	7,95	8,00	8,33	8,11	8,71	8,05	8,14

Fuente. La Investigación.

P2. La Cristalina

Se clasificaron 22 familias, 7 con puntaje 10, pero solo 3 estuvieron presentes en todos los muestreos; una con una puntuación de 1, obteniendo un índice BMWP de 92,75 y, el índice ASPT de 7.71, perteneciendo estas características a aguas de clase II, Calidad aceptable, Aguas Ligeramente contaminadas.(**Tabla 3**).

Tabla 11. Distribución y puntaje de familias por fecha, P2

P2 Familias	Fechas de Muestreo								
	07/05/2018	28/05/2018	14/06/2018	30/06/2018	18/07/2018	31/07/2018	15/08/2018	28/08/2018	
Calamoceratidae			10					10	
Calopterygidae	7	7	7	7	7	7	7	7	
Cordulegastridae			8						
Corydalidae	6	6			6			6	
Cyicobdellidae						3	3		
Elmidae	6		6	6				6	
Gomphidae	10	10	10	10	10	10	10	10	
Helicopsychidae	8			8				8	
Hydropsychidae	7	7	7	7	7	7	7	7	
Leptoceridae					8	8	8	8	
Leptophlebiidae	9	9	9	9	9	9	9	9	
Libellulidae	6	6	6	6	6	6	6	6	
Naucoridae		7				7			
Oligoneuriidae		10			10		10	10	
Perlidae	10	10	10	10	10	10	10	10	
philopotamidae	9							9	
Physidae				3		3	3		
Polythoridae					10				
Psephenidae					10				
Ptilodactylidae	10		10		10	10	10	10	
Tricorythidae	7		7	7	7	7	7	7	
Tubificidae		1				1			
Indice BMWP	95	73	90	73	110	88	90	123	92,75
ASTP	7,85	7,30	8,00	7,33	8,50	6,86	7,54	8,13	7,71

Fuente. La Investigación

P3. La Palma

En este punto se caracterizaron 15 familias, 4 de las cuales cuentan con una puntuación de 10, ninguna estuvo presente en todos los muestreos, en contraste con 2 familias con puntaje de 3 y 1, obteniendo un índice BMWP de 46,88, y el índice ASPT de 6,82 perteneciendo a la Clase III, Calidad dudosa, Aguas moderadamente contaminadas. (**Tabla 3**).

Sin embargo al calcular el índice ASPT, se obtiene un valor de 6,74, significando características de aguas clase II, calidad aceptable, ligeramente contaminadas. (**Tabla 3**).

Tabla 12. Distribución y puntaje de familias por fecha, P3

P3 Familias	Fechas de Muestreo								TOTAL
	07/05/2018	28/05/2018	14/06/2018	30/06/2018	18/07/2018	31/07/2018	15/08/2018	28/08/2018	
Baetidae	7								7
Calamoceratidae			10	10					
Calopterygidae	7		7	7	7	7	7	7	7
Gomphidae	10	10				10	10	10	10
Hydropsychidae	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Leptoceridae			8	8					
Leptophlebiidae			9	9				9	
Libellulidae	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Naucoridae				7					
Oligoneuridae							10		
Perlidae				10	10	10	10	10	
Physidae							3		
Psephenidae					10				
Tricorythidae								7	
Tubificidae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Indice BMWP	38	24	48	65	51	54	57	38	46,88
ASTP	6,33	6,00	6,86	7,22	7,29	6,75	7,13	6,33	6,82

Fuente. La investigación.

Resultados Generales.

Tabla 13. Calidad del agua en los puntos de monitoreo

Punto	Índice BMWP	ASPT	Clase	Calidad	Significado
P1	135	8,1	I	BUENA	Aguas no contaminadas
P2	92,75	7,69	II	ACEPTABLE	Aguas ligeramente contaminadas
P3	46,88	6,82	II;III	DUDOSA;ACEPTABLE	Aguas moderadamente contaminadas; Aguas Ligeramente contaminadas

