

Monitoreo a la calidad del agua mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores en el río Guachicos del municipio de Pitalito, Huila.

Proyecto de investigación para optar por el título de Ingeniero Ambiental

Miguel Ángel Núñez Burgos.

Lina Paola Caicedo Bolaños.

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas; Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA

Ingeniería Ambiental

Pitalito, 2021

Monitoreo a la calidad del agua mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores en el río Guachicos del municipio de Pitalito, Huila.

Proyecto de investigación para optar por el título de Ingeniero Ambiental

Miguel Ángel Núñez Burgos.

Lina Paola Caicedo Bolaños.

Directora

Martha Cecilia Vinasco Guzmán

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas; Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA

Ingeniería Ambiental

Pitalito, 2021

Página de Aceptación

Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

Jurado

## **Dedicatoria**

En primera instancia le dedico este logro a Dios, quien me dio la oportunidad de cumplir una meta más en mi vida, a mi madre y padre, por siempre haber estado ahí alentándome y siempre presente en todo mi proceso de formación profesional, a mi hermana y mi prometida, por no haberme permitido desfallecer en este largo pero interesante proceso formativo.

Miguel Ángel Núñez B

En primer lugar, agradezco a Dios por permitirme culminar con éxito este proceso, a mis padres por su apoyo incondicional, mis hermanos por siempre estar presentes en cada uno de los momentos difíciles a lo largo del proceso de formación y a mi amiga Yuleyma que estuvo presente cuando el proceso se tornó difícil mil gracias por cada palabra de aliento y motivación.

Lina Paola Caicedo B

## **Agradecimientos**

Le agradezco primeramente a Dios por haberme dado salud, sabiduría y tranquilidad para poder culminar esta meta de formarme como una mejor persona y un nuevo profesional. Les agradezco a mi madre, padre, hermana y mi prometida por haberme brindado siempre ese espacio de apoyo, consejos y buena disposición y energía para darme ánimos cuando quería desfallecer.

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, a la Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente por haber brindado el mejor conocimiento proveniente de los docentes profesionales en diversidad de áreas. Y finalmente agradezco a la Ingeniera Martha Cecilia Vinasco y la Ingeniera Myrian Sofía Guzmán, por siempre haber brindado una buena disposición de tiempo y apoyo para el desarrollo de este proyecto.

Miguel Ángel Núñez B

Principalmente a Dios por concederme la sabiduría y conocimiento para culminar este proceso de formación profesional y personal.

A la Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA, por el aporte de conocimientos y apoyo de cada uno de sus profesionales a lo largo del proceso académico, a la directora de proyecto de grado la Ing. Martha Cecilia Vinasco y a la Ing. Myrian Sofia Guzmán por su apoyo incondicional para el desarrollo del proyecto de investigación, mil gracias por su asesoría y aporte de conocimientos.

Lina Paola Caicedo B

## Contenido

Resumen.....	15
Abstract .....	16
Planteamiento del problema.....	17
Pregunta de Investigación .....	19
Justificación.....	20
Objetivos .....	22
Objetivo General .....	22
Objetivos Específicos.....	22
Marco Referencial.....	23
Marco teórico .....	23
Mecanismos de conservación de los recursos ambientales.....	23
Causas de pérdida de biodiversidad .....	25
Macroinvertebrados.....	25
Ecosistemas Acuáticos Lóticos .....	27
Indices de BMWP (Biological Monitoring Working Party) .....	28
Análisis de Macroinvertebrados en los cuerpos de Agua .....	30
Macroinvertebrados Acuáticos.....	32
Sistemas de información Geográfica .....	33
Marco Contextual.....	33

Marco Conceptual.....	35
Índice ASPT.....	36
Índice de Simpson o Índice de Dominancia.....	37
Índice de Shannon Weaver.....	38
Índice de Riqueza de Margalef.....	39
Minería Ilegal y sus Efectos Sobre las Comunidades de Macroinvertebrados ....	39
Análisis de Componentes Principales.....	41
Metodología.....	42
Objetivo 1 -Fase 1. Identificar las familias de macro invertebrados bentónicos encontrados en los puntos de muestreo en el río Guachicos.....	42
Objetivo 2 - Fase 2. Identificación de la calidad del agua del río Guachicos con macroinvertebrados.....	44
Trabajo de campo.....	44
Laboratorio.....	45
Metodología para la identificación del índice BMWP/Col.....	46
Objetivo 3 - Fase 3. Análisis comparativo entre investigaciones con macroinvertebrados en la zona de estudio.....	47
Resultados.....	48
Resultados de la Fase 1. Identificar las familias de macro invertebrados bentónicos encontrados en los puntos de muestreo en el río Guachicos.....	48
Resultados de la Fase 2. Identificación de la calidad del agua del rio Guachicos con macroinvertebrados.....	51

Clasificación por sitios de muestreo .....	51
Resultados parte alta vereda El Porvenir. ....	52
Resultados Parte media 1 Vda. Bombonal.....	53
Resultados parte media 2 Puente Guandinosa. ....	55
Resultados parte media baja Vda. La Palma Bocatoma.....	56
Clasificación por orden: .....	58
Clasificación por familia.....	67
Resultados Punto 1 parte alta Vda. El Porvenir .....	67
Resultados parte Media 1 Vda. Bombonal.....	69
Resultados parte media 2 Puente Guandinosa .....	71
Resultados punto 4 parte media baja Vda. La Palma Bocatoma. ....	73
Clasificación por fecha.....	75
Resultados punto 1 parte alta Vda. El Porvenir. ....	75
Resultados punto 2 parte media 1 Vda. Bombonal .....	81
Resultados Colecta punto 3 parte media 2 Puente Guandinosa. ....	85
Resultados Colecta parte media baja Bocatoma, Vda. La Palma .....	89
Resultados Colecta parte baja Vda. Criollos.....	90
Valoración del índice BMWP/Col por punto de muestreo. ....	91
Resultados Fase 3. Comparación de información de investigaciones con macroinvertebrados en la zona de estudio que corresponde al río Guachicos.....	99
Índice de Simpson.....	100

Índice de Shannon – Weaver.....	105
Índice de Margalef .....	110
Análisis de los componentes principales.....	114
Comparación de índices. ....	120
Conclusiones. ....	123
Recomendaciones.....	125
Referencias.....	127
Anexos. ....	134

## Índice de Tablas

Tabla 1: Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col .....	29
Tabla 2: Clases de calidad de agua, valores BMWP/Col, significado y colores para representaciones cartográficas. ....	30
Tabla 3. Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo con el índice BMWP Col y ASPT (modificado de Roldán 2003, en Álvarez 2006) .....	36
Tabla 4. Coordenadas geográficas y altitudes de los puntos de muestreo. ....	48
Tabla 5. Sitio de muestreo parte alta Vda. Porvenir Bruselas.....	52
Tabla 6. Sitio de muestreo parte Media 1 Vda. Bombonal. ....	53
Tabla 7. Sitio de muestreo parte Media 2 Puente Guandinosa. ....	55
Tabla 8. Sitio de muestreo parte Media Baja Vda. La Palma Bocatoma.....	57
Tabla 9. Clasificación por Orden Coleoptera.....	58
Tabla 10. Clasificación por Orden Diptera .....	59
Tabla 11. Clasificación por Orden Ephemeroptera.....	60
Tabla 12. Clasificación por Orden Lepidoptera.....	62
Tabla 13. Clasificación por Orden Neuroptera .....	62
Tabla 14. Clasificación por Orden Odonata.....	63
Tabla 15. Clasificación por Orden Plecóptera .....	65
Tabla 16. Clasificación por Orden Trichoptera.....	66
Tabla 17. Clasificación por familia Parte Alta Vda. El Porvenir.....	67
Tabla 18. Clasificación por familia Parte Media 1 Vda. Bombonal. ....	69

Tabla 19. Clasificación por familia parte media 2 Puente Guandinosa .....	71
Tabla 20. Clasificación por familia parte baja Bocatoma, Vda. La Palma .....	73
Tabla 21. Colecta Parte alta Vda. El Porvenir Mes Septiembre .....	75
Tabla 22. Colecta Parte alta Vda. El Porvenir Mes Octubre.....	76
Tabla 23. Colecta Parte alta Vda. El Porvenir Mes Noviembre.....	78
Tabla 24. Colecta Parte alta Vda. El Porvenir Mes Diciembre.....	79
Tabla 25. Colecta Parte alta Vda. El Porvenir Mes Enero .....	79
Tabla 26. Colecta Parte alta Vda. El Porvenir Mes Febrero. ....	81
Tabla 27. Colecta parte media 1 Vda. Bombonal Mes Septiembre .....	82
Tabla 28. Colecta parte media 1 Vda. Bombonal Mes Octubre.....	82
Tabla 29. Colecta parte media 1 Vda. Bombonal Mes Noviembre .....	83
Tabla 30. Colecta parte media 1 Vda. Bombonal Mes Diciembre.....	83
Tabla 31. Colecta parte media 1 Vda. Bombonal Mes Enero .....	84
Tabla 32. Colecta parte media 1 Vda. Bombonal Mes Febrero .....	85
Tabla 33. Colecta punto 3 parte media 2 Puente Guandinosa Mes Septiembre .....	86
Tabla 34. Colecta punto 3 parte media 2 Puente Guandinosa Mes Octubre.....	86
Tabla 35. Colecta punto 3 parte media 2 Puente Guandinosa Mes Noviembre.....	87
Tabla 36. Colecta punto 3 parte media 2 Puente Guandinosa Mes Diciembre.....	87
Tabla 37. Colecta punto 3 parte media 2 Puente Guandinosa Mes Enero .....	88
Tabla 38. Colecta punto 3 parte media 2 Puente Guandinosa Mes Febrero. ....	88
Tabla 39. Colecta parte media baja Bocatoma, Vda. La Palma, Mes Septiembre.....	89
Tabla 40. Colecta parte media baja Bocatoma, Vda. La Palma, Mes Octubre. ....	89
Tabla 41: Familias de individuos por punto de muestreo. ....	92
Tabla 42: Clasificación de la calidad del agua por punto de monitoreo. ....	94
Tabla 43: Clasificación de la calidad del agua por fecha de monitoreo.....	96

Tabla 44: Valores de interpretación del Índice de Simpson. ....	100
Tabla 45: Datos punto 1 para el cálculo del Índice de Simpson. ....	101
Tabla 46: Datos punto 2 para el cálculo del Índice de Simpson. ....	102
Tabla 47: Datos punto 3 para el cálculo del Índice de Simpson. ....	103
Tabla 48: Datos punto 4 para el cálculo del Índice de Simpson. ....	104
Tabla 49: Datos punto 1 para el cálculo del índice de Shannon - Weaver. ....	106
Tabla 50: Datos punto 2 para el cálculo del índice de Shannon - Weaver. ....	107
Tabla 51: Datos punto 3 para el cálculo del índice de Shannon - Weaver. ....	108
Tabla 52: Datos punto 4 para el cálculo del índice de Shannon - Weaver. ....	109
Tabla 53: Datos punto 1, para el cálculo del Índice de Margalef. ....	111
Tabla 54: Datos punto 2, para el cálculo del Índice de Margalef. ....	112
Tabla 55: Datos punto 3, para el cálculo del Índice de Margalef. ....	113
Tabla 56: Datos punto 4, para el cálculo del Índice de Margalef. ....	114
Tabla 57: Índice BMWP/Col Vs. ASPT Vs. Simpson Vs. Shannon .....	120
Tabla 58. Descripción de los Individuos Representativos .....	134

## Índice de figuras

Figura 1. Colecta de macroinvertebrados utilizando red pantalla.....	45
Figura 2. Ruta y puntos de muestreo de macroinvertebrados, Pitalito, Huila.....	50
Figura 3. Perfil de elevación de los puntos de muestreo.....	51
Figura 4. Porcentaje de Macroinvertebrados por Orden Vda. Porvenir Bruselas.....	52
Figura 5. Porcentaje de macroinvertebrados por Orden vereda Bombonal. ....	54
Figura 6. Porcentaje de Macroinvertebrados por orden Puente Guandinosa.....	55
Figura 7. Porcentaje Macroinvertebrados por orden Vda. La Palma Bocatoma.....	57
Figura 8. Clasificación por punto de muestreo Orden Coleoptera.....	58
Figura 9. Clasificación por Orden Diptera.....	60
Figura 10. Clasificación por Orden Ephemeroptera.....	61
Figura 11. Orden Lepidoptera Pyralidae.....	62
Figura 12. Orden Neuroptera Corydalidae.....	63
Figura 13. Clasificación por Orden Odonata.....	64
Figura 14. Clasificación por Orden Plecóptera.....	65
Figura 15. Clasificación por Orden Trichoptera.....	66
Figura 16. Colecta Punto 1, parte alta Vda. El Porvenir.....	68
Figura 17. Punto 2 parte media 1 Vda. Bombonal.....	70
Figura 18. Colecta punto 3 parte media 2 Puente Guandinosa.....	71
Figura 19. Punto medio 2 puente Guandinosa antes de las adecuaciones hidráulicas	73

Figura 20. Punto medio 2 puente Guandinosa después de las adecuaciones hidráulicas .....	73
Figura 21. Punto 4 parte media baja Vda. La Palma antes de las adecuaciones .....	75
Figura 22. Punto 4 parte media baja Vda. La Palma después de las adecuaciones ....	75
Figura 23. Orden Ephemeroptera Familia Leptophlebiidae.....	76
Figura 24. Orden Trichoptera Familia Hydropsychidae .....	77
Figura 25. Orden Plecóptera Familia Perlidae .....	78
Figura 26. Orden Odonata familia Gomphidae.....	80
Figura 27. Vertimiento de lodos residuales, Vda. Criollos.....	91
Figura 28. Análisis General por familias .....	115
Figura 29. Análisis General por puntos. ....	116
Figura 30. Índices de Simpson o índice de Dominancia.....	117
Figura 31. Índice de Margalef.....	118
Figura 32. Índice de Shannon Weaver. ....	118
Figura 37 Orden Trichoptera – Familia Hydropsychidae .....	134
Figura 38. Orden Neuroptera – Familia Corydalidae.....	134
Figura 39. Familia Plecóptera – Orden Perlidae .....	135
Figura 40. Orden Coleoptera – Familia Elmidae .....	135
Figura 41. Orden Odonata – Familia Gomphidae.....	135
Figura 42. Orden Ephemeroptera – Familia Leptophlebiidae.....	136
Figura 43. Orden Diptera – Familia Blepharoceridae.....	136

## Resumen

El recurso hídrico, es un recurso natural indispensable para la vida de la humanidad y los ecosistemas que habitan en el planeta. El incremento de la tasa poblacional es el principal causante de la contaminación de las fuentes hídricas, ya que crean demanda excesiva del recurso, adicional a ello los procesos de industrialización generan residuos contaminantes que afectan directa e indirectamente al recurso agua causando una serie de impactos negativos en cuanto a equilibrios ecosistémicos.

Por tanto, existe la necesidad de evaluar la calidad de las aguas superficiales y comparar la calidad de las mismas y sus posibles fuentes de contaminación con el fin de formular e implementar alternativas de solución en pro de la preservación de la calidad del recurso hídrico. El presente documento aborda temáticas tales como, caracterización taxonómica de macro invertebrados, índice Biological Monitoring Working Party para Colombia BMWP/Col, índice de Simpson, índice de Shannon Weaver y Margalef, enfocándose en la propuesta del proyecto de investigación para determinar la calidad del agua del río Guachicos en el municipio de Pitalito – Huila, realizando el monitoreo río por medio de los macroinvertebrados que actúan como bioindicadores, esto será complementado con herramientas de sistemas de información geográfica como coordenadas y descripción geográfica de la zona que nos permiten analizar la influencia de los contaminantes sobre el ecosistema fluvial.

**Palabras clave:** Macroinvertebrados, calidad de agua, índice BMWP, bioindicadores, sistemas de información geográfica (SIG)

### **Abstract**

Water is an indispensable natural resource for the life of humanity and the ecosystems that inhabit the planet. The increase in the population rate is the main cause of the contamination of water sources, as it creates excessive demand for the resource. In addition, industrialization processes generate polluting waste that directly and indirectly affect the water resource, causing a series of negative impacts in terms of ecosystemic balances.

Therefore, there is a need to evaluate the quality of surface waters and compare their quality and possible sources of contamination in order to formulate and implement alternative solutions for the preservation of the quality of water resources. This document addresses topics such as taxonomic characterization of macroinvertebrates, BMWP index, Simpson index, Shannon Weaver and Margalef index, focusing on the proposal of the research project to determine the water quality of the Guachicos river in the municipality of Pitalito - Huila, This will be complemented with geographic information systems tools such as coordinates and geographic description of the area that allow us to analyze the influence of pollutants on the river ecosystem.

**Key words:** Macroinvertebrates, water quality, BMWP index, bioindicators, geographic information systems (GIS).

## **Planteamiento del problema**

En la actualidad, el recurso hídrico en el planeta muestra un deterioro en los ecosistemas acuáticos que va en aumento debido a la tasa exponencial poblacional, ya que un alto porcentaje de los desechos humanos de actividades antrópicas llegan a fuentes hídricas. Viendo el crecimiento poblacional de forma desmesurada y la angustia por preservar nuestras fuentes de agua, se radica en la necesidad de salvaguardar y conservar nuestros mares, océanos, ríos y quebradas; para esta oportunidad del Rio Guachicos, fuente hídrica que provee de agua a la comunidad laboyana del municipio de Pitalito – Huila, para suplir la necesidad básica de agua potable de la población urbana y rural.

El rio Guachicos nace en el Macizo Colombiano, en la parte alta de la Vereda El Porvenir, alrededor de los 2400 msnm, entrega un caudal de 1800 litros/segundo, en condiciones atmosféricas normales, gracias a que lo surten las microcuencas como las quebradas el Caney, Aguas Negras, la Maralla y la quebrada el Cedro; esta última como afluente principal. Para la bocatoma de la planta de tratamiento de agua potable – PTAP del municipio de Pitalito, se capta un caudal promedio de 350 L/seg diario anual, generando un promedio total de  $10'990.00 m^3$ /año agua captada (Alcaldía de Pitalito, 2016).

En las riberas de las microcuencas que alimentan el río Guachicos se localizan cultivos extensivos e intensivos de café, la actividad principal del municipio, adicionalmente también se ubican grupos de viviendas que generan residuos incrementando la carga

contaminante a los afluentes del río Guachicos (Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena CAM, 2009).

Basados en la información relacionada en el proyecto del 2018 PIE 19 determinación de la variación de la calidad de agua de los principales afluentes de la cuenca hidrográfica del río Guachicos que surten el acueducto del municipio de Pitalito Huila, se presentan resultados parciales de los trabajos de grado: “Determinación de la calidad del agua mediante la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores del agua de 3 afluentes del río Guachicos Municipio de Pitalito Huila”, (Sánchez & García, 2018); “Caracterización de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua en la quebrada el Cedro del Municipio de Pitalito”, (Martínez & Quiroz, 2019); “Monitoreo de macroinvertebrados en el río Guachicos, usándolos como bioindicadores para determinar la calidad del agua” (Moreno & Lasso, 2019); “Determinación de la Calidad del Agua Mediante la Comunidad de Macroinvertebrados como Bioindicadores de 3 Afluentes Principales en el Río Guachicos Municipio de Pitalito Huila” (Villareal, 2019).

Es por ello que, analizando de los resultados obtenidos en las investigaciones de los 4 proyectos vinculados al PIE, se consideró adicionar un punto de muestreo que estuviera ubicado entre la desembocadura de la quebrada El Cedro y el punto de vertimiento de las aguas servidas del casco urbano de Bruselas, que se encuentra unos metros antes de la bocatoma del acueducto. El punto se determinó durante la salida de reconocimiento de los puntos de muestreo para la presente investigación, dado que se han presentado problemas con vertimientos ilegales.

Uno de los aspectos a tener en cuenta en este nuevo proyecto es el de hacer seguimiento a los resultados de la contaminación en la parte alta Bombonal, dado que en los primeros muestreos se encontraron familias con el índice Biological Monitoring Working Party para Colombia BMWP/Col de 7 a 10 que indican buena calidad de agua, pero en los

últimos muestreos ya se encontraron familias con índice BMWP/Col de 4 a 1, lo que evidencia deterioro en la calidad de agua, de acuerdo a lo definido por Roldán (2012).

### **Pregunta de Investigación**

¿Es posible encontrar diferencias en la calidad de agua del río Guachicos haciendo la comparación entre los indicadores BMWP/Col, el Índice Shannon Wiener, el Índice de diversidad de Simpson e índice de Margalef calculados a través de la utilización de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores?