Fuente. *La Investigación.*

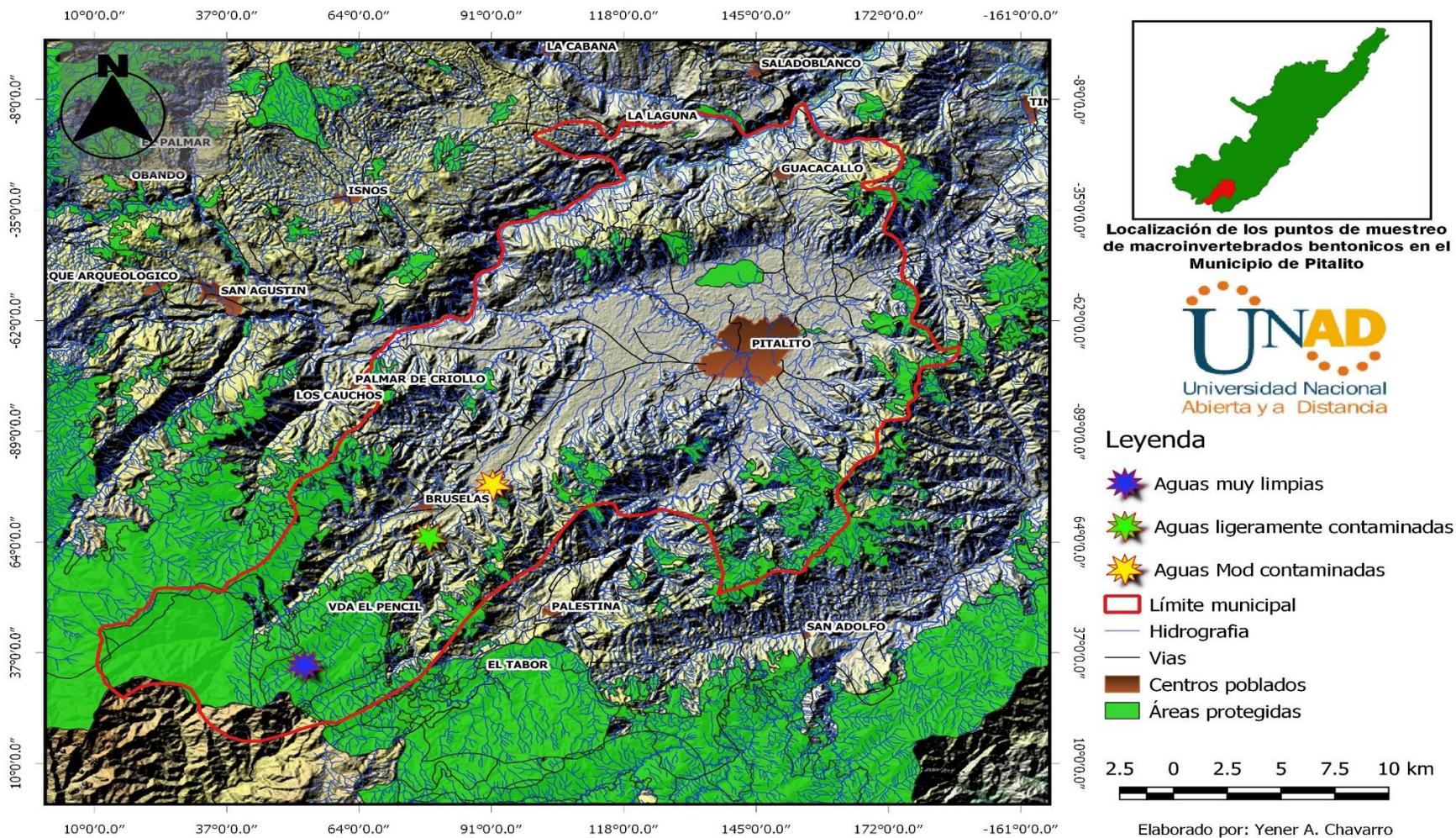


Ilustración 10. Resultados calidad del agua en puntos de monitoreo.

Fuente. *La Investigación*

Análisis de resultados

Es natural y comprensible que a nivel nacional e internacional, las diferentes comunidades científicas opten en gran medida por usar análisis fisicoquímicos y microbiológicos para conocer el estado ambiental de los cuerpos de agua loticos y lenticos, ya que estos permiten determinar puntualmente el grado de perturbación ambiental y el contaminante que está ejerciendo su efecto sobre todo el ecosistema; no obstante según (Ramos), a pesar de su gran uso, existe una significativa arbitrariedad en cuanto a los parámetros medidos y los costos, puesto que existen infinitas combinaciones de parámetros, lo que implica que a la hora de comparar diferentes estudios se vuelva tedioso e incomprensible.

Por tal razón, en los últimos años se ha notado una creciente aceptación de las comunidades de macroinvertebrados, como un hecho fundamental para evaluar la calidad de los ecosistemas acuáticos, por ser de bajo costo y, dar resultados aproximados del estado ecológico del recurso hídrico, los cuales pueden ser complementados u analizados en conjunto con análisis fisicoquímicos y microbiológicos. (Pérez, 2003)

En este sentido, a nivel de muchos países Europeos, como Alemania y Gran Bretaña, existe un avance excelente en cuanto a la bioindicación, ya que la fauna acuática es ampliamente conocida, llegando hasta el nivel de especie, permitiendo que los estudios sean mucho más precisos, además que permiten diagnosticar de manera rápida el ecosistema, reduciendo costos y tiempo. (Pérez, 2003)

De acuerdo con los razonamientos que se han venido realizando, fue posible usar los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua en la quebrada el Cedro del

municipio de Pitalito, corregimiento de Bruselas, la cual es un cuerpo de agua extremadamente importante, no solamente para el corregimiento, si no en gran medida para el municipio de Pitalito, puesto que como se ha venido hablando, este afluente aporta un caudal importante al río Guachicos, el cual es el brazo hídrico del cual se surte la PTAP Güaitipan, para luego suministrar agua potable a todo el casco urbano del municipio. Por lo cual el uso de la bioindicación en los tres puntos seleccionados (**Ilustración 3.**), resulta ser una manera sencilla y metódica, para conocer de manera aproximada cual es el estado ecológico del afluente en cada punto, ya que para (Pérez, Guía para el estudio de Macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia , 1996) el uso de estos estudios, permite conocer el estado de eutrofización o contaminación de un cuerpo de agua, su potabilidad para el consumo humano y animal, su grado de aceptabilidad para irrigación, para usos industriales, para la piscicultura y demás actividades relacionadas con el recurso hídrico.

En este sentido, el diagnóstico del cuerpo de agua , permitió conocer que las familias e individuos presentes durante los cuatro meses de monitoreo, la mayoría pertenecen al Phylum Arthropoda, clase Insecta; los otros ordenes como el Haplotaxida (Tubificidae), el orden Hirudiniformes (Cyclicobdellidae), pertenece al Phylum Annelida , indicando que hay una gran variedad de bentos en el ecosistema analizado.

Es importante resaltar que en P1, se encontró el mayor porcentaje de individuos (**Ilustración 4.**), posiblemente debido a que las características de este punto (**Tabla 4.**), son las ideales para el mantenimiento de un gran número de familias, ya que es un hábitat con poca intervención antrópica, facilitando que el ambiente natural este casi completo, idóneo para la diversidad biológica, por lo cual es comprensible que el índice BMWP para este punto (**Tabla 10.**), indique que son aguas de clase I, no contaminadas; las familias presentes en este punto fueron 22, 7 con puntaje 10 , indicando que son muy sensibles a contaminantes que no están presentes en la zona, la familia con más individuos intolerantes a la contaminación es la Perlidae (*Anacroneuria*),

la cual está presente en aguas rápidas, bien oxigenadas, debajo de la hojarasca, trocos, lecho pedregoso y aguas muy limpias.

Sin embargo según (Tomanova & Tedesco, 2007), los taxones que tienen una distribución geográfica extensa, como el *Anacroneuria*, deben ser capaces de sobrevivir a una serie de condiciones ambientales, a veces un tanto adversas, por lo cual asegurar que todas las especies pertenecientes a la familia Perlidae, son indicativas de aguas limpias, es inapropiado, ya que (Tachet *et al.* 2000) asegura que esta especie prefiere las aguas oligotróficas, pero en los ecosistemas neo tropicales se han encontrado en condiciones de baja saturación de oxígeno, indicando que toleran cierto grado de contaminación, por lo cual es relevante asegurar que el índice BMWP no es del todo certero. Aun así, para efectos del presente estudio, se constituye en la herramienta más importante, para evaluar de manera aproximada el estado de los ecosistemas.