## **Justificación**

El municipio de Pitalito, localizado en el valle del Magdalena, en medio de la cordillera central y oriental, al sur del departamento del Huila tiene la obligación de dar conocer el estado de la calidad del agua del río Guachicos anualmente a su comunidad laboyana, con el propósito de examinar y comprobar que las actividades antrópicas existentes en la zona no ponen en riesgo eminente la conservación de la fuente hídrica, río Guachicos.

Con base a lo anterior, se cuenta con trabajos de investigación realizados por docentes y estudiantes de los semilleros Rosiyé e Imanay del CCAV Pitalito, en los cuales se propuso responder el interrogante del estado de la calidad del agua en el río Guachicos para cada uno de los diferentes periodos monitoreados, implementado como método de evaluación la presencia de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores para la calidad de agua. Los estudios basados en esta metodología de investigación, otorgan conocimiento del estado real de los ríos y lagos donde se implementa (Roldán Pérez, 2006).

Debido a que existen trabajos de investigación sobre el estado de la calidad del agua del río Guachicos, se pueden de realizar trabajos que confirmen y verifiquen los resultados obtenidos en las investigaciones ya previamente realizadas, para hacer seguimiento a los resultados obtenidos y por lo anterior, éste trabajo tiene como objetivo dar continuidad a proyectos de investigación ya realizados, aumentando el rango de puntos de monitoreo, con el fin de profundizar y ampliar los resultados.

De acuerdo a lo anterior se propuso implementar este tipo de metodologías en el cauce del río Guachicos, el cual es uno de los más importantes recursos hídricos del municipio de Pitalito Huila, esto permitió obtener información relevante sobre la calidad del agua, que en apoyo de herramientas de sistema de información geográfica (SIG) representando el estado del río mencionado de forma detallada, especificando el estado en diferentes puntos del cauce, lo cual sirvió de base para el envío de información a los entes correspondientes como contribución a la conservación o recuperación de los ecosistemas acuáticos.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

- Realizar un monitoreo del río Guachicos para determinar la calidad del agua mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores del agua en el municipio de Pitalito, Huila.

### **Objetivos Específicos**

- Identificar las familias de macro invertebrados bentónicos encontrados en los puntos de muestreo en el río Guachicos
- Determinar el estado de la calidad del agua del Río Guachicos a partir de la caracterización de comunidades de macroinvertebrados.
- Realizar un análisis comparativo de la evolución de los indicadores en la cuenca.

## **Marco Referencial**

### **Marco teórico**

#### **Mecanismos de conservación de los recursos ambientales**

Según Humboldt (2014), Colombia es considerado el segundo país más biodiverso del mundo, abarcando desde culturas, especies, paisajes, ecosistemas y formas de vida, de igual forma aún falta mucho por explorar en el territorio colombiano. Gracias al trabajo realizado el Sistema Nacional de Áreas Protegidas – SINAP en pro de la consolidación de áreas a resguardar, Colombia cuenta con 16.914.618 hectáreas de zonas protegidas.

Para Consejo Nacional de Áreas Protegidas – CONAP (2014), consideran como apoyo natural los aportes que realizan las áreas protegidas, facilitando de forma positiva y proactiva la demanda creciente de los desarrollos de procesos productivos que necesitan de dichos servicios.

En este orden, los beneficios que las áreas protegidas del SINAP que brindan a las comunidades y medio ambiente son de gran amplitud, por ello tanto las opciones para preservar como para promover la ejecución de las alternativas de conservación y prevención deben ser diversas; Asimismo, en aras de dar cumplimiento de los objetivos trazados para la

conservación de áreas protegidas es necesario identificar cada uno de los intereses y puntos de vista de cada uno de los actores que se relacionan con el aprovechamiento de los territorios en protección.

Para la consolidación de los retos que afrontan las áreas protegidas es necesario partir de la información de cada uno de los procesos en los diferentes subsistemas sobre los cuales se han venido consolidado el SINAP, con lo que se pretende es enriquecer la construcción de sistemas representativos ambientalmente completos y que se encuentren efectivamente manejados.

Al igual que en muchas partes del mundo, en Colombia se utiliza el otorgamiento del título de la propiedad privada, incentivando al cuidado y conservación de sistemas acuáticos y terrestres que cumplen con una función social y principalmente ecológica, es por ello que los beneficios que ofrecen dichos ecosistemas, integran las alternativas que son de gran importancia para complementar los esfuerzos que realizan los gobiernos locales y regionales del país. Adicionalmente, la legislación colombiana da mérito merecido a los proyectos sostenibles de producción sustentable, preservación y cuidado de los ecosistemas, generando equilibrio entre desafíos y oportunidades para el sostenimiento de las áreas privadas en el país, estos esfuerzos son reconocidos mediante la figura de Reserva Natural de la Sociedad Civil – RNSC (Consejo Nacional de Áreas Protegidas CONAP, 2014).

Como precedentes de áreas protegidas, en el departamento del Huila se cuenta con la primera reserva privada ecológica llamada Meremberg ubicada en el municipio de La Plata, al suroccidente del departamento; fundada en 1945 por la pareja de alemanes Kohlsdorf, que, durante décadas, sus descendientes lucharon para lograr conservar a mayor medida las áreas naturales de la reserva natural. Dicha perseverancia con el objetivo de preservar la reserva sirvió como base para el establecimiento de muchas más áreas de reserva en el departamento.

Esto llevó a la consolidación de áreas protegidas de carácter público, como lo son la reserva de la macarena, el Parque Nacional Natural Cueva de los Guacharos, un referente de conservación denominado Bioparque Ukumari, entre otros. De esta manera a través del SINAP en Colombia ha alcanzado a consolidar aproximadamente 23.593.500,73 Ha<sup>2</sup> (CONAP, 2014).

### **Causas de pérdida de biodiversidad**

Andrade (2011), sostiene que se han determinado varias causas que afectan e influyen en la pérdida de biodiversidad entre ellas encontramos las Causas directas que están relacionadas con políticas de estímulo a la ocupación y uso del territorio, la intervención de hábitats y ecosistemas naturales, la sobreexplotación del territorio, la deforestación para la ampliación de la frontera agrícola, la provocación de incendios, el evidente cambio climático, la contaminación causada por las diferentes actividades antropicas, la pesca comercial sin control, actividades de minería, la invasión y destrucción de humedales y zonas de páramo, la erosión, los desastres naturales entre otros.

### **Macroinvertebrados**

Actualmente Colombia dispone de 2000 km<sup>3</sup> de agua como esorrentía y para infiltración profunda, de esta se consume aproximadamente 3284 m<sup>3</sup>/s un equivalente a 63072 mm<sup>3</sup> anuales. Por factores condicionantes tales como lo son las poblaciones asentadas a las riveras de las fuentes hídricas y las diferentes actividades productivas ocasionan cambios drásticos en la disponibilidad de oferta hídrica, el notable deterioro de las condiciones biológicas y fisicoquímicas del agua, por tal motivo se ha presentado creciente interés por conocer y determinar el estado de la calidad de los cuerpos de agua y su evolución con el transcurrir del tiempo (Roldán, 2016).

Los diferentes cambios ecológicos que afectan las fuentes hídricas ya sea por actividades antrópicas o fenómenos naturales alteran la estructura de las comunidades bénticas presentes en las corrientes acuáticas. Por ello los diferentes efectos sobre las comunidades bénticas han sido ampliamente estudiados en Europa y EE. UU donde se han utilizado macroinvertebrados los cuales han resultado bastante útiles en el análisis de ecosistemas acuáticos y han contribuido con el desarrollo de planes de manejo de cuencas, ya que estas comunidades se ven particularmente afectadas por los diferentes factores del medio físico (Ibid).

En Colombia los estudios realizados en base a comunidades de macroinvertebrados se han realizado desde los años 70 teniendo como centro de investigación el Rio Medellín en el cual se observaron cambios en las estructuras de las comunidades, el número y tipo de tasa en un tramo determinado poco intervenido. Los macroinvertebrados acuáticos han adquirido una gran importancia para el estudio de la calidad de agua ya que no solo determinan las condiciones ambientales actuales, sino que también revelan resultados de las condiciones en un transcurso de tiempo, entre ellos se encuentran una diversidad de grupos tales como: platelmintos, anélidos, artrópodos y moluscos (Hahn-von Hessberg et al, 2009).

## **Ecosistemas Acuáticos Lóticos**

Según Cartón (2020), los diferentes ecosistemas acuáticos lóticos corresponde a corrientes de agua en única dirección como lo son: los ríos, arroyos, quebradas, manantiales, entre otros, los cuales corresponde solamente al 0.8% de la superficie de la Tierra.

Los ecosistemas lóticos, se caracterizan porque una alta concentración de oxígeno, especialmente en las zonas donde el agua al chocar con las rocas presenta mayor movimiento, de igual forma, estos ecosistemas son considerados de gran importancia, ya que son el hábitat de abundante biodiversidad; tales como peces, mamíferos, macroinvertebrados e insectos de gran importancia para los ecosistemas (Ibid).

Los ríos son corrientes de agua las cuales dependen principalmente de las precipitaciones presentes en las zonas ya que son de suma importancia, debido a que los ecosistemas lóticos son cuerpos de agua superficiales que tienden a evaporarse demasiado rápido en épocas de sequía y adicionalmente utilizados por las poblaciones para usos domésticos y agrícolas, afectado de esta manera la oferta hídrica. El tipo de vegetación acuática presente en los ríos está determinado por la precipitación y temperatura de la cuenca.

Los ríos son un ecosistema cambiante a lo largo de todo su recorrido, es por ello que sus características físicas tales como: la profundidad, el caudal y la pendiente, se encuentran en constante cambio, debido a esto, las comunidades presentan diferencias en cuanto a especies, procesos, características y composición (Moriana, 2020).

Se considera que en el tramo alto de un río, la pendiente es mayor y por lo tanto presenta un caudal mucho menor con poca profundidad, igual que su temperatura ya que

presenta dificultad para que los rayos solares lleguen hasta a la superficie, mientras que en los tramos medios y bajos de la cuenca, presentan características diferentes, donde el caudal aumenta al igual que la profundidad, el ancho y su temperatura y su flora y fauna aún no se ven tan intervenidas ni deterioradas; a diferencia de los tramos más bajos, en donde las condiciones se convierten en precarias para la flora y fauna lótica la cual ya se encuentra altamente afectada por las diferentes actividades antrópicas (Cartón, 2020).

Según Moriana (2020), “una característica importante de los ríos, puesto que determinará las comunidades que se encontrarán en su entorno, es el régimen hidrológico; que engloba toda la variabilidad temporal de la cantidad de agua en el ecosistema del río; cabe también destacar, que el estado de estos ríos repercute directa e indirectamente sobre el ecosistema.”

### **Indices de BMWP (Biological Monitoring Working Party)**

Como expresa Alvarez (2005), el Biological Monitoring Working Party (BMWP) fue creado en el año de 1970 en Inglaterra y se considera un método sencillo y rápido de evaluar calidad de agua, utilizando macroinvertebrados como bioindicadores, para la implementación de dicho índice es necesario analizar hasta nivel de familia, los datos determinados son de carácter cuantitativos determinando de esta manera la presencia y ausencia de especies, permite determinar la calidad de un ecosistema acuático a partir de la evaluación y análisis de los especímenes.

Para el cálculo de dicho índice se le atribuye a cada espécimen un puntaje dependiendo de su tolerancia el cual esta determinado de la siguiente manera: las familias mas resistentes obtienen una menor puntuacion mientras que las familias menos resistentes obtienen una puntuación mayor ya que requieren una mejor calidad de agua para poder subsistir en el medio.

La suma de estos valores por familia en puntos de muestreo determinados dará el grado de contaminación de la fuente hídrica estudiada, en cuanto mayor sea la suma, menor sera el grado de contaminación.

La tabla 1 presenta cada una de las puntuaciones asignadas a las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos que son utilizadas para la determinación del índice BMWP/Col.

**Tabla 1:**

*Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col*

Familias	Puntajes
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, Pseudothelphusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossossomatidae, Hyalellidae, 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:** (Roldán Pérez, 2012)

En la tabla 2 se presentan las clases de calidad de agua estudiada, los valores asignados al índice BMWP/COL los cuales determinan la calidad de la fuente en un punto determinado, el significado por cada uno y el color que lo representa.

**Tabla 2:**

*Clases de calidad de agua, valores BMWP/Col, significado y colores para representaciones cartográficas.*

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

**Fuente:** (Roldán Pérez, 2012).

### **Análisis de Macroinvertebrados en los cuerpos de Agua**

Colombia es considerado uno de los países más ricos en recursos hídricos ubicándose en el séptimo lugar, cuenta con 4 vertientes: Caribe, Pacífico, Orinoco y Amazonas.

Alrededor del 70% de la población se encuentra ubicados en las vertientes del Caribe (rio Cauca y Amazonas) siendo estos dos las fuentes hídricas más representativas del país, a pesar de ello estas dos cuencas hídricas reciben las aguas residuales de aproximadamente 15 millones de personas.

Según Gómez (2014), los macroinvertebrados son considerados organismos bénticos y se dividen en tres tipos: **Neuston**; los cuales incluyen aquellos organismos que habitan sobre la superficie de los ríos. **Necton**; que se caracterizan por nadar libremente en el agua y por últimos están los **Bentos**; que son organismos que habitan en las profundidades de las cuencas ligados a troncos, rocas, restos de materia vegetal y sustratos.

Algunos organismos tales como las familias Trichoptera, plecópetera entre otros consumen materia orgánica no leñosa, mientras que otras familias se caracterizan por ser principalmente filtradores ya que consumen materia orgánica fina y otras familias son considerados depredadores ya que consumen macrófitos y presas animales tales como plecópeteros, Trichoptera y coleópteros,

De acuerdo con Gualdrón Durán (2016), la disponibilidad de oxígeno en los cuerpos de agua resulta un factor fundamental para el desarrollo de las diferentes comunidades de macroinvertebrados, de esta manera el aumento de materia orgánica presente en el medio produce una proliferación de microorganismos encargados de su descomposición así como también resultan contraproducente ya que se genera una reducción de la concentración de oxígeno disuelto y un aumento en la concentración de nutrientes inorgánicos tales como lo son el amonio y el fosfato.

La mayoría de las comunidades de macroinvertebrados resultan sensibles ante la reducción del oxígeno y por ende se ve afectada su abundancia en la fuente, mientras que otras son más tolerantes a los bajos niveles de concentración de oxígeno, representando modificaciones morfológicas que les permiten fijar el oxígeno y obtener la energía en medios anaerobios (Gualdrón Durán, 2016).

Los ecosistemas acuáticos a pesar de ser de vital importancia, han estado padeciendo grandes impactos de diversos factores antrópicos sobre la vegetación ribereña, aspectos que provocan cambios casi irreparables en las cuencas hídricas. Dichos factores que inciden sobre

la calidad del agua de los sistemas lóticos, provocan una serie de cambios como la degradación de la calidad del líquido por aumento en cargas orgánicas y sedimentación, contaminación generada por uso excesivo de agroquímicos (Meza et al, 2012).

### **Macroinvertebrados Acuáticos**

Los macroinvertebrados habitan tanto en aguas loticas tales como: Ríos, Arroyos y Quebradas, así como también en aguas lénticas: lagos, lagunas, ciénagas embalses entre otros (Instituto Humboldt, 2014).

Un hábitat no es un lugar donde vive una especie, es un lugar donde viven varias especies de diferentes taxones y diferentes ciclos biológicos. Es a partir de procesos naturales que se producen las transformaciones taxonómicas, las cuales permiten a las especies evolucionar en sus entornos y producir descendencias, capaces de soportar y de adaptarse a las condiciones nuevas de un ambiente en evolución (García & Vera, 2016).

En los ecosistemas lóticos algunos de los macroinvertebrados viven adheridos a la superficie de rocas y troncos, otros habitan en la vegetación adheridas a las orillas de las fuentes hídricas, otros se sumergen en sustratos arenosos, fangosos o pedregosos. Algunos de estos prefieren las corrientes rápidas mientras que para otros su hábitat está en corrientes lentas y poco profundas.

Es característico que en tramos del cauce del río donde exista mayor variedad de sustratos se encontraran mayor diversidad de especies a diferencia que en tramos que se

consideran uniformes o son más homogéneos la diversidad de especímenes es menor (Instituto Humboldt, 2006).

La fauna acuática presente en los cuerpos de agua es muy diversa según estudios realizados por Guinard, Ríos & Bernal (2013), entre los órdenes más abundantes se tiene: Trichoptera, Ephemeroptera, Díptera, Neuróptera, Odonata, Coleóptera y Plecóptera.

### **Sistemas de información Geográfica**

Según Uribe, Godínez, Becerra & Quiro (2021), este tipo de software está diseñado especialmente para manipular datos de georreferenciación con base a coordenadas espaciales específicas, en las cuencas hídricas son utilizados principalmente para determinar ciertas características como lo son su superficie, pendiente, la red de drenaje etc. Los SIG estudian diversas variables entre ellas: la pérdida de suelos, el transporte de sedimentos y contaminantes, la modelación hídrica para el estudio de áreas de inundación y sequía, etc.

Para el desarrollo del proyecto de investigación se implementó en el levantamiento de elevaciones de la fuente hídrica del Río Guachicos desde el punto más alto ubicado en la vereda el Porvenir hasta el punto más bajo ubicado en la Vereda Criollos.

### **Marco Contextual.**

Según Scarpetta (2009), la cuenca del río Guachicos, nace en la Vereda Porvenir del corregimiento de Bruselas, específicamente en la reserva natural el Berlin, en su recorrido de 45 km, hasta la desembocadura en el río Guarapas, cruza el centro poblado de Bruselas y además recibe el caudal de 172 afluentes, hasta su desembocadura en el río Guarapas. El río Guachicos, al nacer en la reserva el Berlin se convierte en un afluente importante del río Magdalena debido a que hace parte del macizo Colombiano donde se encuentran especies de gran importancia tales como la danta de montaña, el oso andino y el mono choruco.

Este río abastece gran porcentaje de la comunidad del municipio así como también surte el acueducto del municipio de Pitalito, al igual que a 40 veredas correspondientes al corregimiento de Bruselas y Criollo, como también los minidistritos de riego en las veredas San Francisco y Cabeceras, Holanda y el Limón.

En la actualidad existen asentamientos en las riveras de la fuente hídrica desde su nacimiento hasta su desembocadura en el corregimiento de Criollos, esto ha llevado a que la oferta hídrica de la fuente se vea ampliamente afectada debido a la expansión de la frontera agrícola. Es de gran importancia que se ejecuten planes de conservación de dicha cuenca ya que esta desemboca en el río Guarapas que es considerado de gran relevancia y distinción mundial al pertenecer a la reserva de la biosfera del cinturón andino declarado por la UNESCO en 1979, lo cual lo convierte en prioridad de conservación por la diversidad de fauna y flora que habitan en su área de influencia, sin embargo y a pesar de que se han realizado grandes esfuerzos para su conservación es de conocimiento que el municipio de Pitalito basa su economía en el cultivo y producción de café, ocupando cerca del 50% de su territorio con esta práctica.

Según Silva, Medina, Hamner, & Rojas (2015), Pitalito es considerado el municipio número uno en producción de café de alta calidad, con aproximadamente 13,700 fincas cafeteras, 20.000 hectáreas de café y más de 10.800 familias cafeteras, Bruselas, el

corregimiento mas grande de Colombia con aproximadamente 30,000 habitantes, se convierte en el mayor productor de café de alta calidad del país, según la CAM (Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena CAM, 2009) en el plan de manejo y ordenamiento de cuencas hídricas, lo que conlleva a que la demanda del recurso hídrico y por ende las cargas contaminantes que son arrojadas a la fuente sean en gran proporción, principalmente en épocas de cosecha en los meses de junio, julio, octubre, noviembre y diciembre y no es solamente la contaminación por las aguas residuales provenientes del beneficio del café las que afectan la calidad de la fuente hídrica sino también la inexistencia de pozos sépticos, las precarias redes de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales provenientes de corregimiento de Bruselas con los que están afectado el estado de la fuente hídrica, sin contar con el mal manejo de los residuos sólidos en las riveras de la fuente hídrica.

### **Marco Conceptual.**

El objetivo de cada uno de los muestreos en los diferentes puntos del cauce es recolectar el mayor número de especies de macroinvertebrados posibles, por ello es preciso determinar cuidadosamente los hábitats en los que se va a coleccionar las muestras, identificando el sustrato presente en el punto de muestreo tales como lo son: piedras, troncos, restos de vegetación, lodo presente en el lecho de la fuente.

Para aguas poco profundas la red pantalla es la ideal ya que con ella se obtienen diversidad de especímenes en estas áreas de la fuente. Para las zonas profundas de la fuente se debe realizar a un metro de las orillas removiendo el lecho de la fuente en contra corriente.

En zonas de poca corriente se deben recoger las piedras, vegetación, hojas y ramas presentes en el punto de muestreo.

Según Roldán Pérez (2016), la técnica de recolección que se utilizó en campo fue la de red pantalla en la cual se posiciona la red contra corriente y se procede a realizar la remoción del sustrato del río con el fin de coleccionar la mayor cantidad de biodiversidad posible en puntos de muestreos determinados.

### **Índice ASPT**

Según Arango, Álvarez, Arango, Torres, & Monsalve (2008), el índice ASPT (puntuación promedio por taxa), es un valioso índice que se utiliza para evaluar la calidad del agua, específicamente cuando existe una alta biodiversidad en las fuentes hídricas, sus valores se encuentran en un rango de 0 a 10 y se correlacionan en 5 grados de contaminación y 5 colores como se relaciona en la **Tabla 3**, este índice se calcula dividiendo los resultados del índice BMWP por el número de taxones de las muestras, arrojando como resultado el porcentaje o promedio de índice de calidad de agua que tiene una familia en un sitio determinado. Para Colombia aún no se han establecido un límite en los valores obtenidos al realizar el cálculo del índice ASPT y la biodiversidad de las diferentes calidades de agua. Un valor mínimo en el índice ASPT se relaciona con graves condiciones de contaminación en puntos determinados.

### **Tabla 3.**

*Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo con el índice BMWP Col y ASPT (modificado de Roldán 2003, en Álvarez 2006)*

Clase	Calidad	Valor del BMWP	Valor del ASPT	Significado	Color
I	Buena	>150 101– 120	>9 – 10 >8 – 9	Aguas muy limpias Aguas no contaminadas	Azul
II	Aceptable	61 – 100	>6,5 – 8	Ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación	Verde
III	Dudosas	36 – 60	>4,5 – 6,5	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Critica	16 – 35	>3 – 4,5	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy Critica	<15	1 – 3	Aguas fuertemente contaminadas, situación critica	Rojo

**Fuente:** *Calidad del Agua de las Quebradas la Cristalina y la Risaralda, San Luis, Antioquia* (Arango, Álvarez, Arango, Torres, & Monsalve, 2008)

### Índice de Simpson o Índice de Dominancia

Según López, López, & Espinoza (2017), es un índice que indica dominancia de especies más que diversidad, esta determina la probabilidad que al escoger dos individuos de una muestra al azar estos resulten perteneciendo a la misma especie, los valores están comprendidos entre 0 y 1; de la siguiente manera cuando el resultado es 0 hay menor dominancia y mayor biodiversidad y cuando el resultado es 1 existe una mayor dominancia y menor biodiversidad.

De esta manera se parte de la base que un ecosistema es más diverso cuando existe menos dominancia de especies que hay y la distribución es más equitativa.

Se calcula mediante el uso de la **Ecuación 1**.

**Ecuación 1.** *Índice de Simpson o Índice de Dominancia*

$$D = \frac{\sum_i^S ni(ni - 1)}{N(N - 1)}$$

Donde

S= número de especies.

N= número total de organismos presentes

Ni= número de individuos por especie.

Vásquez (2018)

### Índice de Shannon Weaver

El índice de Shannon Weaver (Pla, 2006) es uno de los índices más utilizados para cuantificar biodiversidad, este índice se deriva de la teoría de la información, refleja la heterogeneidad de una comunidad relacionando dos factores; el primero relacionando el número de especies presentes y el segundo la abundancia relativa de los individuos en un sitio determinado.

Se calcula mediante el uso de la **Ecuación 2**.

**Ecuación 2.** *Índice de Shannon Weaver*

$$H' = \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Donde:

H' = índice de biodiversidad

Ni = número de individuos por especie.

N= número total de individuos

Log N= logaritmo natural

S= número de especies

(Pla, 2006)

### **Índice de Riqueza de Margalef**

Según Donjuán, Vargas, Osorio, & Castro Rojas (2017), este índice es por medio del cual se estima la riqueza específica de especies en un sitio determinado, se considera que cuando el índice da como resultado valores menores a 2 existe una baja riqueza de especies en la zona, al contrario de los valores cercanos a o superiores a 5 denotan una gran riqueza de especies en los puntos caracterizados.

Se calcula mediante el uso de la Ecuación 3.

*Ecuación 3. Índice de Margalef*

$$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln(N)}$$

Donde:

S = número de especies.

N = número total de individuo.

### **Minería Ilegal y sus Efectos Sobre las Comunidades de Macroinvertebrados**

De acuerdo con Vásquez (2018) Colombia cuenta con un sin número de riquezas tanto en biodiversidad como en minerales preciosos, lo que ha ocasionado el crecimiento significativo de estas actividades ya que a medida que aumenta el precio en mercados internacionales se hace más llamativo para el comercio.

Estas actividades cuando se realizan de manera ilegal en las fuentes hídricas pueden generar grandes impactos sobre las poblaciones y la biodiversidad presentes en los ecosistemas acuáticos por las largas exposiciones en tiempos prolongados.

Estas actividades han incrementado el deterioro de los ecosistemas afectando de forma directa la biodiversidad de especies como la calidad de agua, es por ello que en las últimas décadas que ha implementado el desarrollo de índices boticos los cuales tiene como finalidad valorar cuales son los efectos de estas actividades sobre los ecosistemas acuáticos y las cuencas hídricas mediante la implementación de macroinvertebrados bentónicos.

Considerados como bioindicadores de la calidad de agua, estos ocupan un hábitat con ciertas condiciones ambientales que les permiten subsistir en el medio, es por ello que cambios en estas condiciones se reflejarán de forma directa sobre las comunidades de macroinvertebrados, ya que estas comunidades responden más rápido a los cambios ambientales que otros bioindicadores.

Como expone Vásquez (2018), la realización de actividades mineras en las cuencas hídricas genera contaminación, alteración de sus ecosistemas, destrucción de hábitat de un sin número de especies endémicas, causa degradación del cauce de las cuencas debido al uso inadecuado de elementos químicos como lo son el mercurio y el plomo. Sin duda las comunidades que más se ven afectadas por estas actividades son las comunidades de macroinvertebrados ya que con esta actividad se altera su hábitat y aunque estos son tolerantes a distintas perturbaciones, cuando se presenta contaminación por actividades

antrópicas, se presenta una alteración en la red trófica las cuales conforman la cadena alimenticia de estos individuos causando que algunas desaparezcan o sean reemplazadas por otras más tolerantes a la contaminación y en algunos casos se presenta una reducción drástica en la biodiversidad de especies.

### **Análisis de Componentes Principales.**

De acuerdo con Pérez, Ibañez, & Rosas Acevedo (2015), este tipo de análisis permite una reducción de variables, sintetiza la dimensión de un conjunto de datos de tal forma que si existen muchas variables se reducen a un menor número perdiendo la menor cantidad de información posible, esta técnica es de utilidad para determinar la variabilidad de un conjunto de datos y poder organizarlos dependiendo de su importancia con la finalidad de identificar las interrelaciones existentes entre las variables que definen el grado de contaminación de la fuente.

### **Metodología.**

La metodología propuesta por Roldán Pérez (2016) e implementada por Sánchez Molano & García (2018) en el proyecto de investigación titulado “Determinación de la calidad del agua mediante la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores del agua en el río Guachicos municipio de Pitalito, Huila”, se replica complementando con herramientas de SIG, con el fin de representar de forma más completa los resultados obtenidos y que en base a estas herramientas se permita obtener más información relevante para los temas de interés.

Se realizará un muestreo cualitativo con la red Pantalla, compuesta por un marco de madera o metálico en forma de “H” y una red, que en conjunto permiten capturar variedad de macroinvertebrados que posteriormente serán preservados y rotulados en recipientes con abundante alcohol, preferiblemente al 95% procurando que los individuos queden totalmente empapados, o con solución de formol al 40%.

La metodología implementada fue la propuesta por Roldán en los años noventa y se realiza en ríos de poca profundidad, en alrededor de 30 a 45 cm de profundidad, con corrientes bajas y fondo de piedras pequeñas, donde se evalúa un área aproximada de 0,09 m<sup>2</sup> (Roldán Pérez, 2012).

**Objetivo 1 -Fase 1. Identificar las familias de macro invertebrados bentónicos encontrados en los puntos de muestreo en el río Guachicos**

Para el presente estudio se define realizar monitoreos en cinco puntos estrategicos a lo largo de los 45 km del recorrido río Guachicos, los puntos seran ubicados de la siguiente manera; uno en la parte alta de la Vereda el Porvenir, el segundo punto se ubica en la parte media de la Vereda Bombonal, el tercero se ubica cerca del casco urbano del corregimiento de Bruselas en el puente que comunica a la vereda la Guandinosa, el cuarto punto se ubica en la bocatoma del municipio de Pitalito y finalmente un punto ubicado en la parte baja cerca de la desembocadura, especificamente en el corregimiento de Criollo. La toma de muestras se planea realizar en el periodo comprendido entre Septiembre del 2020 y Febrero del 2021, para un total de diez (10) monitoreos.

Cada punto de monitoreo fue elegido de manera estrategica por su representatividad en la fuente hídrica esto debido ya sea a los vertimientos presentes en el punto y la cercania con asentamientos humanos que generan focos de contaminación

Según Reyes & Fierro (2001), para la identificación de los puntos de monitoreo en la fuente hídrica del Rio Guachicos se tuvo en cuenta que sean puntos que permitan obtener su ubicación exacta esto con la finalidad que sirvan de referencia para muestreos futuros, de igual forma para obtener dicha ubicación se utilizó el Sistema de Posicionamiento Satelital (GPS), el cual proporcionó las coordenadas exactas por punto de monitoreo.

Se realizarán dos monitoreos por mes en los 5 puntos establecidos. Los muestreos se realizaron aguas arriba y aguas abajo en cada punto, tomando como referencia un vertimiento presente, un puente o una roca. Esto con la finalidad de identificar la calidad del recurso hídrico, identificar si las descargas liquidas de las actividades agrícolas influyen sobre la biodiversidad de especies en la fuente hídrica receptora.

Es importante que cada punto de monitoreo sea seguro y de fácil acceso, se deben evitar zonas turbulentas en la fuente. Se determinaron puntos regulares, accesibles y donde la

profundidad fuera uniforme, con la finalidad de obtener el mayor número biodiversidad en especies.

## **Objetivo 2 - Fase 2. Identificación de la calidad del agua del río Guachicos con macroinvertebrados**

### **Trabajo de campo**

Los elementos planeados a utilizar en campo durante los muestreos son los siguientes: Red Pantalla para lograr la captura de individuos, para la eliminación de sedimentos, o físicamente realizando barridas con los pies, recipientes para depositar los individuos, alcohol, cámara fotográfica, geoposicionador gps, bolsas plásticas, guantes de latex, lupa, pinzas de disección de punta fina o en su defecto geringas de insulina; cinta de enmascarar para el rotulado, botas de caucho, marcador permanente y kit de primeros auxilios.

Según Ministerio de Medio Ambiente (2014), para realizar la colecta de macroinvertebrados se utilizó una red pantalla de aproximadamente  $1 m^2$  y con un ojo de malla de  $500 \mu m$ , esta red se encuentra sujeta por dos mangos de madera. Una persona se posiciona en contra corriente de la fuente hídrica con la finalidad de remover el sustrato del lecho del cauce mientras que la otra persona sujeta la red, esto permitirá que el sustrato removido se acumule en la red y por ende las larvas queden atrapadas en la misma, como se observa en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

**Figura 1.**

*Colecta de macroinvertebrados utilizando red pantalla*



**Fuente:** *La investigación*

De acuerdo a Roldán Pérez (2012) este procedimiento se realiza en cada uno de los puntos de monitoreo de la fuente hídrica, realizando en total 10 colectas en un tramo de aproximadamente 100 m, las larvas se colectan con pinzas y se depositan en frascos previamente rotulados los cuales contienen etanol al 95% y se procura que todas las larvas colectadas queden totalmente empapadas del mismo. Estas se llevan a conservación en una nevera de icopor hasta que sean debidamente identificadas.

## **Laboratorio**

Como plantea Roldán Pérez (2012) Para la caracterización taxonómica de los individuos se identificaron familia y genero/especie, se realizó mediante la utilización de la guía para el estudio de macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia.

Para determinar las características de cada macroinvertebrado se realiza en las instalaciones del laboratorio de la Institución Educativa José Eustasio Rivera del corregimiento de Bruselas, se utiliza el estereoscópico binocular, ubicando las muestras en cajas de Petri con buena iluminación y con ayuda de las pinzas punta fina se procede a realizar la separación de los individuos de los sustratos (hojas, palos), teniendo en cuenta los puntos de donde fueron extraídos, se tuvieron en cuenta características tales como: forma de la cabeza, número de colas, forma de las patas, tipos y forma de las alas.

Luego de identificar cada individuo se realizó el registro determinando su familia, género y la cantidad que fue encontrada de acuerdo con el punto de monitoreo en el cual fueron extraídos. Los individuos más representativos que fueron colectados durante el desarrollo de la investigación se encuentran en el Anexo 1.

### **Metodología para la identificación del índice BMWP/Col**

De acuerdo con Roldán Pérez (2016), se utiliza las comunidades de macroinvertebrados como bioindicadores para determinar la calidad de agua de 5 puntos de monitoreo en la fuente hídrica del río Guachicos utilizando el índice BMWP/Col Roldan, 2016, con el cual se analizan datos cuantitativos en torno a la presencia o ausencia de familias en los puntos estudiados. El puntaje asignado es de 1 a 10. Donde 1 es asignado a las familias más tolerantes a la contaminación y 10 las familias más sensibles y las cuales requieren mejor calidad de agua para sobrevivir, la suma de los puntajes obtenidos en cada punto de todas las familias provee el puntaje total del índice BMWP/Col.

**Objetivo 3 - Fase 3. Análisis comparativo entre investigaciones con macroinvertebrados en la zona de estudio.**

Para realizar el análisis comparativo de la investigación se relaciona información secundaria de investigaciones realizadas sobre la fuente hídrica del río Guachicos.

Posterior a ello se presenta un análisis estadístico sobre investigaciones realizadas sobre la cuenca del río Guachicos.

Y finalmente se realiza la comparación de los datos arrojados mediante el cálculo del índice BMWP/Col (Roldan, 2016), plasmados en investigaciones anteriores sobre la cuenca hídrica del río Guachicos.

## Resultados.

### Resultados de la Fase 1. Identificar las familias de macro invertebrados bentónicos encontrados en los puntos de muestreo en el río Guachicos

En cumplimiento del primer objetivo y a partir de la revisión de los resultados de los trabajos de grado realizados en torno al tema de estudio, se seleccionaron 5 (cinco) puntos de muestreo en base a su ubicación geográfica estratégica para poder determinar el aumento o deterioro de la calidad del agua del río Guachicos.

Los puntos están seccionados de la siguiente forma: **Punto 1**, parte alta – Vda. El Porvenir; **Punto 2**, parte media 1 – Vda. El Bombonal; **Punto 3**, parte media 2 – Puente Guandinosa; **Punto 4**, parte media baja – Bocatoma Vda. La Palma y **punto 5**, parte baja – Vda. Criollos.

Las coordenadas geográficas de los puntos seleccionados se relacionan en la Tabla 4.

**Tabla 4.**

*Coordenadas geográficas y altitudes de los puntos de muestreo.*

Punto	Coordenadas		Altura:
	Norte:	Oeste:	
<b>Punto 1: Porvenir</b>	1°44'1.2''	076°13.59'1''	1.756 msnm
<b>Punto 2: Bombonal</b>	1°45'57''	076°12'18.9''	1.575 msnm

<b>Punto 3: Puente Guandinosa</b>	1°46'40.8''	076°10'39.9''	1.464 msnm
<b>Punto 4: Bocatoma</b>	1°47'23.5''	076°09'16.9''	1.410 msnm
<b>Punto 5: Criollo</b>	1°51'53.2''	076°07'46.5''	1.226 msnm

**Fuente:** *Elaboración propia en base a los datos obtenidos en el GPS.*

El punto 1 está ubicado en la parte alta de la vereda El Porvenir, este es el punto más cercano al nacimiento de la fuente hídrica.

El punto 2 está ubicado aguas abajo en la vereda El Bombonal, en este punto se refleja como las actividades agrícolas que prevalecen en la zona empiezan a incidir en la calidad del agua de la cuenca.

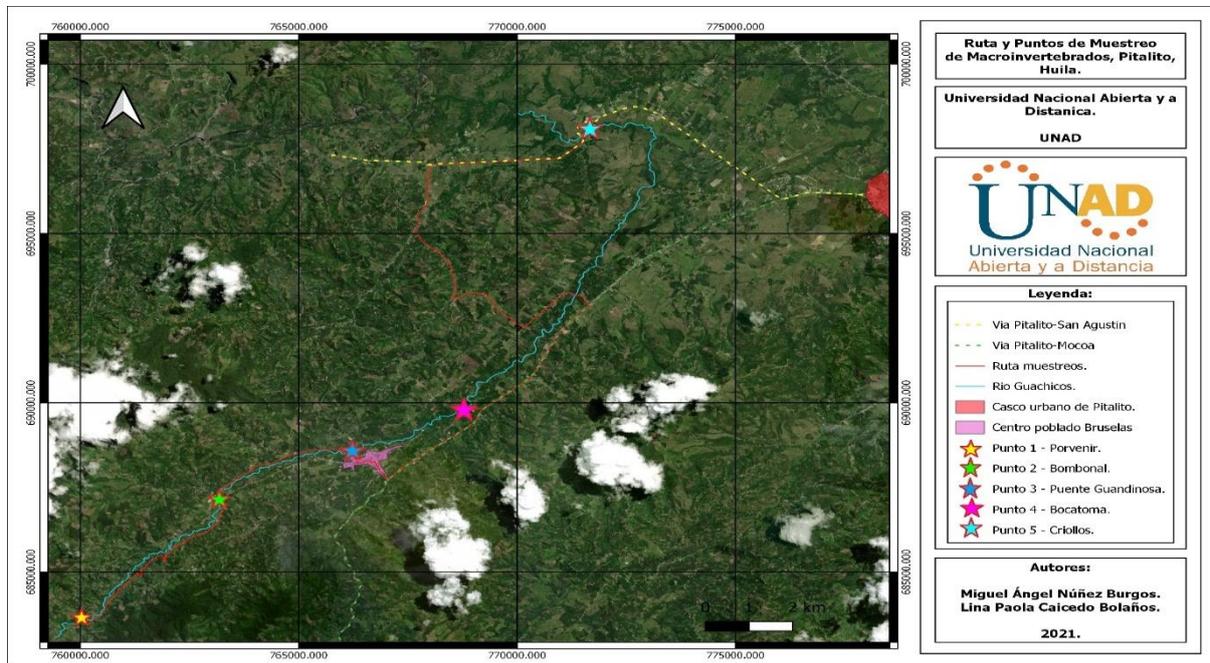
El punto 3 se encuentra ubicado en el puente que conduce a la vereda Guandinosa y la Vereda la Hacienda respectivamente, en este punto el grado de contaminación es mayor, es el punto más cercano al casco urbano del Corregimiento de Bruselas, además de ello es importante mencionar que en este punto se realizó una adecuación hidráulica a la fuente en el mes de diciembre debido a las fuertes lluvias que se presentan en la zona las cuales ocasionaban inundaciones del área de influencia.

El punto 4 se encuentra localizado cerca de la bocatoma del municipio de Pitalito Huila, específicamente en la vereda La Palma, este punto es el punto considerado como crítico por su alto grado de contaminación por vertimiento de aguas residuales domésticas provenientes del Corregimiento de Bruselas, además de ello en este punto se encuentra un criadero o galpón con pollos de engorde que igualmente vierte sus aguas a la fuente hídrica. En este punto en particular en el mes de octubre del año 2020 se presentó una creciente súbita de la quebrada El Cedro producto de las fuertes lluvias en la parte alta de su nacimiento lo que ocasionó una palizada la cual ocasionó graves afectaciones a la bocatoma y por este

motivo se decidió por parte de las entidades encargadas realizar una adecuación hidráulica a este tramo alterando de forma significativa el lecho de la fuente y por ende el ecosistema de macroinvertebrados.

El punto 5 es el último punto de muestreo y se encuentra en la vereda Criollos este punto al igual que el punto 4, es considerado punto crítico. En este punto la fuente hídrica ya ha recibido todas las cargas contaminantes de afluentes secundarias, además de los vertimientos de aguas residuales domésticas, vertimiento de residuos sólidos, agroquímicos utilizados para las actividades agrícolas y finalmente se vierten lodos producto de actividades mineras (refinación de material) por lo cual en este punto no se encontraron macroinvertebrados.