En el P1, las familias con puntaje 10 estuvieron presentes en el 100% de los muestreos, lo cual ratifica el tipo de calidad de agua en la vereda el Pencil, no obstante se encontraron familias con una puntuación baja, como Cyclicobdellidae (**Tabla 10.**), la cual es característica de aguas estancadas con altos niveles de materia orgánica en descomposición y toleran poco oxígeno, pero el encontrarlas en ambientes naturales como el P1, no es raro, ya que en la zona hay muchos árboles que depositan su biomasa sobre el afluente, haciendo que muchos tramos se queden apesados, permitiendo de esta manera que micro hábitats se generen, lugares ideales para este tipo de familias, que aunque están presentes no significan, una alteración extrema de la ecología del lugar, además que esta familia solo se encontró en un muestreo y en poca cantidad (**Tabla 8**).

Si bien, aunque pareciera que es innecesario hablar puntualmente de algunas familias, porque el índice BMWP solo requiere la suma de sus puntajes, se hace apropiado para conocer minuciosamente el comportamiento ecológico de cada uno de los sitios del monitoreo.

En este orden de ideas, la familia Hydropsychidae (*Leptonema*) es la que presenta un mayor número de individuos (**Ilustración 6.**), esta familia está presente a lo largo de todo el afluente, encontrando una mayoría de especies en cada muestreo, (**Tablas 7,8 y9.**) Según (Springer, 2010) (Pérez, Guía para el estudio de Macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia, 1996) (Fernando Muñoz Quesada, 1999), la familia es característica de aguas poco contaminadas, aguas oligotróficas, y al ser su puntaje de 7, permite inferir que tolera ciertos rangos de contaminación, siendo esto evidenciado en la presente investigación, ya que su distribución geográfica es bastante extensa, estando presente hasta en la parte baja P3, clasificada como aguas moderadamente contaminadas.

Precisando de una vez, el agua de P1, vereda el Pencil es Buena, no contaminada, indicando que es posible que las actividades antropogénicas y alteraciones naturales de la zona, influyan de manera leve sobre el comportamiento biótico del lugar, lo cual es menester ratificar con análisis fisicoquímicos, que permitan saber de manera puntual cuales son los compuestos que año tras año se vierten en el afluente, e influyen de manera directa sobre la diversidad acuática. Cabe resaltar que en la zona existen unos cuantos cultivos de aguacate y granadilla, también varios tramos de la zona del monitoreo son utilizados como trocha, para humanos y animales.

En P2, vereda la Cristalina, se empieza a evidenciar el impacto del aumento de la densidad poblacional que vive cerca del cuerpo de agua, debido esencialmente a los cultivos de café, al proceso de beneficio y aguas negras, ocasionando vertimientos significativos de materia orgánica y sólidos suspendidos, afectando la calidad del agua de la zona.

Es evidente entonces, que el número de familias con puntaje 10 disminuye a través de los muestreos en este punto (**Tabla 11**), y prevalece la presencia de familias con puntaje 9 o inferior a este, como el caso de la familia Physidae (*Physa*), que tiene una puntuación de 3; indicando que posiblemente el agua de la zona sea dura, alcalina, baja concentración de oxígeno y abundante

materia orgánica en descomposición. (Pérez, Bioindicación de la Calidad de Agua en Colombia. Uso del Método BMWP/Col., 2003)

Con referencia a lo anterior, es preciso enunciar que la calidad del agua en este punto (**Tabla 11.**), pertenece a la clase II, calidad aceptable, aguas ligeramente contaminadas (**Tabla 3.**), siendo esto ratificado por el índice ASPT, el cual es de 7.71. (**Tabla 11.**)

Por último, el P3, localizado en la vereda La Palma, con apenas un 10% del total de individuos encontrados (**Ilustración 4.**), se ve traducido en un nivel de diversidad bajo, viéndose representado en 15 familias de un total de 27 familias halladas. Teniendo en cuenta lo planteado por Roldan, (2016) en su esclarecimiento de cómo actúan las comunidades frente a las condiciones de estrés que se presenten en su hábitat, los resultados muestran cumplir con el índice propuesto por el autor, en el expreso sentido en que el efecto de las distintas actividades antrópicas que se pudieron reconocer en la zona, se ven reflejados en la disminución de la biota existente en el ecosistema acuático.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, se pudo determinar el estado ecológico del recurso hídrico a nivel general y por secciones evaluativas, en las que aumenta de parte alta a baja el grado de intervenciones al ecosistema de agua dulce de montaña. Por consiguiente, el P3 con una puntuación de 46 para sus familias (**Tabla 11.**), refleja un estado de calidad de agua moderadamente contaminada; resultado totalmente correlacionado con el índice ASPT.