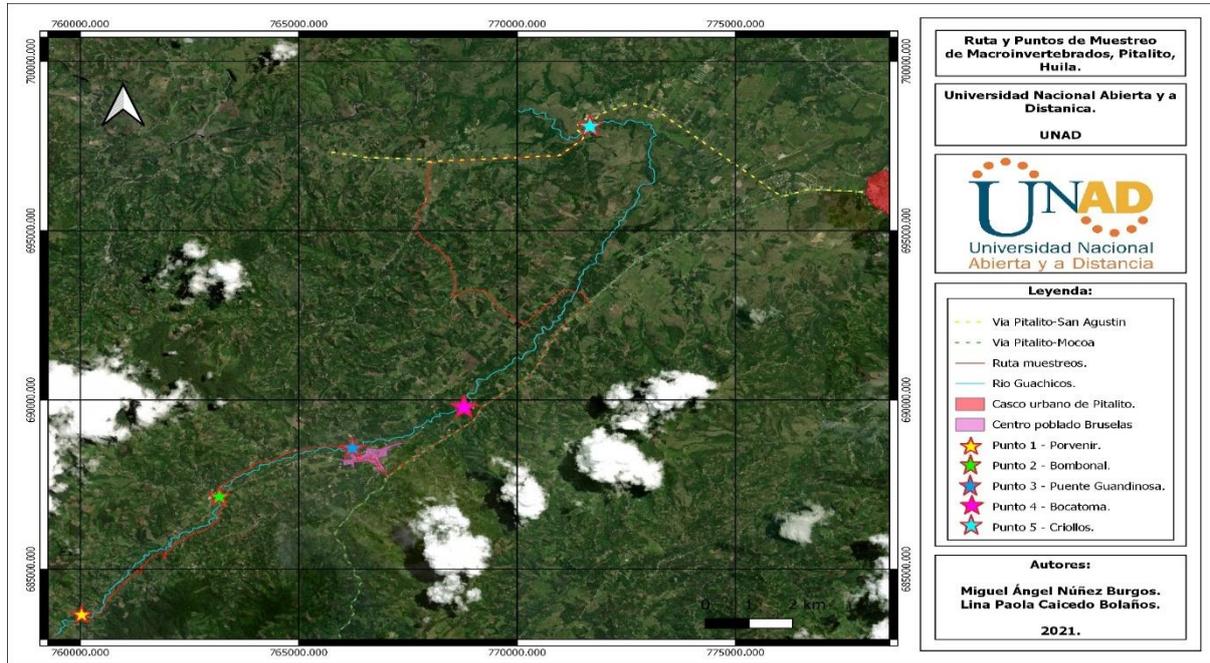
Mediante el uso de la herramienta de sistema de información geográfica QGis se realizó el levantamiento de la



determinando los puntos de muestreo seleccionado.

**Figura 2.**

*Ruta y puntos de muestreo de macroinvertebrados, Pitalito, Huila*

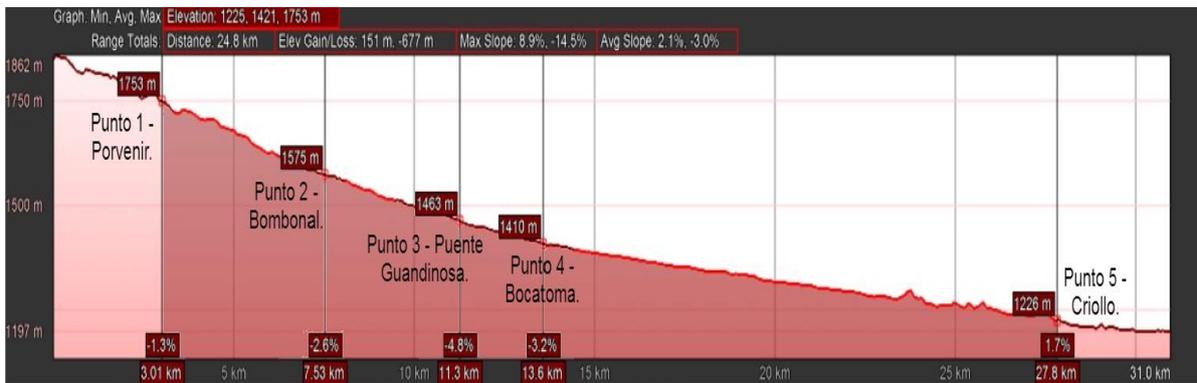


**Fuente:** *Elaboración propia por medio de software QGIS.*

En la se ilustran las elevaciones por cada uno de los puntos desde la parte alta ubicado en la vereda El Porvenir hasta su desembocadura en la parte baja ubicada en la vereda Criollos.

**Figura 3.**

*Perfil de elevación de los puntos de muestreo.*



**Fuente:** *Elaboración propia por medio del software Google Earth Pro.*

## Resultados de la Fase 2. Identificación de la calidad del agua del río Guachicos con macroinvertebrados.

### Clasificación por sitios de muestreo

Se identificaron y clasificaron los diferentes ordenes en cada uno de los sitios de muestreo ilustrando su representatividad dependiendo del número de individuos colectados de la siguiente manera.

### Resultados parte alta vereda El Porvenir.

En la parte alta de la fuente hídrica del Río Guachicos se encontraron 2254 especímenes distribuidos en 8 órdenes y 21 familias, cuyos resultados se pueden apreciar en la **Tabla 5**.

**Tabla 5.**

*Sitio de muestreo parte alta Vda. Porvenir Bruselas*

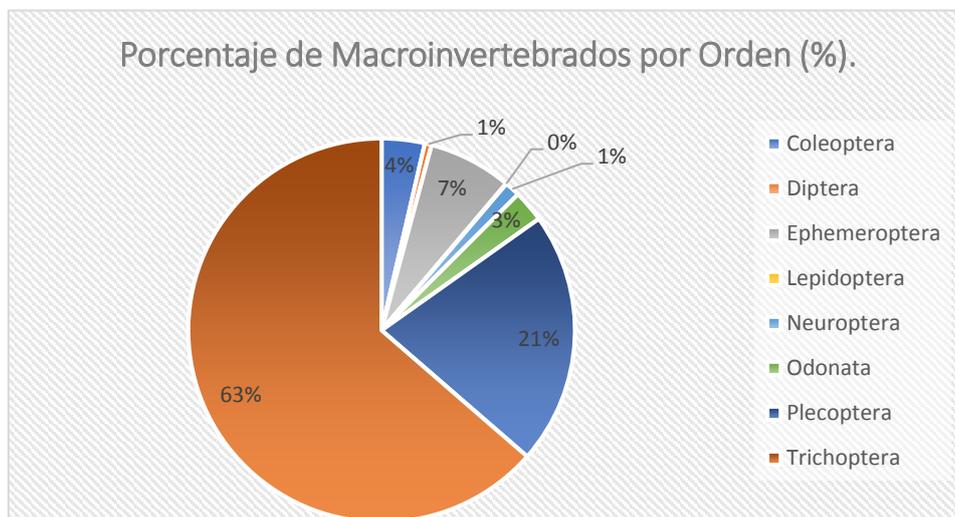
<b>Parte alta Vda. Porvenir (P1)</b>		
<b>Orden</b>	<b>No. de Individuos.</b>	<b>Porcentaje individuos.</b>
<i>Trichoptera</i>	1433	63,60%
<i>Plecóptera</i>	480	21,30%
<i>Ephemeroptera</i>	157	7,00%
<i>Coleoptera</i>	81	3,60%
<i>Odonata</i>	60	2,60%

<i>Neuroptera</i>	29	1,30 %
<i>Diptera</i>	13	0,60%
<i>Lepidoptera</i>	1	0,04%
<b>Total</b>	<b>2254</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: la investigación

**Figura 4.**

*Porcentaje de Macroinvertebrados por Orden Vda. Porvenir Bruselas*



Fuente: la investigación

Siendo el orden *Trichoptera* el más abundante con 1433 individuos representando el 63,60% del total de las muestras, seguido de la orden *Plecóptera* con 480 individuos representando el 21,30%, orden *Ephemeroptera* con 157 individuos y un porcentaje del 7,00%, orden *Coleoptera* con 81 individuos y un porcentaje de 3,60%, y ordenes con representatividad por debajo del 3% encontramos ordenes como *Odonata*, *Neuroptera*, *Diptera* y *Lepidoptera*.

## Resultados Parte media 1 Vda. Bombonal

En el punto 2 ubicado en la vereda Bombonal se encontraron 1236 individuos distribuidos en 8 órdenes y 16 familias, cuyos resultados se pueden apreciar en **Tabla 6**.

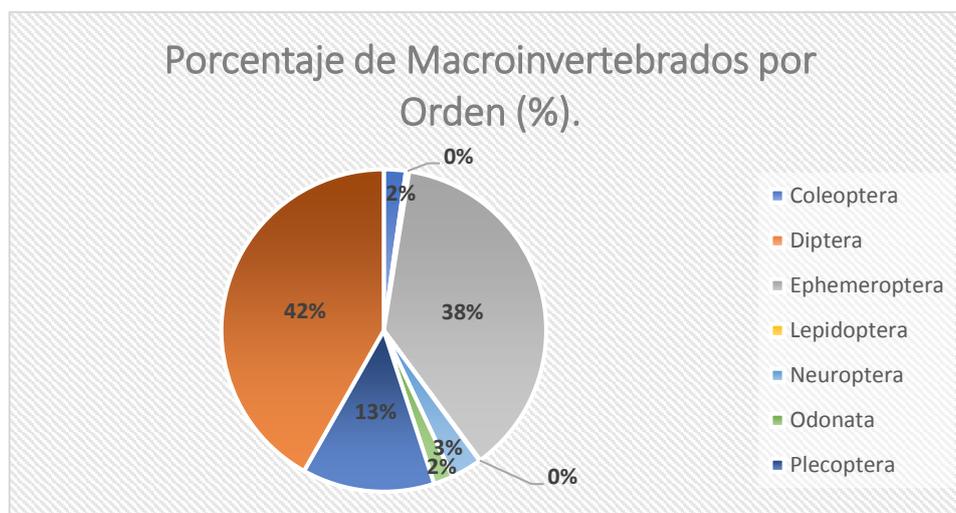
**Tabla 6.**

*Sitio de muestreo parte Media 1 Vda. Bombonal.*

Vda. Bombonal (P2)		
Orden	No. de Individuos.	Porcentaje individuos.
<i>Trichoptera</i>	517	41,80%
<i>Ephemeroptera</i>	462	37,40%
<i>Plecóptera</i>	163	13,20%
<i>Neuroptera</i>	38	3,10%
<i>Coleoptera</i>	27	2,20%
<i>Odonata</i>	24	1,90%
<i>Diptera</i>	4	0,30%
<i>Lepidoptera</i>	1	0,08%
Total	1236	100,00%

Fuente: la investigación

**Figura 5.** Porcentaje de macroinvertebrados por Orden vereda Bombonal.



Fuente: la investigación

Siendo el orden *Trichoptera* el más abundante con 517 individuos representando el 41,80% del total de la mientras, seguido del orden *Ephemeroptera* con 462 individuos y un porcentaje del 37,40%, orden *Plecóptera* con 163 individuos representando el 13,20%, ordenes por debajo de un porcentaje de 4% se encontraron: *Neuroptera*, *Coleoptera*, *Odonata*, *Diptera* y finalmente el orden *Lepidoptera*.

### Resultados parte media 2 Puente Guandinosa.

*En el punto 3 ubicado en el Puente Guandinosa se encontraron 574 individuos distribuidos en 7 órdenes y 12 familias, cuyos resultados se pueden apreciar en*

#### Tabla 7.

#### Tabla 7.

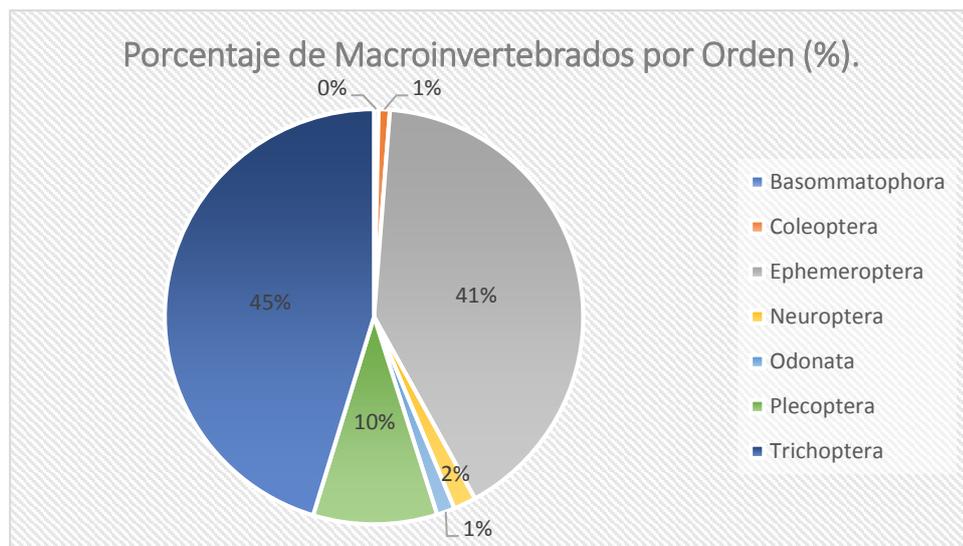
*Sitio de muestreo parte Media 2 Puente Guandinosa.*

Puente Guandinosa (P3)		
Orden	No. de Individuos.	Porcentaje individuos.
<i>Trichoptera</i>	260	45,30%
<i>Ephemeroptera</i>	234	40,76%
<i>Plecóptera</i>	55	9,60%
<i>Neuroptera</i>	10	1,70%
<i>Odonata</i>	8	1,40%
<i>Coleoptera</i>	5	0,87%
<i>Basommatophora</i>	2	0,35%
Total	574	100,00%

Fuente: la investigación

**Figura 6.**

*Porcentaje de Macroinvertebrados por orden Puente Guandinosa*



Fuente: la investigación

El punto 3 ubicado en el puente de la Guandinosa es el punto más cercano al casco urbano del corregimiento de Bruselas, en este punto se encontraron un total de 574 individuos distribuidos en 7 órdenes y 12 familias, siendo la más abundante el orden *Trichoptera* con 260 individuos, representando el 45,30%, seguido del orden *Ephemeroptera* con 234 individuos y un porcentaje de 40,76%, orden *Plecóptera* con 55 individuos y un porcentaje de

9,60%, ordenes tales como; *Neuroptera*, *Coleoptera* y *Basommatophora* representaron porcentajes menores al 2% del total de la colecta.

Cabe mencionar que en este punto se disminuyó el número de individuos ya que se realizó una adecuación hidráulica en la cuenca debido al incremento de precipitaciones en la zona en el mes de diciembre.

### Resultados parte media baja Vda. La Palma Bocatoma

En el punto 4 ubicado en la Vda. La Palma Bocatoma se encontraron 29 individuos distribuidos en 3 órdenes y 3 familias, cuyos resultados se pueden apreciar en **Tabla 8**.

**Tabla 8.**

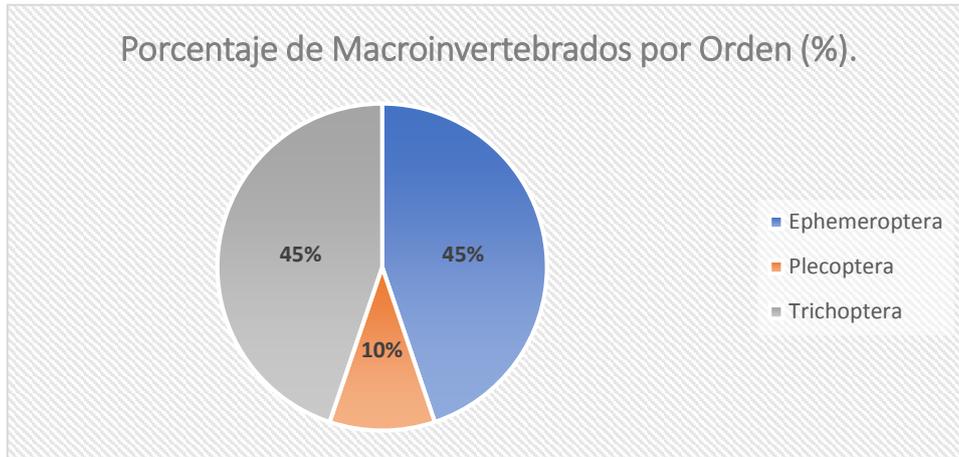
*Sitio de muestreo parte Media Baja Vda. La Palma Bocatoma*

<b>Vda. La Palma - Bocatoma (P4)</b>		
<b>Orden</b>	<b>No. de Individuos.</b>	<b>Porcentaje individuos.</b>
<i>Ephemeroptera</i>	13	45,00%
<i>Trichoptera</i>	13	45,00%
<i>Plecóptera</i>	3	10,00%
Total	29	100,00%

**Fuente:** *la investigación*

**Figura 7.**

*Porcentaje Macroinvertebrados por orden Vda. La Palma Bocatoma.*



**Fuente:** la investigación

El punto 4 ubicado metro arriba de la bocatoma del municipio de Pitalito se colectaron un total de 3 órdenes distribuidos en 3 familias, siendo el orden *Ephemeroptera* el más abundante con 13 individuos y un porcentaje de 45,00%, seguido del orden *Trichoptera* con 13 individuos y un porcentaje de 45,00% y por último la orden plecópfera con 3 individuos y un porcentaje de 10,00%.

En este punto el número de individuos se vio afectado debido a que en el mes de octubre se presentó una creciente por las fuertes precipitaciones en la parte alta de la vereda el Porvenir y de la vereda el Cedro lo que ocasiono que este punto se obstruyera con rocas, arena y palizada, la empresa de servicios públicos de Pitalito opto por realizar la adecuación hidráulica de la cuenca hídrica y esto afecto gravemente el habitat de los macroinvertebrados, además que en este punto aguas arriba se depositan las aguas servidas provenientes del corregimiento de Bruselas.

**Clasificación por orden:**

Se caracterizaron los individuos por orden en cada uno de los puntos de la siguiente manera.

Respecto al orden *Coleoptera*, se colectaron un total de 113 individuos en los puntos establecidos para la investigación, cuyos resultados se pueden apreciar en la **Tabla 9**.

**Tabla 9.**

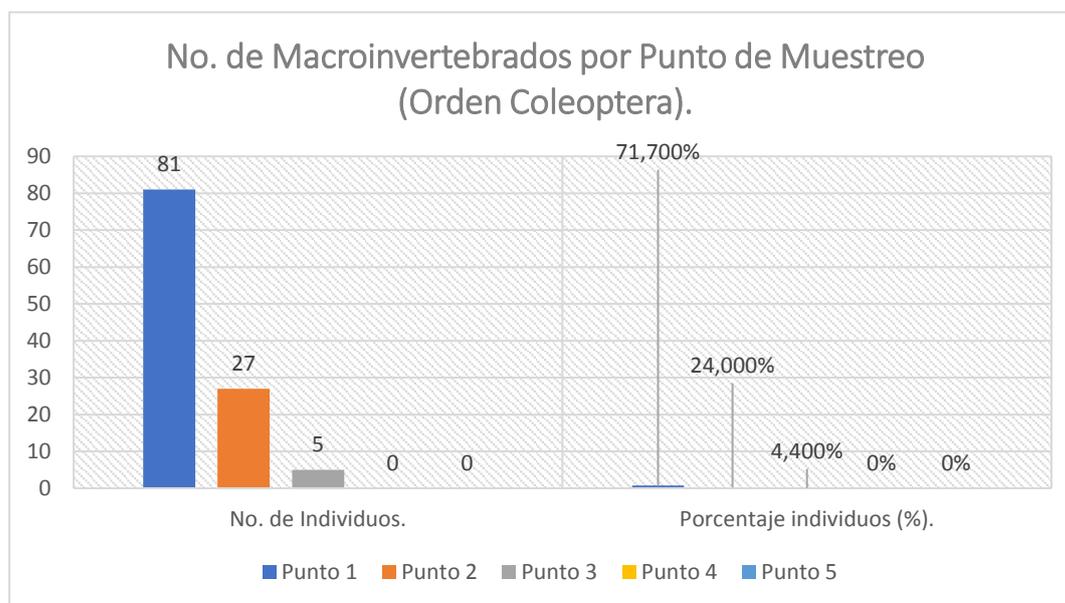
*Clasificación por Orden Coleoptera*

<b>Orden Coleoptera</b>	<b>No. de Individuos.</b>	<b>Porcentaje individuos (%).</b>
Punto 1	81	71,70%
Punto 2	27	24,00%
Punto 3	5	4,40%
Punto 4	0	0,00%
Punto 5	0	0,00%
Total	113	100,00%

Fuente: *la investigación*

**Figura 8.**

*Clasificación por punto de muestreo Orden Coleoptera.*



En el orden *Coleoptera* se colectaron un total de 113 individuos distribuidos de la siguiente manera; en el punto 1 vereda Porvenir se colectaron un total de 81 individuos con un porcentaje de 71,70%, en el punto 2 vereda Bombonal 27 individuos con un porcentaje de 24,00% en el punto 3 puente de la Guandinosa 5 individuos con un porcentaje de 4,40%, los puntos 4 y 5 ubicados en la bocatoma y el corregimiento de Criollo no se encontraron individuos de dicho orden debido al alto grado de contaminación que se presenta en estos respectivos puntos.

Respecto al orden *Diptera*, se colectaron un total de 17 individuos en los puntos establecidos para la investigación, cuyos resultados se pueden apreciar en la **Tabla 10**.

**Tabla 10.**

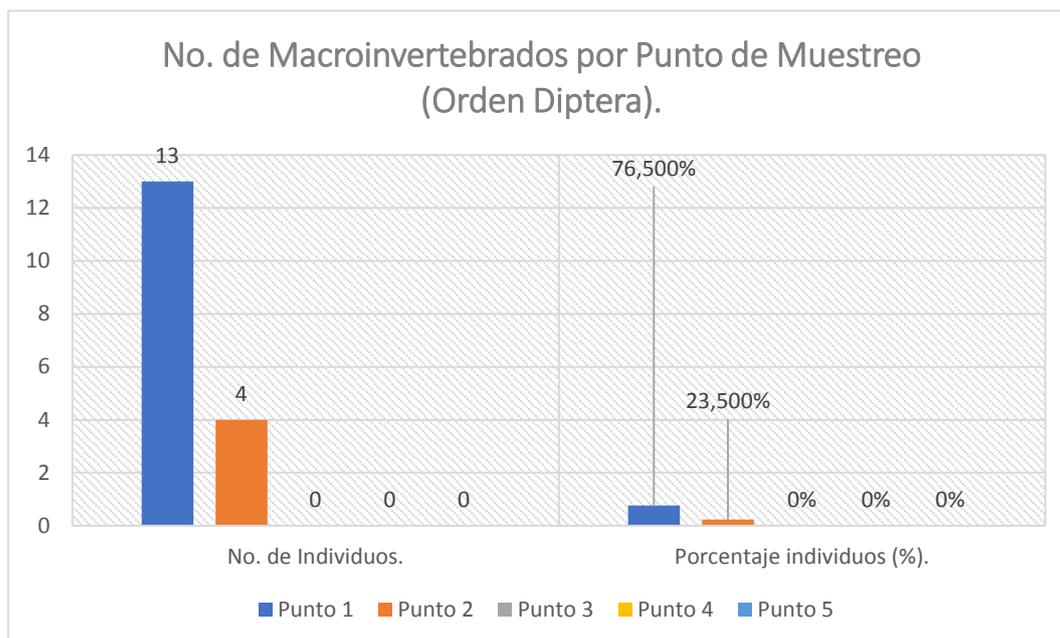
*Clasificación por Orden Diptera*

<b>Orden Diptera</b>	<b>No. de Individuos.</b>	<b>Porcentaje individuos (%).</b>
Punto 1	13	76,50%
Punto 2	4	23,50%
Punto 3	0	0,00%
Punto 4	0	0,00%
Punto 5	0	0,00%
Total	17	100,00%

**Fuente:** *la investigación*

**Figura 9.**

*Clasificación por Orden Diptera*



**Fuente:** *la investigación*

Respecto al orden *Diptera* de colectaron un total de 17 individuos, distribuidos de la siguiente manera; en el punto 1 vereda Porvenir 13 individuos con un porcentaje de 76,50%, en el punto 2 vereda Bombonal 4 individuos con un porcentaje de 23,50%, en los puntos 3, 4 y 5 correspondientes al puente de la Guandinosa, Bocatoma y corregimiento de Criollo no se encontraron individuos debido a los cambios drásticos en el ecosistema ya sea por contaminación o por el acondicionamiento hidráulico que se le realizó a la fuente hídrica.

Respecto al orden *Ephemeroptera*, se colectaron un total de 870 individuos en los puntos establecidos para la investigación, cuyos resultados se pueden apreciar en la

**Tabla 11.**

**Tabla 11.**

*Clasificación por Orden Ephemeroptera*

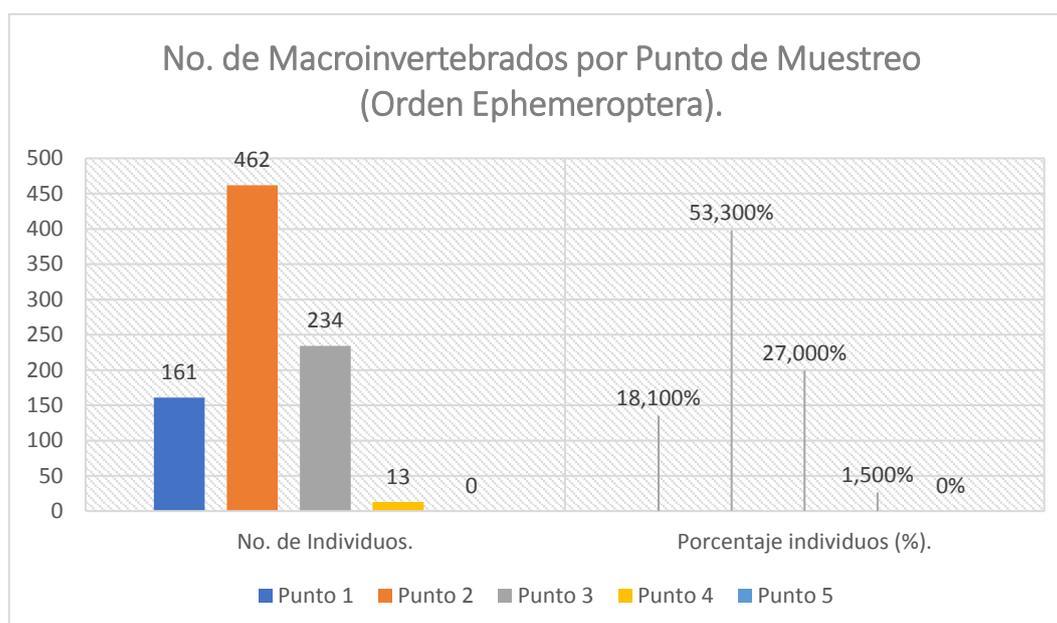
Orden Ephemeroptera	No. de Individuos.	Porcentaje individuos (%)
Punto 2	462	53,30%
Punto 3	234	27,00%

Punto 1	161	18,10%
Punto 4	13	1,50%
Punto 5	0	0,00%
<b>Total</b>	<b>870</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: la investigación

**Figura 10.**

*Clasificación por Orden Ephemeroptera*



Fuente: la investigación

Respecto al orden Ephemeroptera se colectaron un total de 870 individuos distribuidos de la siguiente manera; El punto más representativo fue el punto 2 ubicado en la Vda. Bombonal con 462 especímenes y un porcentaje de 53,30%, seguido del punto 3 ubicado en el puente de la Guandinosa con 234 especímenes y un porcentaje de 27,00% el punto 1 ubicado en la Vda. El Porvenir con 161 especímenes y un porcentaje de 18,10% y finalmente el punto 4 ubicado en la Bocatoma Vda. La Palma con 13 especímenes y un porcentaje de representatividad del 1,50%.

Respecto al orden *Lepidoptera*, se colectaron un total de 2 individuos en los puntos establecidos para la investigación, cuyos resultados se pueden apreciar en la **Tabla 12**.

**Tabla 12.***Clasificación por Orden Lepidoptera*

Orden Lepidoptera	No. de Individuos.	Porcentaje individuos (%).
Punto 1	1	50,00%
Punto 2	1	50,00%
Punto 3	0	0,00%
Punto 4	0	0,00%
Punto 5	0	0,00%
Total	2	100,00%

Fuente: *la investigación***Figura 11.***Orden Lepidoptera Pyralidae*Fuente: *la investigación*

En el orden *Lepidoptera* se encontraron dos individuos en el punto 1 ubicado en la parte alta Vda. El Porvenir y en el punto 2 Vda. Bombonal.

Respecto al orden *Neuroptera*, se colectaron un total de 77 individuos en los puntos establecidos para la investigación, cuyos resultados se pueden apreciar en la **Tabla 13**.

**Tabla 13.***Clasificación por Orden Neuroptera*

Orden Neuroptera	No. de Individuos.	Porcentaje individuos (%).
Punto 2	38	49,30%
Punto 1	29	37,70%
Punto 3	10	13,00%
Punto 4	0	0,00%
Punto 5	0	0,00%

Total	77	100,00%
-------	----	---------

Fuente: la investigación

**Figura 12.**

*Orden Neuroptera Corydalidae.*



Fuente: la investigación

Con respecto al orden *Neuroptera* se logró la captura de 77 especímenes, siendo el punto 2 ubicado en la Vda. Bombonal el sitio de muestreo con más representatividad con 38 individuos correspondiente al 49,30%, seguido del punto 1 ubicado en la Vda. El Porvenir con 29 individuos y un porcentaje de 37,70% y finalmente el punto 3 ubicado en el puente de La Guandinosa con 10 individuos y un porcentaje del 13,00%.

Respecto al orden *Odonata*, se colectaron un total de 88 individuos en los puntos establecidos para la investigación, cuyos resultados se pueden apreciar en la **Tabla 14**.

**Tabla 14.**

*Clasificación por Orden Odonata*

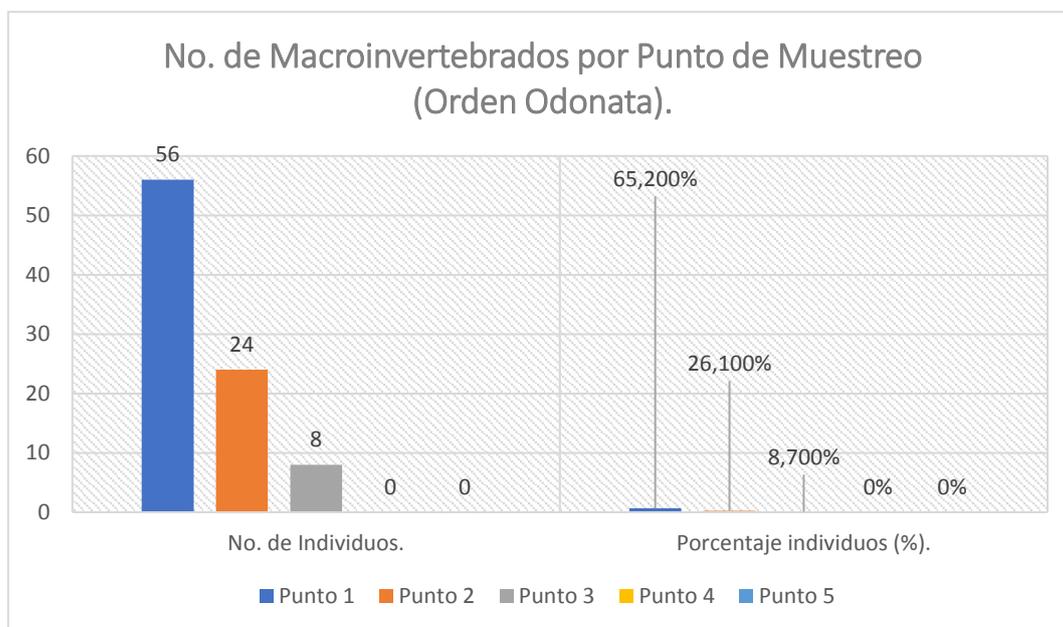
Orden Odonata	No. de Individuos.	Porcentaje individuos (%).
Punto 1	56	65,20%
Punto 2	24	26,10%
Punto 3	8	8,70%
Punto 4	0	0,00%
Punto 5	0	0,00%

Total	88	100,00%
-------	----	---------

Fuente: la investigación

**Figura 13.**

*Clasificación por Orden Odonata.*



Fuente: la investigación

Con respecto al orden *Odonata* se colectaron un total de 96 individuos distribuidos de la siguiente manera: el punto 1 ubicado en la Vda. El Porvenir con un total de 64 individuos y un porcentaje de 65,20%, seguido del punto 2 ubicado en la Vda. Bombonal con un total de 24 individuos y un porcentaje de 26,10% y por último el punto 3 ubicado en el Puente de la Guandinosa con 8 individuos y un porcentaje de 8,70%.

Respecto al orden *Plecóptera*, se colectaron un total de 701 individuos en los puntos establecidos para la investigación, cuyos resultados se pueden apreciar en la **Tabla 15**.

**Tabla 15.**

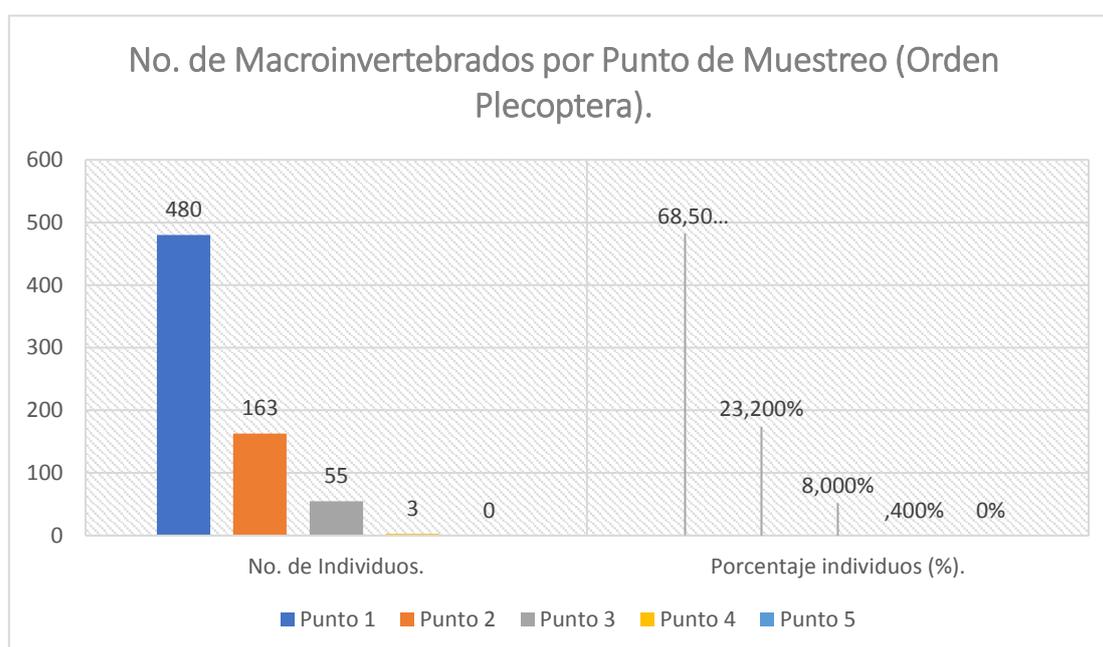
*Clasificación por Orden Plecóptera*

Orden Plecóptera	No. de Individuos.	Porcentaje individuos (%).
Punto 1	480	68,50%
Punto 2	163	23,20%
Punto 3	55	8,00%
Punto 4	3	0,40%
Punto 5	0	0,00%
Total	701	100,00%

Fuente: la investigación

**Figura 14.**

*Clasificación por Orden Plecóptera*



Fuente: la investigación

En el orden Plecóptera se colectaron un total de 701 individuos siendo el punto 1 ubicado en la Vda. El Porvenir el más representativo en abundancia con 480 especímenes con un porcentaje de 68,50%, seguido del punto 2 Vda. Bombonal con 163 individuos y un porcentaje de 23,20% el punto 3 ubicado en el puente de la Guandinosa y el punto 4 ubicado en la Vda. La Palma Bocatoma obtuvieron porcentajes inferiores al 9% en abundancia.

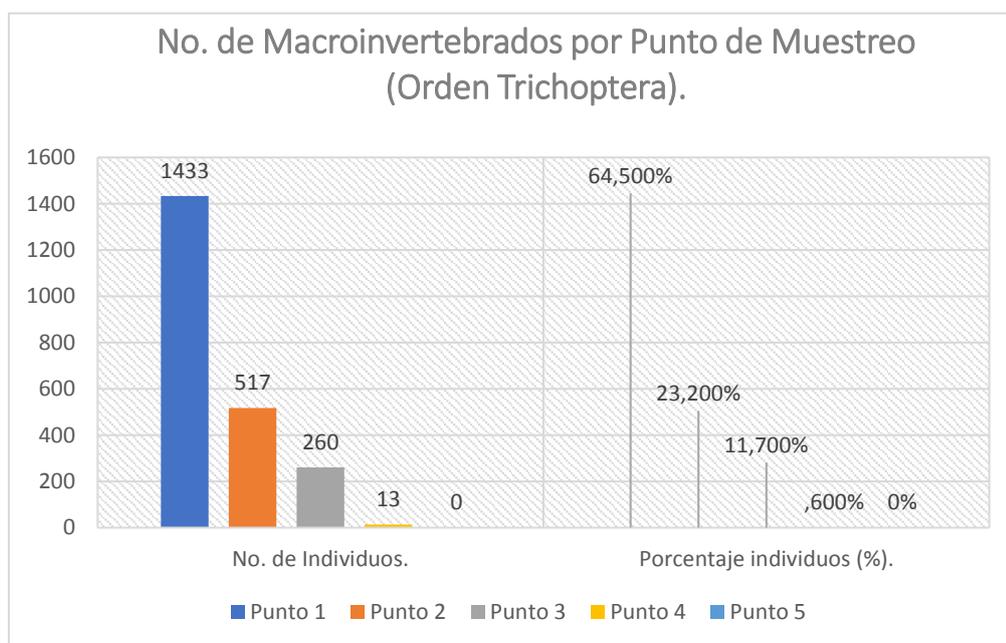
Respecto al orden *Trichoptera*, se colectaron un total de 2223 individuos en los puntos establecidos para la investigación, cuyos resultados se pueden apreciar en la

**Tabla 16.**

**Tabla 16.***Clasificación por Orden Trichoptera*

Orden Trichoptera	No. de Individuos.	Porcentaje individuos (%).
Punto 1	1433	64,50%
Punto 2	517	23,20%
Punto 3	260	11,70%
Punto 4	13	0,60%
Punto 5	0	0,00%
Total	2223	100,00%

Fuente: la investigación

**Figura 15.***Clasificación por Orden Trichoptera*

Fuente: la investigación

Con respecto al orden *Trichoptera* se logró la colecta de 2223 especímenes distribuidos de la siguiente manera: el punto 1 ubicado en la Vda. El Porvenir siendo el más representativo con 1433 especímenes y un porcentaje de 64,50%, el punto 2 ubicado en la Vda. Bombonal con 517 especímenes y un porcentaje de 23,20%, el punto 3 ubicado en el

Puente de la Guandinoso con 260 especímenes y un porcentaje de 11,70% y finalmente el punto 4 ubicado en la Vda. La Palma con 13 individuos y un porcentaje de 0,60%.

### Clasificación por familia

#### Resultados Punto 1 parte alta Vda. El Porvenir

En el punto 1 ubicado en la parte alta de la Vda. El Porvenir se colectaron un total de 21 familias, cuyos resultados se encuentran en la

#### Tabla 17.

#### Tabla 17.

#### Clasificación por familia Parte Alta Vda. El Porvenir

Orden	Familia	No. de Individuos.
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>	1422
<i>Plecóptera</i>	<i>Perlidae</i>	480
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	138
<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	39
<i>Odonata</i>	<i>Gomphidae</i>	30
<i>Neuroptera</i>	<i>Corydalidae</i>	29
<i>Coleoptera</i>	<i>Psephenidae</i>	28
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Oligoneuriidae</i>	23
<i>Coleoptera</i>	<i>Ptilodactylidae</i>	13
<i>Odonata</i>	<i>Aeshnidae</i>	11
<i>Odonata</i>	<i>Calopterygidae</i>	11
<i>Diptera</i>	<i>Empididae</i>	8
<i>Trichoptera</i>	<i>Calamoceratidae</i>	6
<i>Diptera</i>	<i>Blepharoceridae</i>	4
<i>Odonata</i>	<i>Polythoridae</i>	4

<i>Trichoptera</i>	<i>Helicopsychidae</i>	3
<i>Trichoptera</i>	<i>Leptoceridae</i>	2
<i>Coleoptera</i>	<i>Dryopidae</i>	1
<i>Diptera</i>	<i>Tabanidae</i>	1
<i>Lepidoptera</i>	<i>Pyralidae</i>	1

Fuente: la investigación

**Figura 16.**

*Colecta Punto 1, parte alta Vda. El Porvenir.*



Fuente: la investigación

En la parte alta de la Vda. El Porvenir se colectaron un total de 2254 individuos siendo el más representativo el orden *Trichoptera*, familia *Hydropsychidae* con 1422 individuos seguida del orden *Plecóptera*, familia *Perlidae* con 480 individuos, orden *Ephemeroptera*, familia *Leptophlebiidae* con 138 individuos, orden *Coleoptera* familia *Elmidae* con 39 individuos, orden *Odonata* familia *Gomphidae* con 30 individuos, orden *Neuroptera* familia *Corydalidae* con 29 individuos, orden *Coleoptera*, Familia *Psephenidae* con 28 individuos, orden *Ephemeroptera* familia *Oligoneuriidae* con 23 individuos, orden *Coleoptera* familia *Ptilodactylidae* con 13 individuos, orden *Odonata* familias *Aeshnidae* y

*Calopterygidae* con 11 individuos cada una, Orden *Diptera* familia *Empididae* con 8 individuos, orden *Trichoptera* familia *Calamoceratidae* con 6 individuos, orden *Diptera* familia *Blepharoceridae* con 4 individuos, Orden *Odonata* familia *Polythoridae* con 4 individuos, orden *Trichoptera* familia *Helicopsychidae* se encontraron 3 individuos, orden *Trichoptera* familia *Leptoceridae* con 2 individuos y familias tales como *Dryopidae*, *Tabanidae* y *Pyralidae* con 1 individuo respectivamente.