De manera general, con los resultados obtenidos en el índice BMWP para cada uno de los puntos, es posible determinar que la calidad de agua que está siendo entregada al río Guachicos, donde metros más abajo se encuentra la bocatoma que cubre la demanda de agua potable del municipio de Pitalito, es de tipo dudosa (**Tabla 3**); y el estado del recurso hídrico se deteriora conforme avanza y se incorpora en zonas productivas, y de asentamientos humanos de la región en los que se afectan de manera directa el recurso.

Conclusiones

Las comunidades de macroinvertebrados reportadas en los tramos investigados de la microcuenca de la quebrada El Cedro, parecen estar posiblemente maniobradas por el efecto del régimen hidrológico y estacional que altera la composición física y química de los microambientes acuáticos, favoreciendo o afectando directamente las comunidades de macroinvertebrados y sus requerimientos para mantenerse. Es así, que, de las comunidades de macroinvertebrados obtenidas entre los meses de mayo a agosto del 2018, el muestreo más representativo fue el inicial, donde las comunidades presentes fueron más distintivas, probablemente por las condiciones de bajo caudal que favorecieron los microhábitat; mientras que en condiciones de caudales más elevados por precipitación, los muestreos se vieron en menor medida representados por una baja sustancial de comunidades.

En los puntos de muestreo P1 (El Pencil) y P2 (la Cristalina), se pudo evidenciar una mayor abundancia representada por familias como Hydropsychidae, que, con una puntuación de 7, es indicador de ambientes poco contaminados; mientras que el punto de muestreo 3(La Palma), mostro la menor diversidad en una comparativa con los puntos 1 y 2, situación que se puede ver directamente relacionada con las distintas actividades antrópicas presentadas en la vereda la Palma.

Los valores más altos de familias y de taxa fueron obtenidos en el punto de muestro P1 (El Pencil), donde es posible determinar la calidad del agua como agua muy limpia, debido a las casi nulas intervenciones antrópicas que como lo indica Roldan (2016), se asocian con ambientes oligosaprobios.

Teniendo en cuenta los resultados del índice BMWP/Col, es posible afirmar que la calidad ecológica de la quebrada el Cedro tiende a ser mejor en épocas con niveles de baja precipitación y la calidad del recurso hídrico se ve afectada drásticamente en su recorrido, llevándola de su estado

natural a condiciones de calidad de agua moderadamente contaminadas, acción reflejada en los resultados de los puntos de muestreo P1 y P3.

La bioindicación con macroinvertebrados bentónicos puede verse directamente afectada por los niveles de precipitación y el régimen hidrológico, que al aumentar el caudal de los cuerpos hídricos y el nivel de velocidad hidráulica, modifica las condiciones de los microhábitats a nivel físico y químico, traducido en muestreos poco abundantes que finalmente pueden limitar la certeza de evaluación de calidad del recurso.

El índice BMWP adaptado para Colombia define la calidad de las aguas de la quebrada el Cedro como aguas inicialmente muy limpias en P 1, aguas ligeramente contaminadas en P2, y aguas moderadamente contaminadas para P3.

El uso de la bioindicación genera una serie de beneficios significativos, que se ven reflejados a nivel económico y de validez, en el sentido que brindaron una opción de evaluación de la calidad de agua para un cuerpo hídrico superficial del que no se tenía ningún tipo de información y en el que los análisis fisicoquímicos no hubiesen podido determinar el estado ecológico del recurso.

Recomendaciones

Ciertamente el presente estudio marca un precedente para futuras investigaciones, ya que lo realizado no es suficiente para concretar de manera puntual el estado ambiental del afluente, por lo cual es indispensable que los monitoreos se realicen continuamente durante todo el año, complementando con estudios microbiológicos y análisis fisicoquímicos, estableciendo las épocas del año donde la calidad del agua es mucho mejor, como también establecer el tipo de vertimientos que afectan el cuerpo de agua.

Es importante, resaltar que el afluente cuenta con una gran diversidad de flora en sus alrededores, no obstante, la ampliación de la frontera agrícola está fragmentando este tipo de hábitat, repercutiendo considerablemente sobre la calidad del afluente, por lo cual es necesario que las autoridades competentes promuevan campañas de sensibilización en la zona, donde se resalte la importancia de la conservación de los cuerpos de agua, como recursos indispensables para el desarrollo integral de la vida.