### Resultados parte Media 1 Vda. Bombonal

En el punto 2 ubicado en la parte media 1 Vda. Bombonal se colectaron un total de 16 familias, cuyos resultados se encuentran en la **Tabla 18**.

**Tabla 18.**

*Clasificación por familia Parte Media 1 Vda. Bombonal.*

Orden	Familia	No. de Individuos.
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>	517
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	437
<i>Plecóptera</i>	<i>Perlidae</i>	163
<i>Neuroptera</i>	<i>Corydalidae</i>	38
<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	18
<i>Odonata</i>	<i>Gomphidae</i>	18
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Tricorythidae</i>	13
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	10
<i>Coleoptera</i>	<i>Ptilodactylidae</i>	8
<i>Odonata</i>	<i>Calopterygidae</i>	6
<i>Diptera</i>	<i>Blepharoceridae</i>	2
<i>Diptera</i>	<i>Simuliidae</i>	2
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Oligoneuriidae</i>	2
<i>Coleoptera</i>	<i>Dryopidae</i>	1

Orden	Familia	No. de Individuos.
<i>Lepidoptera</i>	<i>Pyralidae</i>	1
<i>Trichoptera</i>	<i>Helicopsychidae</i>	1

Fuente: la investigación

**Figura 17.**

*Punto 2 parte media 1 Vda. Bombonal*



Fuente: la investigación

En la parte media 1 ubicada en la Vda. Bombonal la familia más abundante corresponde al orden *Trichoptera* familia *Hydropsychidae* con 516 individuos, seguido del orden *Ephemeroptera* familia *Leptophlebiidae* con 437 individuos, orden *Plecóptera* familia *Perlidae* con 163 individuos, orden *Neuroptera* familia *Corydalidae* con 38 individuos, orden *Coleoptera* familia *Elmidae* con 18 individuos, orden *Odonata* familia *Gomphidae* con 18 individuos, orden *Ephemeroptera* familia *Tricorythidae* con 13 individuos, familia *Baetidae* con 10 individuos, orden *Coleoptera* familia *Ptilodactylidae* con 8 individuos, orden *Odonata* familia *Calopterygidae* con 6 individuos, orden *Diptera* familias *Blepharoceridae* y familia *Simuliidae* con 2 individuos cada una, orden *Ephemeroptera* familia *Oligoneuriidae* con 2

individuos y familias como *Dryopidae*, *Pyralidae* y *Helicopsychidae* se encontraron 1 individuo por cada una.

### Resultados parte media 2 Puente Guandinosa

En el punto 3 ubicado en la parte media 2 puente Guandinosa se colectaron un total de 12 familias, cuyos resultados se encuentran en la **Tabla 19**.

**Tabla 19.**

*Clasificación por familia parte media 2 Puente Guandinosa*

Orden	Familia	No. de Individuos.
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>	258
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	205
<i>Plecóptera</i>	<i>Perlidae</i>	55
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Oligoneuriidae</i>	19
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Tricorythidae</i>	10
<i>Neuroptera</i>	<i>Corydalidae</i>	10
<i>Odonata</i>	<i>Gomphidae</i>	8
<i>Coleoptera</i>	<i>Dryopidae</i>	4
<i>Basommatophora</i>	<i>Lymnaeidae</i>	2
<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	1
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydrobiosidae</i>	1
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydroptilidae</i>	1

Fuente: la investigación

**Figura 18.**

*Colecta punto 3 parte media 2 Puente Guandinosa*



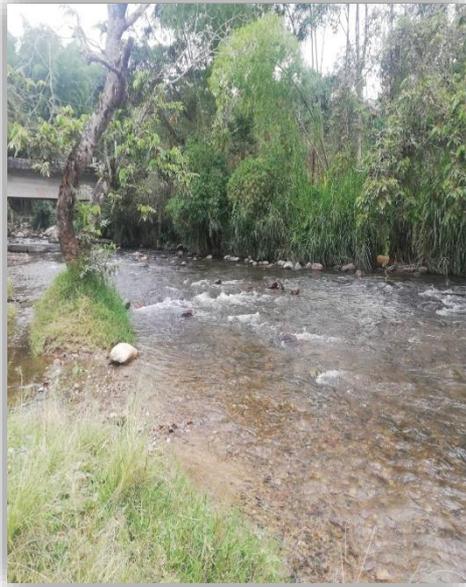
*Fuente: la investigación*

En el punto 3 ubicado en la parte media 2 puente de la Guandinosa se logró la colecta de un total de 574 individuos siendo el más abundante el orden *Trichoptera* familia *Hydropsychidae* con un total de 258 individuos, seguido del orden *Ephemeroptera* familia *Leptophlebiidae* con 205 individuos, orden *Plecóptera* familia *Perlidae* con 55 individuos, orden *Ephemeroptera* familia *Oligoneuriidae* con 19 individuos, familia *Tricorythidae* con 10 individuos respectivamente, orden *Neuroptera* familia *Corydalidae* con 10 individuos y familias tales como *Gomphidae*, *Dryopidae*, *Lymnaeidae*, *Elmidae*, *Hydrobiosidae* y *Hydroptilidae* con un número de individuos menores a 9.

Este punto se vio afectado después del mes de diciembre ya que se realizó una adecuación hidráulica a la fuente por las fuertes precipitaciones que se estaban presentando en la zona lo que ocasiono que el habitat de los macroinvertebrados se viera ampliamente afectada.

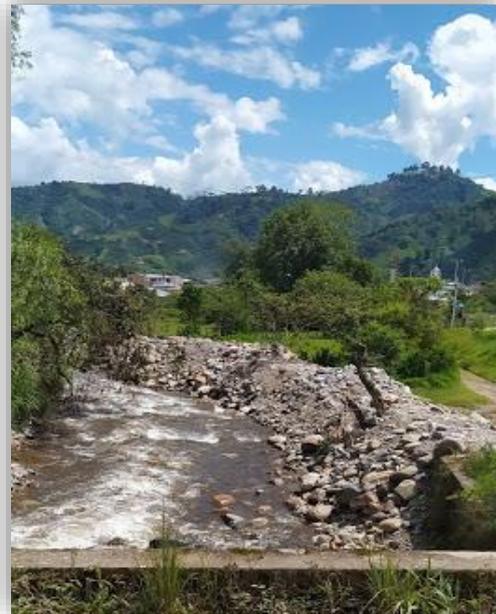
Como se muestra en la **Figura 20**. Punto medio 2 puente Guandinosa después de las adecuaciones hidráulicas era el aspecto de dicho punto y en la se **Figura 20** muestra como quedo la parte media 2 luego de las adecuaciones hidráulicas.

**Figura 19.** *Punto medio 2 puente  
Guandinosa antes de las adecuaciones  
hidráulicas*



**Fuente:** *la investigación*

**Figura 20.** *Punto medio 2 puente  
Guandinosa después de las adecuaciones  
hidráulicas*



**Fuente:** *la investigación*

### **Resultados punto 4 parte media baja Vda. La Palma Bocatoma.**

En el punto 4 parte media baja Bocatoma, Vda. La Palma, se colectó un total de 3 familias, cuyos resultados se encuentran en la **Tabla 20**.

**Tabla 20.**

*Clasificación por familia parte baja Bocatoma, Vda. La Palma*

Orden	Familia	No. de Individuos.
-------	---------	--------------------

<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	13
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>	13
<i>Plecóptera</i>	<i>Perlidae</i>	3

Fuente: la investigación

En este punto se colectaron un total de 29 especímenes distribuidos en 3 familias siendo el orden *Ephemeroptera* familia *Leptophlebiidae* y el orden *Trichoptera* familia *Hydropsychidae* los más abundantes cada uno con 13 individuos respectivamente, seguidos del orden *Plecóptera* familia *Perlidae* con 3 individuos.

Igualmente, que el punto 3 a este punto se le realizado una adecuación hidráulica a principios del mes de octubre debido a las fuertes lluvias en la parte alta que en ese momento se estaban presentando lo que ocasiono una creciente de la quebrada el cedro la cual desemboca en el rio Guachicos cerca de la bocatoma llenando de arena, piedras y restos de troncos la bocatoma.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra como era el sitio de muestreo antes de las adecuaciones y en la **Figura 22** se refleja el cambio que se presentó en el aspecto del punto.

**Figura 21.** Punto 4 parte media baja  
Vda. La Palma antes de las adecuaciones



**Figura 22.** Punto 4 parte media baja Vda. La  
Palma después de las adecuaciones



**Fuente:** *la investigación*

### **Clasificación por fecha**

#### **Resultados punto 1 parte alta Vda. El Porvenir.**

En el mes de septiembre se colectaron un total de 147 individuos, distribuidos en 6 órdenes y 7 familias, cuyos resultados se muestran en la **Tabla 21**.

#### **Tabla 21.**

*Colecta Parte alta Vda. El Porvenir Mes Septiembre*

orden	familia	No. De Individuos
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>	75
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	34
<i>Plecóptera</i>	<i>Perlidae</i>	29
<i>Odonata</i>	<i>Aeshnidae</i>	6
<i>Coleoptera</i>	<i>Ptilodactylidae</i>	2
<i>Coleoptera</i>	<i>Psephenidae</i>	1

Fuente: la investigación

**Figura 23.**

*Orden Ephemeroptera Familia Leptophlebiidae*



Fuente: <https://images.app.goo.gl/g98T2NRq6BWTWEeg9>

De esta manera en el mes de septiembre la familia más abundante fue la familia *Hydropsychidae* con 75 individuos presentes en el punto de muestreo, seguido de la *Leptophlebiidae* con 51 individuos, la familia *Perlidae* con 29 individuos y familias tales como *Aeshnidae*, *Ptilodactylidae*, *Psephenidae* con presencia menor o igual a 6 individuos respectivamente.

En el mes de octubre se colectaron un total de 384 individuos, distribuidos en 7 órdenes y 13 familias, cuyos resultados se relacionan en la **Tabla 22**.

**Tabla 22.**

*Colecta Parte alta Vda. El Porvenir Mes Octubre*

Orden	Familia	No. de individuos.
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>	163

<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>No. de individuos.</b>
<i>Plecóptera</i>	<i>Perlidae</i>	102
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	71
<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	13
<i>Coleoptera</i>	<i>Psephenidae</i>	10
<i>Neuroptera</i>	<i>Corydalidae</i>	5
<i>Odonata</i>	<i>Aeshnidae</i>	5
<i>Odonata</i>	<i>Gomphidae</i>	5
<i>Diptera</i>	<i>Empididae</i>	4
<i>Diptera</i>	<i>Blepharoceridae</i>	2
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Oligoneuriidae</i>	2
<i>Coleoptera</i>	<i>Ptilodactylidae</i>	1
<i>Coleoptera</i>	<i>Dryopidae</i>	1

Fuente: la investigación

**Figura 24.**

*Orden Trichoptera Familia Hydropsychidae*



Fuente: la investigación

La familia más abundante en este punto de muestreo fue la *Hydropsychidae* con un total de 163 individuos, seguida de la familia *Perlidae* con 102 individuos, familia *Leptophlebiidae* con 71 individuos, familia *Elmidae* con 13 individuos, familia *Psephenidae* con 10 individuos y familias tales como: *Corydalidae*, *Aeshnidae*, *Gomphidae*, *Empididae*,

*Blepharoceridae, Oligoneuriidae, Ptilodactylidae y Dryopidae* con un número de individuos menor a 6.

En el mes de noviembre se logró la captura de 165 individuos, distribuidos en 8 órdenes y 12 familias, cuyos resultados se ven reflejados en la **Tabla 23**.

**Tabla 23.**

*Colecta Parte alta Vda. El Porvenir Mes Noviembre*

Orden	Familia	N. de Individuos
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>	95
<i>Plecóptera</i>	<i>Perlidae</i>	30
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	12
<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	12
<i>Coleoptera</i>	<i>Psephenidae</i>	4
<i>Odonata</i>	<i>Gomphidae</i>	3
<i>Neuroptera</i>	<i>Corydalidae</i>	2
<i>Diptera</i>	<i>Empididae</i>	2
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Oligoneuriidae</i>	2
<i>Diptera</i>	<i>Blepharoceridae</i>	1
<i>Coleoptera</i>	<i>Ptilodactylidae</i>	1
<i>Lepidoptera</i>	<i>Pyralidae</i>	1

**Fuente:** *la investigación*

**Figura 25.**

*Orden Plecóptera Familia Perlidae*



**Fuente:** *la investigación*

En el mes de noviembre la familia *Hydropsychidae* también fue la más abundante con 95 individuos colectados, seguida de la familia *Perlidae* con 30 individuos, la familia *Leptophlebiidae* con 12 individuos, la familia *Elmidae* con 12 individuos y familias tales como: *Psephenidae*, *Gomphidae*, *Corydalidae*, *Empididae*, *Oligoneuriidae*, *Blepharoceridae*, *Ptilodactylidae* y *Pyralidae* con un número de individuos colectados menores a 5.

En el mes de diciembre se colectaron un total de 215 individuos, distribuidos en 6 órdenes y 8 familias, cuyos resultados se relacionan en la **Tabla 24**.

**Tabla 24.**

*Colecta Parte alta Vda. El Porvenir Mes Diciembre*

Orden	Familia	No. de Individuos.
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>	163
<i>Plecóptera</i>	<i>Perlidae</i>	40
<i>Odonata</i>	<i>Gomphidae</i>	4
<i>Odonata</i>	<i>Polythoridae</i>	3
<i>Neuroptera</i>	<i>Corydalidae</i>	2
<i>Coleoptera</i>	<i>Psephenidae</i>	1
<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	1
<i>Diptera</i>	<i>Tabanidae</i>	1

Fuente: la investigación

De esta manera la familia más abundante fue la *Hydropsychidae* con 163 individuos, seguida de la familia *Perlidae* con 40 individuos y familias tales como: *Gomphidae*, *Polythoridae*, *Corydalidae*, *Psephenidae*, *Elmidae* y *Tabanidae* con una abundancia menor a 5 individuos.

En el mes de enero se colectaron un total de 844 individuos distribuidos en 7 órdenes y 14 familias, cuyos resultados se relacionan en la **Tabla 25**.

**Tabla 25.**

*Colecta Parte alta Vda. El Porvenir Mes Enero*

Orden	Familia	No. de Individuos.
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>	597
<i>Plecóptera</i>	<i>Perlidae</i>	168
<i>Neuroptera</i>	<i>Corydalidae</i>	14
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Oligoneuriidae</i>	12
<i>Odonata</i>	<i>Gomphidae</i>	10
<i>Coleoptera</i>	<i>Psephenidae</i>	9
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	9
<i>Odonata</i>	<i>Calopterygidae</i>	9
<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	4
<i>Trichoptera</i>	<i>Calamoceratidae</i>	3
<i>Trichoptera</i>	<i>Helicopsychidae</i>	3
<i>Diptera</i>	<i>Empididae</i>	2
<i>Coleoptera</i>	<i>Ptilodactylidae</i>	2
<i>Diptera</i>	<i>Blepharoceridae</i>	1
<i>Odonata</i>	<i>Polythoridae</i>	1

Fuente: la investigación

**Figura 26.**

*Orden Odonata familia Gomphidae*



Fuente: la investigación

En el mes de enero se presentó un incremento en el número de individuos colectados debido a que no se habían presentado precipitaciones fuertes en días anteriores a la colecta, siendo así la familia más abundante fue la *Hydropsychidae* con 597 individuos, seguido de la *Perlidae* con 168 individuos, la *Corydalidae* con 14 individuos, *Oligoneuriidae* con 12 individuos, *Gomphidae* con 10 individuos y familias tales como: *Psephenidae*, *Leptophlebiidae*, *Calopterygidae*, *Elmidae*, *Calamoceratidae*, *Helicopsychidae*, *Empididae*,

*Ptilodactylidae*, *Blepharoceridae* y *Polythoridae* con una presencia menor o igual a 9 individuos respectivamente.

En el mes de febrero se logró una colecta de 499 individuos, distribuido en 6 órdenes y 11 familias, cuyos resultados se relacionan en la **Tabla 26**.

**Tabla 26.**

*Colecta Parte alta Vda. El Porvenir Mes Febrero.*

Orden	Familia	No. de Individuos.
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>	331
<i>Plecóptera</i>	<i>Perlidae</i>	111
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	12
<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	9
<i>Odonata</i>	<i>Gomphidae</i>	8
<i>Coleoptera</i>	<i>Ptilodactylidae</i>	7
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Oligoneuriidae</i>	7
<i>Neuroptera</i>	<i>Corydalidae</i>	6
<i>Coleoptera</i>	<i>Psephenidae</i>	3
<i>Trichoptera</i>	<i>Calamoceratidae</i>	3
<i>Odonata</i>	<i>Calopterygidae</i>	2

Fuente: la investigación

Se identificó que la familia más abundante fue la *Hydropsychidae* con un total de 331 individuos, seguida de la familia *Perlidae* con 111 individuos, *Leptophlebiidae* con 12 individuos y familias tales como: *Elmidae*, *Gomphidae*, *Ptilodactylidae*, *Oligoneuriidae*, *Corydalidae*, *Psephenidae*, *Calamoceratidae* y *Calopterygidae* con una abundancia menor o igual a 9 individuos respectivamente.

### **Resultados punto 2 parte media 1 Vda. Bombonal**

En el mes de septiembre se logró la colecta de 134 individuos, distribuidos en 6 órdenes y 7 familias, cuyos resultados se relacionan en la **Tabla 27**.

**Tabla 27.**

*Colecta parte media 1 Vda. Bombonal Mes Septiembre*

Orden	Familia	No. de individuos
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	51
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>	47
<i>Plecóptera</i>	<i>Perlidae</i>	27
<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	5
<i>Neuroptera</i>	<i>Corydalidae</i>	2
<i>Coleoptera</i>	<i>Ptilodactylidae</i>	1
<i>Odonata</i>	<i>Calopterygidae</i>	1

Fuente: la investigación

Se presenta una colecta en la cual la familia *Leptophlebiidae* con una abundancia de 51 individuos, seguida de la familia *Hydropsychidae* con 47 individuos, *Perlidae* con 27 individuos y familias tales como: *Elmidae*, *Corydalidae* y *Ptilodactylidae* con una abundancia igual o menor a 5 individuos respectivamente.

En el mes de octubre se colectaron un total de 208 individuos, distribuidos en 6 órdenes y 7 familias, cuyos resultados se relacionan en la **Tabla 28**.

**Tabla 28.**

*Colecta parte media 1 Vda. Bombonal Mes Octubre*

Orden	Familia	No. de individuos
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	123
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>	65
<i>Plecóptera</i>	<i>Perlidae</i>	9
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Tricorythidae</i>	3
<i>Neuroptera</i>	<i>Corydalidae</i>	5
<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	2
<i>Odonata</i>	<i>Gomphidae</i>	1

Fuente: la investigación

La familia más abundante en el mes de octubre fue la *Leptophlebiidae* con un total de 123 individuos, seguida de la *Hydropsychidae* con un total de 65 individuos, *Perlidae* con 9 y

familias tales como: *Tricorythidae*, *Corydalidae*, *Elmidae* y *Gomphidae* con una abundancia menor o igual a 3 individuos respectivamente.

En el mes de noviembre se colectaron un total de 100 individuos, distribuidos en 6 órdenes y 8 familias, cuyos resultados se relacionan en la **Tabla 29**.

**Tabla 29.**

*Colecta parte media 1 Vda. Bombonal Mes Noviembre*

Orden	Familia	No. de individuos
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	60
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>	23
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	7
<i>Plecóptera</i>	<i>Perlidae</i>	4
<i>Neuroptera</i>	<i>Corydalidae</i>	3
<i>Trichoptera</i>	<i>Helicopsychidae</i>	1
<i>Coleoptera</i>	<i>Dryopidae</i>	1
<i>Diptera</i>	<i>Simuliidae</i>	1

Fuente: la investigación

En este mes se presentó más abundancia en la familia *Leptophlebiidae* con un total de 60 individuos, seguido de la familia *Hydropsychidae* con 23 individuos, *Baetidae* con 7 individuos y familias tales como: *Perlidae*, *Corydalidae*, *Helicopsychidae*, *Dryopidae* y *Simuliidae* con abundancia menor o igual a 4 individuos respectivamente.

En el mes de diciembre se colectaron un total de 145 individuos, distribuidos en 7 órdenes y 8 familias, cuyos resultados se relacionan en la **Tabla 30**.

**Tabla 30.**

*Colecta parte media 1 Vda. Bombonal Mes Diciembre*

Orden	Familia	No. de individuos
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>	80
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	30
<i>Plecóptera</i>	<i>Perlidae</i>	20
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Tricorythidae</i>	10
<i>Neuroptera</i>	<i>Corydalidae</i>	2

<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	1
<i>Odonata</i>	<i>Gomphidae</i>	1
<i>Diptera</i>	<i>Simuliidae</i>	1

Fuente: la investigación

En el mes de diciembre la familia más abundante fue la *Hydropsychidae* con 80 individuos, seguido de la familia *Leptophlebiidae* con 30 individuos, *Perlidae* con 20 individuos, *Tricorythidae* con 10 individuos y familias como: *Corydalidae*, *Elmidae*, *Gomphidae* y *Simuliidae* con una presencia en abundancia menor o igual a 2 individuos.

En el mes de enero se colectaron un total de 369 individuos, distribuidos en 7 órdenes y 10 familias, cuyos resultados se reflejan en la **Tabla 31**.

**Tabla 31.**

*Colecta parte media 1 Vda. Bombonal Mes Enero*

Orden	Familia	No. de individuos
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	144
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>	138
<i>Plecóptera</i>	<i>Perlidae</i>	52
<i>Neuroptera</i>	<i>Corydalidae</i>	15
<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	7
<i>Coleoptera</i>	<i>Ptilodactylidae</i>	4
<i>Odonata</i>	<i>Gomphidae</i>	4
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	3
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Oligoneuriidae</i>	1
<i>Diptera</i>	<i>Blepharoceridae</i>	1

Fuente: la investigación

En el mes de enero la familia más abundante en este punto fue la *Leptophlebiidae* con 144 individuos, seguida de la familia *Hydropsychidae* con 138 individuos, *Perlidae* con 52 individuos, *Corydalidae* con 15 y familias como: *Elmidae*, *Ptilodactylidae*, *Gomphidae*, *Baetidae*, *Oligoneuriidae* y *Blepharoceridae* con abundancia menor o igual a 7 individuos respectivamente.

En el mes de febrero se colectaron un total de 280 individuos, pertenecientes a 8 órdenes y 11 familias, cuyos resultados se relacionan en la **Tabla 32**.

**Tabla 32.**

*Colecta parte media 1 Vda. Bombonal Mes Febrero*

Orden	Familia	No. de individuos
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>	163
<i>Plecóptera</i>	<i>Perlidae</i>	51
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	29
<i>Odonata</i>	<i>Gomphidae</i>	12
<i>Neuroptera</i>	<i>Corydalidae</i>	11
<i>Odonata</i>	<i>Calopterygidae</i>	5
<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	3
<i>Coleoptera</i>	<i>Ptilodactylidae</i>	3
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Oligoneuriidae</i>	1
<i>Diptera</i>	<i>Blepharoceridae</i>	1
<i>Lepidoptera</i>	<i>Pyralidae</i>	1

**Fuente:** *la investigación*

Se determinó que la familia más abundante fue la *Hydropsychidae* con un total de 163 individuos, seguida de la familia *Perlidae* con un total de 51 individuos, *Leptophlebiidae* con 29 individuos, *Gomphidae* con 12 individuos, *Corydalidae* con 11 y familias como: *Calopterygidae*, *Elmidae*, *Ptilodactylidae*, *Oligoneuriidae*, *Blepharoceridae* y *Pyralidae* con un número de abundancia menor o igual a 5 individuos respectivamente.

### **Resultados Colecta punto 3 parte media 2 Puente Guandinosa.**

En el mes de septiembre se colectaron un total de 68 individuos, distribuidos en 2 órdenes y 3 familias, cuyos resultados se relacionan en la **Tabla 33**.

**Tabla 33.**

*Colecta punto 3 parte media 2 Puente Guandinosa Mes Septiembre*

Orden	Familia	No. De Individuos.
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	44
Trichoptera	Hydropsychidae	17
Ephemeroptera	Oligoneuriidae	7

Fuente: la investigación

La familia más abundante fue la *Leptophlebiidae* con una abundancia de 44 individuos, seguida de la familia *Hydropsychidae* con 17 individuos y finalmente la familia *Oligoneuriidae* con 7 individuos.

En el mes de octubre se colectaron un total de 200 individuos, pertenecientes a 7 órdenes y 11 familias, cuyos resultados se reflejan en la **Tabla 34**.

**Tabla 34.**

*Colecta punto 3 parte media 2 Puente Guandinosa Mes Octubre*

Orden	Familia	No. De Individuos.
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	75
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>	73
<i>Plecóptera</i>	<i>Perlidae</i>	26
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Oligoneuriidae</i>	12
<i>Neuroptera</i>	<i>Corydalidae</i>	6
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Tricorythidae</i>	2
<i>Basommatophora</i>	<i>Lymnaeidae</i>	2
<i>Odonata</i>	<i>Gomphidae</i>	1
<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	1
<i>Coleoptera</i>	<i>Dryopidae</i>	1
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydroptilidae</i>	1

Fuente: la investigación

La familia más abundante fue la *Leptophlebiidae* con un total de 75 individuos, seguida de la familia *Hydropsychidae* con 73 individuos, *Perlidae* con 26 individuos, *Oligoneuriidae* con 12 individuos y familias como: *Corydalidae*, *Tricorythidae*, *Lymnaeidae*,

*Gomphidae, Elmidae, Dryopidae, Hydroptilidae* con una abundancia de individuos menor o igual a 6 respectivamente.

En el mes de noviembre se colectaron un total de 136 individuos, pertenecientes a 5 órdenes y 5 familias, cuyos resultados se relacionan en la **Tabla 35**.

**Tabla 35.**

*Colecta punto 3 parte media 2 Puente Guandinosa Mes Noviembre*

Orden	Familia	No. de Individuos.
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>	90
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	38
<i>Plecóptera</i>	<i>Perlidae</i>	4
<i>Coleoptera</i>	<i>Dryopidae</i>	3
<i>Neuroptera</i>	<i>Corydalidae</i>	1

Fuente: la investigación

Se determinó que la familia más abundante en el mes de noviembre fue la *Hydropsychidae* con un total de 90 individuos, seguido de la familia *Leptophlebiidae* con 38 individuos y familias tales como: *Perlidae, Dryopidae* y *Corydalidae* con abundancia de individuos menor o igual a 4 respectivamente.

En el mes de diciembre se colectaron un total de 78 individuos, pertenecientes a 4 órdenes y 5 familias, cuyos resultados se relacionan en la **Tabla 36**.

**Tabla 36.**

*Colecta punto 3 parte media 2 Puente Guandinosa Mes Diciembre*

Orden	Familia	No. De Individuos.
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>	30
<i>Plecóptera</i>	<i>Perlidae</i>	20
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	15
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Tricorythidae</i>	8
<i>Odonata</i>	<i>Gomphidae</i>	5

Fuente: la investigación

En este mes se empieza a notar la disminución del número de individuos en el punto 3 debido a las adecuaciones hidráulicas que se le realizaron a la fuente, de esta manera se determinó que la familia más abundante es la *Hydropsychidae* con un total de 30 individuos, seguida de la familia *Perlidae* con 20 individuos, *Leptophlebiidae* con 15 individuos, *Tricorythidae* con 8 individuos y finalmente *Gomphidae* con 5 individuos.

En el mes de enero se colectaron un total de 39 individuos, pertenecientes a 4 órdenes y 6 familias, cuyos resultados se relacionan en la **Tabla 37**.

**Tabla 37.**

*Colecta punto 3 parte media 2 Puente Guandinosa Mes Enero*

Orden	Familia	No. De Individuos.
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>	19
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	12
<i>Plecóptera</i>	<i>Perlidae</i>	5
<i>Neuroptera</i>	<i>Corydalidae</i>	2
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydrobiosidae</i>	1

Fuente: la investigación

Se hace notoria la disminución de abundancia de las familias, más sin embargo se determinó que la familia más abundante es la *Hydropsychidae* con un total de 19 individuos, seguida de la *Leptophlebiidae* con 12 individuos y familias tales como: *Perlidae*, *Corydalidae* y *Hydrobiosidae* con abundancia representada en un número de individuos menor o igual a 5 respectivamente.

En el mes de febrero se colectaron un total de 53 individuos, pertenecientes a 4 órdenes y 4 familias, cuyos resultados se relacionan en la **Tabla 38**.

**Tabla 38.**

*Colecta punto 3 parte media 2 Puente Guandinosa Mes Febrero.*

Orden	Familia	No. De Individuos.
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>	29

<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	21
<i>Odonata</i>	<i>Gomphidae</i>	2
<i>Neuroptera</i>	<i>Corydalidae</i>	1

Fuente: la investigación

Se determinó que la familia más abundante es la *Hydropsychidae* con un total de 29 individuos, seguido de la familia *Leptophlebiidae* con 21 individuos, *Gomphidae* con 2 individuos y finalmente *Corydalidae* con 1 individuo.

### Resultados Colecta parte media baja Bocatoma, Vda. La Palma

En el mes de septiembre se colectaron un total de 17 individuos, pertenecientes a 3 órdenes y 3 familias, cuyos resultados se relacionan en la **Tabla 39**.

**Tabla 39.**

*Colecta parte media baja Bocatoma, Vda. La Palma, Mes Septiembre*

Orden	Familia	No. De Individuos.
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	9
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>	5
<i>Plecóptera</i>	<i>Perlidae</i>	3

Fuente: la investigación

La familia más abundante en este punto es la *Leptophlebiidae* con 9 individuos, seguido de la *Hydropsychidae* con un total de 5 individuos y finalmente la *Perlidae* con 3 individuos.

En el mes de octubre se colectaron un total de 12 individuos, distribuidos en 2 órdenes y dos familias, cuyos resultados se relacionan en la

**Tabla 40.**

*Colecta parte media baja Bocatoma, Vda. La Palma, Mes Octubre.*

Orden	Familia	No. De Individuos.
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>	8
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	4

Fuente: la investigación

Se identificaron solamente dos familias presentes en el punto debido a las adecuaciones hidráulicas, al incremento de los niveles de contaminación del punto, de esta manera la familia más abundante es la *Hydropsychidae* con 8 individuos y la *Leptophlebiidae* con 4 individuos.

Los demás meses de muestreo no se logró recolectar macroinvertebrados debido a que se presentaron remociones del lecho para evitar colapsos y daños en la bocatoma por las fuertes lluvias que se presentaron en la parte alta tanto de la quebrada El Cedro como del Rio Guachicos.

### **Resultados Colecta parte baja Vda. Criollos.**

En el punto 5, ubicado en la vereda Criollos, no se logró coleccionar macroinvertebrados debido a que este punto la contaminación es mayor, ya que recibe todos los vertimientos de asentamientos, disposición inadecuada de residuos sólidos, vertimiento de aguas residuales domésticas y agrícolas y además de ello en este punto se encuentra una refinería que vierte sus desechos de lodos residuales directamente a la fuente hídrica, como se observa en la

**Figura 27.**

**Figura 27.**

*Vertimiento de lodos residuales, Vda. Criollos*



**Fuente:** *la investigación*

**Valoración del índice BMWP/Col por punto de muestreo.**

Para el cálculo del índice BMWP/Col, se tuvo como base la **Tabla 1**, que presenta cada una de las puntuaciones asignadas a las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos que son utilizadas para la determinación del índice BMWP/COL e igualmente la **Tabla 2**, que presenta las clases de calidad de agua según los valores asignados al índice BMWP/COL, los cuales determinan la calidad de la fuente en un punto determinado, el significado por cada uno y el color que lo representa, en la **Tabla 41**, se relaciona las familias encontradas por punto de muestreo en el desarrollo de la investigación.

**Tabla 41:**

*Familias de individuos por punto de muestreo.*

<b>Punto 1, parte alta – Porvenir:</b>	<b>Punto 2, parte media 1 – Bombonal:</b>	<b>Punto 3, parte media 2 – Puente Guandinoso:</b>	<b>Punto 4, parte media baja – Bocatoma:</b>	<b>Punto 5, parte baja – Criollos:</b>
<i>Aeshnidae.</i>	<i>Baetidae.</i>			
<i>Blepharoceridae.</i>	<i>Blepharoceridae.</i>	<i>Corydalidae.</i>		
<i>Corydalidae.</i>	<i>Corydalidae.</i>	<i>Dryopidae.</i>		
<i>Calopterygidae.</i>	<i>Calopterygidae.</i>	<i>Elmidae.</i>		
<i>Calamoceratidae.</i>	<i>Dryopidae.</i>	<i>Gomphidae.</i>		
<i>Dryopidae.</i>	<i>Elmidae.</i>	<i>Hydrobiosidae.</i>	<i>Hydropsychidae.</i>	
<i>Elmidae.</i>	<i>Gomphidae.</i>	<i>Hydropsychidae.</i>	<i>Leptophlebiidae.</i>	
<i>Empididae.</i>	<i>Helicopsychidae.</i>	<i>Hydroptilidae.</i>	<i>Perlidae.</i>	No Aplica.
<i>Gomphidae.</i>	<i>Hydropsychidae.</i>	<i>Lymnaeidae.</i>		
<i>Helicopsychidae.</i>	<i>Leptophlebiidae.</i>	<i>Leptophlebiidae.</i>		
<i>Hydropsychidae.</i>	<i>Oligoneuriidae.</i>	<i>Oligoneuriidae.</i>		
<i>Leptophlebiidae.</i>	<i>Perlidae.</i>	<i>Perlidae.</i>		
<i>Leptoceridae.</i>	<i>Pyralidae.</i>	<i>Tricorythidae.</i>		
<i>Oligoneuriidae.</i>	<i>Ptilodactylidae.</i>			

<b>Punto 1, parte alta – Porvenir:</b>	<b>Punto 2, parte media 1 – Bombonal:</b>	<b>Punto 3, parte media 2 – Puente Guandinosa:</b>	<b>Punto 4, parte media baja – Bocatoma:</b>	<b>Punto 5, parte baja – Criollos:</b>
<i>Psephenidae.</i>	<i>Simuliidae.</i>			
<i>Ptilodactylidae.</i>	<i>Tricorythidae.</i>			
<i>Pyralidae</i>				
<i>Polythoridae</i>				
<i>Perlidae</i>				
<i>Tabanidae</i>				

Fuente: *la investigación*

Según las puntuaciones dadas en la **Tabla I**, para la determinación del índice BMWP/Col se determina lo siguiente:

**Punto 1, parte alta – Vda. Porvenir:** Se observa la presencia de 20 familias, de las cuales 9 cuentan con un puntaje 10 de sensibilidad, lo que resulta en 90 puntos; hay 1 familia de puntaje 9 de sensibilidad, resultado con 9 puntos; 2 familias con puntaje de sensibilidad 8, o sea 16 puntos; hay 2 familias con puntaje 7 de sensibilidad, correspondiendo a 14 puntos; 3 familias con puntaje de sensibilidad 6, siendo 18 puntos; 2 familias de puntaje 5 de sensibilidad, resultando con 10 puntos y una familia con puntaje 4 de sensibilidad, o sea 4 puntos, para un total de 161 puntos de valor BMWP/Col y un valor ASPT de 8,05.

**Punto 2, parte media 1 – Vda. Bombonal:** Se encuentran 16 familias, de las cuales 6 con puntaje 10, siendo 60 puntos; una familia con puntaje de sensibilidad 9, correspondiéndole 9 puntos; 2 familias con puntaje de sensibilidad 8, o sea 16 puntos; 3 familias con puntaje 7, resultando 21 puntos; 3 familias de sensibilidad 6, o sea 18 puntos; 1 de puntaje 5, correspondiéndole 5 puntos, para un total de 129 puntos de valor BMWP/Col y un valor ASPT de 8,0625.

**Punto 3, parte media 2 – Puente Guandinosa:** Se encuentran 12 familias, de las cuales hay 3 con puntaje 10; 3 con puntaje 9; 2 con puntaje 7; 3 con puntaje 6 y una con puntaje 4, para un total de 93 puntos de valor BMWP/Col y un valor ASPT de 7,75.

**Punto 4, parte media baja – Bocatoma:** Se encuentra una familia con puntaje 10; una con puntaje 9 y una con puntaje 7, para un total de 26 de valor BMWP/Col y un valor ASPT de 8,6.

**Punto 5, parte baja – Criollos:** No Aplica, ya que en este punto no se lograron captar muestras de individuos debido a efectos de origen antrópico que generan el deterioro de la comunidad de macroinvertebrados hasta el punto de no evidenciar existencia de ninguno, por ende, el valor BMWP/Col para este periodo de monitoreo es de 0 (cero), y el valor ASPT igualmente de 0 (cero).

Llevando los resultados anteriores a la **Tabla 42** clases de calidad de agua, valores BMWP/Col, significado y colores para representaciones cartográficas, obtenemos la siguiente clasificación de agua para los puntos de muestreo.

**Tabla 42:**

*Clasificación de la calidad del agua por punto de monitoreo.*

<i>Punto de muestreo</i>	<i>Clase</i>	<i>Calidad</i>	<i>BMWP/Col</i>	<i>Significado</i>	<i>Color</i>
<b>Punto 1, parte alta – Porvenir:</b>	I	Buena	161	Aguas muy limpias a limpias	Azul
<b>Punto 2, parte media 1 – Bombonal:</b>	I	Buena	129	Aguas muy limpias a limpias	Azul
<b>Punto 3, parte media 2 – Puente Guandinosa:</b>	II	Aceptable	93	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
<b>Punto 4, parte media baja – Bocatoma:</b>	IV	Crítica	26	Aguas muy contaminadas	Naranja

<b>Punto 5, parte baja – Criollos:</b>	V	Muy Crítica	0	Aguas fuertemente contaminadas	<b>Rojo</b>
--	---	----------------	---	-----------------------------------	-------------

**Fuente:** *la investigación*

Se observa que el deterioro de la calidad del agua es evidente ya que pasa de aguas muy limpias, a aguas fuertemente contaminadas sobre el tramo de estudio debido a variables de origen natural y antrópicas, especialmente actividades agrícolas que se encuentran asentadas en la rivera del río Guachicos, como principal actividad dentro de la agricultura, la zona se caracteriza por el desarrollo de la caficultura, ya que es el principal productor de café especial del sur del país, esta actividad genera una serie de residuos contaminantes, por el uso de agroquímicos para los cultivos, los cuales llegan al cauce del río por medio de fuentes de transporte, como es la vía aérea, por la aspersión de pesticidas, hídrica y suelo. Adicional a ello, existen contaminantes externos a la actividad cafetera, como lo es la minería ilegal, siendo otro factor de gran influencia del deterioro de la calidad hídrica del río.

Del punto 1, parte alta – Porvenir, hasta el Punto 5, parte baja – Criollos, se cuenta con un recorrido aproximado de 24,8 km, distancia suficiente en la que se demuestra el deterioro del río por causa de los vertimientos puntuales y difusos provenientes de la actividad cafetera, la minería ilegal e inadecuada disposición final de residuos sólidos de las viviendas ubicadas en la rivera del río.

Para tener una mejor perspectiva de la variación calidad del agua según el índice BMWP/Col de los puntos de muestreo, se realizó la Tabla 43 por fecha para cada uno de los puntos de muestreo.