El P3, vereda la Palma, es el que presenta calidad de agua dudosa, lo cual es motivo suficiente para ejercer mecanismos correctivos en los factores que propician estas condiciones, tales como la puesta en marcha de una PTAR en el corregimiento de Bruselas, disminuyendo de esta manera la carga contaminante vertida al cuerpo de agua.

Bibliografía

Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional – USAID (2015). *Ruta de cambio de Pitalito 2030: Consciente y comprometido con el cambio climático*. Recuperado de <http://www.alcaldiapitalito.gov.co/publicaciones/Ruta-Cambio-Pitalito.pdf>

Alcaldía de Pitalito - Huila. (17 de Mayo de 2017). Nuestro Municipio. Recuperado el 25 del 02 de 2019, de Información general: http://www.pitalitohuila.gov.co/informacion_general.shtml
Alcaldía de Pitalito. (2015).

Alcaldía de Pitalito. (2015). *Ruta de cambio de Pitalito 2030 Consciente y comprometido con el cambio climático*. Recuperado el 08 de 03 de 2018, de <http://www.alcaldiapitalito.gov.co/publicaciones/Ruta-Cambio-Pitalito.pdf>

Alvarez, L. (2005). metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. *Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*. Disponible en <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/31357>

Arango, M. C., Álvarez, L. F., Arango, G. A., Torres, O. E., & Monsalve, A. d. (2008). Calidad del agua de las quebradas la Cristalina y Risaralda, San Luis, Antioquia. *EIA* , 121-141.

Baddi, Z., Garza, C., & Landero, F. (2005). Los indicadores biológicos en evaluación de la contaminación por agroquímicos en ecosistemas acuáticos asociados. *Cultura Científica y Tecnológica*, 2(6), 4-20.

Carrera Reyes, C., & Fierro Peralbo, K. (2001). *Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*. Quito: Eco-ciencia. Disponible en <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201300087851>

Carrera, R; Karol F. P. (2001). *Manual de Monitoreo para Los macroinvertebrados acuáticos*. Universidad de Antioquia. Ecociencia, Quito – Ecuador. Editorial Otto Zambrano Mendoza.

Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena – CAM. (2012). *Áreas protegidas del Huila: Hacia la conservación del patrimonio natural*. Neiva, Colombia: EXPRECARDS S.A.S.

Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena – CAM. (Ed). (2009). *Corredor biológico Guacharos – Puracé: Proceso participativo para la conservación del Macizo Colombiano*. Neiva, Huila: Editorial Panamericana Formas e Impresiones

Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena –CAM & Sistema departamental de áreas protegidas SIDAP-HUILA. (2010). *Actualización e implementación plan de manejo ambiental parque natural regional corredor biológico Guacharos – Puracé*.

EMPITALITO. (2018). *Fuente de captación*. Disponible en <http://www.empitalito.gov.co/component/content/article/2-uncategorised/20-fuentede-captacion>

Hijmans, R., Cameron, S., Parra, J., Jones, P., & Jarvis, A. (12 de 2005). *Superficies climáticas interpoladas de muy alta resolución para áreas terrestres globales*. Recuperado el 28 del 02 de 2018, de Wiley Online Library: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.1276/abstract%3Bjsessionid=0BB0908ADB0240B5F61206648E2C056A.f01t02>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (26 de 10 de 2012). *Climate Variability, Climate Change and Water Resources in Colombia*. Recuperado el 27 del 02 de 2018, de <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n36/n36a12.pdf>

Ladera, R., Rieradevall, M., & Prat, N. (2013). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos: Una herramienta didáctica. *Ikastorratza. e-Revista de Didáctica*, 1-18.

Ladera, R., Rieradevall, M., & Prat, N. (2013). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos: Una herramienta didáctica. *Ikastorratza. e-Revista de Didáctica*, 1-18.

Madera, L. C., Angulo, L. C., Díaz, L. C., & Rojano, R. (2016). *Evaluación de la Calidad del Agua en Algunos Puntos Afluentes del río Cesar (Colombia) utilizando Macroinvertebrados Acuáticos como Bioindicadores de Contaminación*. (Spanish). *Información Tecnológica*, 27(4), 103-110. doi:10.4067/S0718-07642016000400011

Marrugan, A. (2004). *Measuring biological diversity*. India: Blackw Ell Publishing. Recuperado de https://www2.ib.unicamp.br/profs/thomas/NE002_2011/maio10/Magurran%202004%20c2-4.pdf

Pitalito Atlas ambiental y de la biodiversidad. (12 de 2015). Recuperado el 24 del 02 de 2019, de https://issuu.com/atlasambientalpitalito/docs/atlas_amb_y_de_la_bdv_pitalito

PITALITO; (1999). *Plan de Ordenamiento Territorial Pitalito*; Universidad Nacional De Colombia; Facultad De Artes, Oficina De Proyectos.

Roldán Pérez, G. A. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col. Editorial Universidad de Antioquia. Disponible en <https://goo.gl/5UMB9u>

Roldán, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(155), 254-274. <https://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.335>

Ruta de cambio de Pitalito 2030 Consciente y comprometido con el cambio climático. Recuperado el 26 del 02 de 2019, de <http://www.alcaldiapitalito.gov.co/publicaciones/Ruta-Cambio-Pitalito.pdf>

Springer, M. (2010). Biomonitorio acuático. *Revista de biología tropical*, 53-59. Statpoint Technologies, I. (2014). Statgraphics. Obtenido de <http://www.statgraphics.com/>

Anexos

Anexo 1. Caracterización de los puntos de muestreo.

P 1. Parte alta de la vereda el Pencil



Fuente: La investigación

P2. Parte media, vereda la cristalina



Fuente: La investigación

P 3. Parte baja, vereda la Palma



Fuente: La investigación

Anexo 2. Efectos del régimen Hidrológico sobre la Quebrada el Cedro en días de muestreo.

PI. Parte alta, vereda el Pencil



Anexo 3. Fase de campo -colecta de muestras de macroinvertebrados en la Quebrada el Cedro.



Fuente: La investigación

Anexo 4. Fase de laboratorio- caracterización de individuos colectados

Fuente: La investigación

Anexo 5. Macroinvertebrados representativos



Anacroneuria sp.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	PUNTAJEBMWP
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Perlidae	10



Corydalis sp.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	PUNTAJE BMWP
Arthropoda	Insecta	Neuróptera	Corydalidae	6



PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	PUNTAJE BMWP
Arthropoda	Insecta	Hemíptera	Naucoridae	7



Hetaerina sp.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	PUNTAJE BMWP
Arthropoda	Insecta	Odonata	Calopterygidae	7



Amazonalotica sp.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	PUNTAJE BMWP
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	8



Anchytarsus sp.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	PUNTAJE BMWP
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Ptilodactylidae	10



Lachlania sp.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	PUNTAJE BMWP
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Oligoneuriidae	10



Leptonema sp.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	PUNTAJE BMWP
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	7



Polythore sp.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	PUNTAJE BMWP
Arthropoda	Insecta	Odonata	Polythoridae	10



Phylloicus sp.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	PUNTAJE BMWP
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Calamoceratidae	10



Tabanus sp.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	PUNTAJE BMWP
Arthropoda	Insecta	Díptera	Tabanidae	5



Progomphus sp.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	PUNTAJE BMWP
Arthropoda	Insecta	Odonata	Gomphidae	10



Brechmorhoga sp.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	PUNTAJE BMWP
Arthropoda	Insecta	Odonata	Libellulidae	6



Thraulodes sp.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	PUNTAJE BMWP
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	9



Tubifex sp.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	PUNTAJE BMWP
Annelida	Oligochaeta	Haplotaxida	Tubificidae	1

Anexo 6. Individuos por familia

Tabla 14. Porcentaje de individuos por familia

Familias	Cantidad Individuos	Porcentaje
Hydropsychidae	2828	53,85
Perlidae	730	13,90
Leptophlebiidae	348	6,63
Calopterygidae	192	3,66
Ptilodactylidae	185	3,52
Gomphidae	164	3,12
Oligoneuriidae	122	2,32
Leptoceridae	108	2,06
Corydalidae	87	1,66
Tricorythidae	87	1,66
Calamoceratidae	87	1,66
Libellulidae	73	1,39
Polythoridae	61	1,16
Elmidae	48	0,91
Tubificidae	48	0,91
Tabanidae	18	0,34
Psephenidae	14	0,27
Psychodidae	12	0,23
Helicopsychidae	11	0,21
Naucoridae	8	0,15
Philopotamidae	6	0,11
Physidae	5	0,10
Cylicobdellidae	3	0,06
Baetidae	3	0,06
Dryopidae	2	0,04
Dolichopodidae	1	0,02
Cordulegastridae	1	0,02
Total general	5252	100,00

Fuente. La Investigación

Anexo 7. Individuos por orden

Tabla 15. Porcentaje de individuos por orden

Orden	Individuos	Porcentaje
Trichoptera	3040	57,88
Plecoptera	730	13,90
Ephemeroptera	560	10,66
Odonata	491	9,35
Coleoptera	249	4,74
Neuróptera	87	1,66
Haplotaxida	48	0,91
Díptera	31	0,59
Hemíptera	8	0,15
Gastropoda	5	0,10
Hirudiniiformes	3	0,06
Total general	5252	100

Fuente. La Investigación

Anexo 8. Distribución por fecha

Tabla 16. Distribución de familias por fecha en cada punto

P1	Fechas de Muestreo								
Familias	07-may-18	28-may-18	14-jun-18	30-jun-18	18-jul-18	31-jul-18	15-ago-18	28-ago-18	Total general
Hydropsychidae	184	173	233	241	88	106	102	96	1223
Perlidae	55	30	66	41	28	46	23	20	309
Leptophlebiidae	36	18	20	10	50	14	25	13	186
Ptilodactylidae	13	25	14	12	15	22	40	16	157
Oligoneuriidae	4	17	9	6	5	18	16	30	105
Leptoceridae	3	18	9	3	2	24	22	10	91
Corydalidae	17	9	9	14	10	14	3	3	79
Calamoceratidae	2	3	4	8	14	25	18	2	76
Gomphidae	1	6	22	9	2	16	8	4	68
Polythoridae	5	8	10	10	2	11	5	7	58
Elmidae	3	12	12		5	6			38
Calopterygidae	1		10	2	4	3	5	4	29
Tricorythidae	3	2	13	5	2	2			27
Tabanidae	1	2	5	6		2		2	18
Psephenidae	1	2	2		3	1	4		13
Psychodidae					1	11			12
Helicopsychidae	1		1				3	1	6
Libellulidae	1		1					4	6
Naucoridae	1					1	1	2	5
Dryopidae		1	1						2
Cylicobdellidae				1					1
Dolichopodidae			1						1
Total general	332	326	442	368	231	322	275	214	2510

P2	Fechas de Muestreo								
Familias	07-may-18	28-may-18	14-jun-18	30-jun-18	18-jul-18	31-jul-18	15-ago-18	28-ago-18	Total general
Hydropsychidae	142	309	152	122	84	177	206	130	1322
Perlidae	33	96	51	25	25	60	50	28	368
Leptophlebiidae	5	16	22	8	11	55	32		149
Calopterygidae	23	23	12	19	8	8	5	6	104
Gomphidae	14	5	6	4	3	10	11	11	64
Tricorythidae	13		6	10	6	4	7	4	50
Libellulidae	3	9	3	2	2	7	2	2	30
Ptilodactylidae	4		5		2	5	10	2	28
Oligoneuriidae		6			4		3	2	15
Leptoceridae					1	9	3	2	15
Elmidae	1		5	2				2	10
Corydalidae	1	2			4			1	8
Philopotamidae	5							1	6
Helicopsychidae	2			1				2	5
Physidae				1		2	1		4
Tubificidae		2				2			4
Polythoridae					3				3
Calamoceratidae			1					2	3
Cylicobdellidae						1	1		2
Naucoridae		1				1			2
Cordulegastridae			1						1
Psephenidae					1				1
Total general	246	469	264	194	154	341	331	195	2194

P3	Fechas de Muestreo								
Etiquetas de fila	07-may-18	28-may-18	14-jun-18	30-jun-18	18-jul-18	31-jul-18	15-ago-18	28-ago-18	Total general
Hydropsychidae	14	25	41	51	16	38	60	38	283
Calopterygidae	7		5	7	17	8	11	4	59
Perlidae				3	1	46	3		53
Tubificidae	2	2	4	16	1	4	10	5	44
Libellulidae	9	5	6	6	1	3	6	1	37
Gomphidae	6	1			12	8	4	1	32
Leptophlebiidae			3	5			5		13
Tricorythidae							10		10
Calamoceratidae			1	7					8
Baetidae	1							2	3
Leptoceridae			1	1					2
Oligoneuriidae						2			2
Physidae						1			1
Naucoridae				1					1
Psephenidae									
Total general	39	33	61	97	48	110	109	51	548

Fuente. La Investigación.