**Tabla 43:**

*Clasificación de la calidad del agua por fecha de monitoreo.*

Puntos de muestreo.		Fechas de muestreo.					
		Septiembre / 2020	Octubre / 2020	Noviembre / 2020	Diciembre / 2020	Enero / 2021	Febrero / 2021
Punto #1, parte alta - Porvenir.	Familias.	<i>Leptophlebiidae, Aeshnidae, Perlidae, Psephenidae, Ptilodactylidae, Hydropsychidae.</i>	<i>Blepharoceridae, Psephenidae, Perlidae, Leptophlebiidae, Hydropsychidae, Aeshnidae, Oligoneuriidae, Ptilodactylidae, Elmidae, Gomphidae, Corydalidae, Leptoceridae, Empididae, Dryopidae.</i>	<i>Hydropsychidae, Perlidae, Blepharoceridae, Elmidae, Gomphidae, Leptophlebiidae, Psephenidae, Ptilodactylidae, Corydalidae, Empididae, Oligoneuriidae, Pyralidae.</i>	<i>Perlidae, Corydalidae, Gomphidae, Hydropsychidae, Psephenidae, Elmidae, Oligoneuriidae, Polythoridae, Tabanidae.</i>	<i>Corydalidae, Psephenidae, Hydropsychidae, Perlidae, Gomphidae, Blepharoceridae, Calopterygidae, Helicopsychidae, Leptophlebiidae, Oligoneuriidae, Empididae, Elmidae, Polythoridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae.</i>	<i>Hydropsychidae, Perlidae, Gomphidae, Oligoneuriidae, Leptophlebiidae, Elmidae, Corydalidae, Psephenidae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Calopterygidae.</i>
	Clase:	III	I	II	II	I	II
	Calidad:	Dudosa	Buena	Aceptable	Aceptable	Buena	Aceptable
	BMWP/Col:	52	113	97	74	127	95
	Significado:	Aguas moderadamente contaminadas.	Aguas muy limpias a limpias.	Aguas ligeramente contaminadas.	Aguas ligeramente contaminadas.	Aguas muy limpias a limpias.	Aguas ligeramente contaminadas.
	Color:	Amarillo.	Azul.	Verde.	Verde.	Azul.	Verde.
Punto #2, parte media 1 - Bombonal.	Familias.	<i>Perlidae, Leptophlebiidae, Elmidae, Ptilodactylidae, Calopterygidae, Hydropsychidae, Corydalidae.</i>	<i>Corydalidae, Hydropsychidae, Leptophlebiidae, Tricorythidae, Perlidae, Elmidae, Gomphidae.</i>	<i>Helicopsychidae, Dryopidae, Hydropsychidae, Corydalidae, Simuliidae, Leptophlebiidae, Perlidae, Baetidae.</i>	<i>Hydropsychidae, Perlidae, Corydalidae, Elmidae, Leptophlebiidae, Gomphidae, Simuliidae, Tricorythidae.</i>	<i>Hydropsychidae, Perlidae, Ptilodactylidae, Leptophlebiidae, Oligoneuriidae, Corydalidae, Elmidae, Blepharoceridae, Baetidae, Gomphidae.</i>	<i>Hydropsychidae, Perlidae, Leptophlebiidae, Oligoneuriidae, Elmidae, Blepharoceridae, Corydalidae, Gomphidae, Calopterygidae, Ptilodactylidae, Pyralidae.</i>
	Clase:	III	III	II	II	II	II

	Calidad:	Dudosa	Dudosa	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
	BMWP/Col:	55	58	62	66	85	90
	Significado:	Aguas moderadamente contaminadas.	Aguas moderadamente contaminadas.	Aguas ligeramente contaminadas.	Aguas ligeramente contaminadas.	Aguas ligeramente contaminadas.	Aguas ligeramente contaminadas.
	Color:	Amarillo.	Amarillo.	Verde.	Verde.	Verde.	Verde.
Punto #3, parte media 2 - Puente Guandinosa.	Familias.	<i>Leptophlebiidae, Oligoneuriidae, Hydropsychidae.</i>	<i>Hydropsychidae, Leptophlebiidae, Perlidae, Tricorythidae, Oligoneuriidae, Gomphidae, Corydalidae, Elmidae, Dryopidae, Lymnaeidae, Hydroptilidae.</i>	<i>Dryopidae, Hydropsychidae, Corydalidae, Perlidae, Leptophlebiidae.</i>	<i>Hydropsychidae, Perlidae, Gomphidae, Leptophlebiidae, Tricorythidae.</i>	<i>Hydropsychidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Perlidae, Corydalidae.</i>	<i>Hydropsychidae, Corydalidae, Leptophlebiidae, Gomphidae.</i>
	Clase:	IV	II	III	III	III	IV
	Calidad:	Crítica	Aceptable	Dudosa	Dudosa	Dudosa	Crítica
	BMWP/Col:	26	86	39	46	41	32
	Significado:	Aguas muy contaminadas.	Aguas ligeramente contaminadas.	Aguas moderadamente contaminadas.	Aguas moderadamente contaminadas.	Aguas moderadamente contaminadas.	Aguas muy contaminadas.
	Color:	Naranja.	Verde.	Amarillo.	Amarillo.	Amarillo.	Naranja.
	Familias.	<i>Leptophlebiidae, Hydropsychidae, Perlidae.</i>	<i>Hydropsychidae, Leptophlebiidae.</i>	<i>No Aplica.</i>	<i>No Aplica.</i>	<i>No Aplica.</i>	<i>No Aplica.</i>
Clase:	IV	IV	V	V	V	V	
Calidad:	Crítica	Crítica	Muy crítica	Muy crítica	Muy crítica	Muy crítica	
BMWP/Col:	26	16	0	0	0	0	
Significado:	Aguas muy contaminadas.	Aguas muy contaminadas.	Aguas fuertemente contaminadas.	Aguas fuertemente contaminadas.	Aguas fuertemente contaminadas.	Aguas fuertemente contaminadas.	
Color:	Naranja.	Naranja.	Rojo.	Rojo.	Rojo.	Rojo.	
Punto #5, parte baja - Criollos.	Familias.	<i>No Aplica.</i>	<i>No Aplica.</i>	<i>No Aplica.</i>	<i>No Aplica.</i>	<i>No Aplica.</i>	<i>No Aplica.</i>
	Clase:	V	V	V	V	V	V
	Calidad:	Muy crítica	Muy crítica	Muy crítica	Muy crítica	Muy crítica	Muy crítica
	BMWP/Col:	0	0	0	0	0	0
	Significado:	Aguas fuertemente contaminadas.	Aguas fuertemente contaminadas.	Aguas fuertemente contaminadas.	Aguas fuertemente contaminadas.	Aguas fuertemente contaminadas.	Aguas fuertemente contaminadas.
	Color:	Rojo.	Rojo.	Rojo.	Rojo.	Rojo.	Rojo.

Fuente: la investigación

En la tabla anterior, se relacionó el índice BMWP/Col de cada punto de muestreo, por fecha de muestreo (mes), para poder realizar una mejor comprensión e interpretación de las variaciones en cuanto a cantidad sobre presencia de los macroinvertebrados. Se encuentra que la calidad del agua posee una tendencia decreciente, ya que generalmente pasa de aguas muy limpias – limpias hasta aguas fuertemente contaminadas.

En el punto 1, parte alta – Porvenir; a pesar de la presencia de una baja carga contaminante proveniente de los residuos agrícolas del cultivo del café y de la minería ilegal que se está incursionando en la zona, se puede generar un desequilibrio ecosistémico y alteración de las características del cauce, en promedio los resultados de calidad del agua para este punto se mantienen en buena, aguas muy limpias a limpias.

En el punto 2, parte media 1 – Bombonal; la calidad del agua se sitúa en promedio como buena y aguas muy limpias a limpias, sin embargo, se observa que existen variables constantes de vertimientos puntuales y difusos sobre la fuente que alteran la composición y calidad de la misma.

En el punto 3, parte media 2 – Puente Guandinoso; la calidad del agua para este punto a nivel promedio refleja ya un deterioro en cuanto a la calidad del recurso, debido a que se ubica en calidad aceptable, aguas ligeramente contaminadas. En este punto a nivel de muestras por fecha, el índice BMWP/Col presentó un cambio brusco en los últimos meses en cuanto a la presencia de macroinvertebrados debido a que se realizaron adecuaciones hidráulicas sobre el lecho del río, modificando completamente el ecosistema lenticó del punto de muestreo.

En el punto 4, parte media baja – Bocatoma; Al igual que el anterior punto de muestreo, debido a las fuertes lluvias que se presentaron en los últimos meses de muestreo estaban ocasionando represamiento en la parte alta del río y subcuentas que surten al mismo, se realizaron adecuaciones hidráulicas con el fin de aumentar el caudal del río, entonces,

sumándole el factor climático, más la intervención antrópica del punto, la comunidad de macroinvertebrados se vio disminuida en un 100%, dando así un valor BMWP/Col bajo para una calidad crítica, aguas muy contaminadas.

En el punto 5, parte baja – Criollos; Este punto se clasifica como el más crítico debido a que se ubica tanto generalmente como individual con una calidad crítica, aguas fuertemente contaminadas. En este punto observamos un deterioro alarmante sobre la comunidad de los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua del mismo, debido a la carga contaminante que es vertida al río sobre el tramo de estudio.

### **Resultados Fase 3. Comparación de información de investigaciones con macroinvertebrados en la zona de estudio que corresponde al río Guachicos.**

Los índices de Simpson y Shannon Weaver, corresponden a indicativos de diversidad de especies que dominan en el ecosistema de estudio, donde se integran los valores de la riqueza específica y la equitabilidad. Al igual que el cálculo del índice BMWP/Col, este se realizará por punto de muestreo para posteriormente realizar un análisis comparativo entre los índices.

## Índice de Simpson

Para el cálculo del índice de Simpson se utiliza la siguiente fórmula.

$$D_S = 1 - \frac{\sum n_i (n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Donde;

$n_i$  = número de individuos de una especie.

$N$  = número total de individuos de todas las especies presentes.

Para la interpretación de los resultados de los cálculos del índice de Simpson, según Briceño (2020) se sabe que, si el valor de  $D_S$  da cero, quiere decir baja diversidad o sea dominancia de una especie y si dicho valor de  $D_S$  es 1, significa que hay una alta tasa de diversidad, lo que quiere decir que no existe dominancia de una sola especie.

Para una mejor interpretación de los resultados podemos hacer uso de la **Tabla 44**.

### Tabla 44:

*Valores de interpretación del Índice de Simpson.*

<i>Valores</i>	<i>Interpretación</i>
Cercanos a 0	Diversidad Baja
Cercanos a 1	Diversidad Alta

*Fuente: (Briceño, 2020)*

### Punto 1, parte alta Vda. El Porvenir

Para el cálculo del índice de Simpson, se utiliza la **Tabla 45**, la cual relaciona información sobre los órdenes colectados en el punto 1, parte alta, Vda. El Porvenir.

**Tabla 45:**

*Datos punto 1 para el cálculo del Índice de Simpson.*

<b>Orden</b>	<b>No. de Individuos.</b>
<i>Trichoptera</i>	1433
<i>Plecóptera</i>	480
<i>Ephemeroptera</i>	157
<i>Coleóptera</i>	81
<i>Odonata</i>	60
<i>Neuróptera</i>	29
<i>Díptera</i>	13
<i>Lepidóptera</i>	1
<b>Total</b>	<b>2254</b>

**Fuente:** *la investigación*

$$D_s = 1 - \frac{(81 * 80) + (13 * 12) + (157 * 156) + (1 * 0) + (29 * 28) + (60 * 59) + (480 * 479) + (1433 * 1432)}{2254 (2253)}$$

$$D_s = 1 - \frac{6480 + 156 + 24492 + 0 + 812 + 3540 + 229920 + 2052056}{5078262} \rightarrow D_s = 1 - \frac{2317456}{5078262}$$

$$D_s = 1 - 0,456 \rightarrow D_s \approx 0,544$$

Para el punto 1, parte alta – Porvenir, el resultado del índice de Simpson, obtuvo un valor aproximado de 0,544, lo que resulta como indicativo de mediano grado de diversidad, o sea dominancia de una especie sobre las demás, en este caso se observa que el orden dominante es el Trichoptera.

## Punto 2, parte media 1 Vda. El Bombonal

Para el cálculo del índice de Simpson, se utiliza la **Tabla 46**, la cual relaciona información sobre los órdenes colectados en el punto 2, parte media 1, Vda. El Bombonal.

**Tabla 46:**

*Datos punto 2 para el cálculo del Índice de Simpson.*

Orden	No. de Individuos.
<i>Trichoptera</i>	517
<i>Ephemeroptera</i>	462
<i>Plecóptera</i>	163
<i>Neuróptera</i>	38
<i>Coleóptera</i>	27
<i>Odonata</i>	24
<i>Díptera</i>	4
<i>Lepidóptera</i>	1
Total	1236

**Fuente:** *la investigación*

$$D_s = 1 - \frac{(27 * 26) + (4 * 3) + (462 * 461) + (1 * 0) + (38 * 37) + (24 * 23) + (163 * 162) + (517 * 516)}{1236 (1235)}$$

$$D_s = 1 - \frac{702 + 12 + 212982 + 0 + 1406 + 552 + 26406 + 266772}{1526460} \rightarrow D_s = 1 - \frac{508832}{1526460}$$

$$D_s = 1 - 0,333 \rightarrow D_s \approx 0,667$$

Para el punto 2, parte media 1 – Bombonal, el resultado del índice de Simpson, obtuvo un valor aproximado de 0,667, resultando como indicativo de diversidad media, lo que quiere decir que presenta una dominancia compartida de dos especies sobre las demás, en este caso se observa que dichas especies son de orden Trichoptera y Ephemeroptera.

**Punto 3, parte media 2 Puente Guandinosa:**

Para el cálculo del índice de Simpson, se utiliza la **Tabla 47**, la cual relaciona información sobre los órdenes colectados en el punto 3, parte media 2, puente Guandinosa.

**Tabla 47:**

*Datos punto 3 para el cálculo del Índice de Simpson.*

<b>Orden</b>	<b>No. de Individuos.</b>
<i>Trichoptera</i>	260
<i>Ephemeroptera</i>	234
<i>Plecóptera</i>	55
<i>Neuróptera</i>	10
<i>Odonata</i>	8
<i>Coleóptera</i>	5
<i>Basommatophora</i>	2
<b>Total</b>	<b>574</b>

**Fuente:** *la investigación*

$$D_s = 1 - \frac{(2 * 1) + (5 * 4) + (234 * 233) + (10 * 9) + (8 * 7) + (55 * 54) + (260 * 259)}{574 (573)}$$

$$D_s = 1 - \frac{2 + 20 + 54522 + 90 + 56 + 2970 + 67340}{328902} \rightarrow D_s = 1 - \frac{125000}{328902}$$

$$D_s = 1 - 0,380 \rightarrow D_s \approx 0,62$$

Para el punto 3, parte media 2 – Puente Guandinosa, el resultado del índice de Simpson, obtuvo un valor aproximado de 0,62, resultando como indicativo de diversidad media, lo que quiere decir que presenta una dominancia compartida de dos especies sobre las

demás, en este caso se observa que dichas especies son de orden Trichoptera y Ephemeroptera.

#### **Punto 4, parte media baja Bocatoma, Vda. La Palma**

Para el cálculo del índice de Simpson, se utiliza la **Tabla 48**, la cual relaciona información sobre los órdenes colectados en el punto 4, parte media, baja Bocatoma, Vda. La Palma.

**Tabla 48:**

*Datos punto 4 para el cálculo del Índice de Simpson.*

<b>Orden</b>	<b>No. de Individuos.</b>
<i>Ephemeroptera</i>	13
<i>Trichoptera</i>	13
<i>Plecóptera</i>	3
Total	29

**Fuente:** *la investigación*

$$D_s = 1 - \frac{(13 * 12) + (3 * 2) + (13 * 12)}{29(28)}$$

$$D_s = 1 - \frac{156 + 6 + 156}{812} \rightarrow D_s = 1 - \frac{318}{812}$$

$$D_s = 1 - 0,391 \rightarrow D_s \approx 0,609$$

Para el punto 4, parte media baja – Bocatoma, el resultado del índice de Simpson, obtuvo un valor aproximado de 0,609, resultando como indicativo de diversidad media, lo

que quiere decir que presenta una dominancia compartida de dos especies sobre las demás, en este caso se observa que dichas especies son de orden Trichoptera y Ephemeroptera.

### **Punto 5, parte baja Vda. Criollos:**

En este punto el índice Simpson es 0, ya que en este punto no se lograron captar muestras de individuos debido a efectos de origen antrópico que generan el deterioro de la comunidad de macroinvertebrados hasta el punto de no evidenciar existencia de ningún individuo.

### **Índice de Shannon – Weaver**

Para el cálculo del índice de Shannon – Weaver haremos uso de la siguiente fórmula.

$$H' = - \sum_{i=1}^s (p_i * \ln p_i)$$

$$H' = - \sum (p_i * \ln p_i)$$

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

Donde;

$p_i$  = cantidad de individuos de una especie respecto al total de individuos.

$n_i$  = número de individuos de una especie determinada.

$N$  = número total de los individuos de todas las especies.

Para la interpretación de los resultados obtenidos sobre los cálculos del índice de Shannon – Weaver para cada uno de los puntos de muestreo se tiene que según Somarriba (1999) el valor de  $H'$  según varios estudios ecológicos, varía entre 1 un máximo de 4.5, considerando que valores  $< 2$  son considerados con diversidad baja y valores  $> 3$ , poseen alta diversidad de especies.

### Punto 1, parte alta Vda. El Porvenir

Para el cálculo del índice de Shannon Weaver, se utiliza la **Tabla 49**, la cual relaciona información sobre los órdenes colectados en el punto 1, parte alta, Vda. El Porvenir.

**Tabla 49:**

*Datos punto 1 para el cálculo del índice de Shannon - Weaver.*

Orden	No. de Individuos.	$p_i = \frac{n_i}{N}$	$p_i * \ln p_i$
<i>Trichoptera</i>	1433	0,636	-0,288
<i>Plecóptera</i>	480	0,213	-0,329
<i>Ephemeroptera</i>	157	0,07	-0,186
<i>Coleóptera</i>	81	0,036	-0,12
<i>Odonata</i>	60	0,027	-0,097
<i>Neuróptera</i>	29	0,013	-0,056
<i>Díptera</i>	13	0,006	-0,03
<i>Lepidóptera</i>	1	0	-0,003
Total	2254		

Fuente: la investigación

$$\sum (p_i * \ln p_i) = -1,109$$

$$H' = -(-1.215) \rightarrow H' = 1,109$$

Para el punto 1, parte alta – Porvenir, se obtuvo un valor de índice de Shannon – Weaver de 1,109, el cual corresponde a que este punto posee una baja diversidad de especies en cuanto a equidad de las mismas.

### **Punto 2, parte media 1 Vda. El Bombonal**

Para el cálculo del índice de Shannon Weaver, se utiliza la **Tabla 50**, la cual relaciona información sobre los órdenes colectados en el punto 2, parte media 1, Vda. El Bombonal.

**Tabla 50:**

*Datos punto 2 para el cálculo del índice de Shannon - Weaver.*

<b>Orden</b>	<b>No. de Individuos.</b>	$p_i = \frac{n_i}{N}$	$p_i * \ln p_i$
<i>Trichoptera</i>	517	0,418	-0,365
<i>Ephemeroptera</i>	462	0,374	-0,368
<i>Plecóptera</i>	163	0,132	-0,267
<i>Neuróptera</i>	38	0,031	-0,107
<i>Coleóptera</i>	27	0,022	-0,084
<i>Odonata</i>	24	0,019	-0,077
<i>Díptera</i>	4	0,003	-0,019
<i>Lepidóptera</i>	1	0,001	-0,006
Total	1236		

**Fuente:** *la investigación*

$$\sum (p_i * \ln p_i) = -1,293$$

$$H' = -(-1.215) \rightarrow H' = 1,293$$

Para el punto 2, parte media 1 – Bombonal, se obtuvo un valor de índice de Shannon – Weaver de 1,293, el cual corresponde a que este punto posee una baja diversidad de especies en cuanto a equidad de las mismas.

### Punto 3, parte media 2 Puente Guandinosa

Para el cálculo del índice de Shannon Weaver, se utiliza la **Tabla 51**, la cual relaciona información sobre los órdenes colectados en el punto 3, parte media 2, Puente Guandinosa.

**Tabla 51:**

*Datos punto 3 para el cálculo del índice de Shannon - Weaver.*

Orden	No. de Individuos.	$p_i = \frac{n_i}{N}$	$p_i * \ln p_i$
<i>Trichoptera</i>	260	0,21	-0,328
<i>Ephemeroptera</i>	234	0,189	-0,315
<i>Plecóptera</i>	55	0,044	-0,138
<i>Neuróptera</i>	10	0,008	-0,039
<i>Odonata</i>	8	0,006	-0,033
<i>Coleóptera</i>	5	0,004	-0,022
<i>Basommatophora</i>	2	0,002	-0,01
Total	574		

Fuente: la investigación

$$\sum (p_i * \ln p_i) = -0,885$$

$$H' = -(-1.215) \rightarrow H' = 0,885$$

Para el punto 3, parte media 2 – Puente Guandinosa, se obtuvo un valor de índice de Shannon – Weaver de 0,885, el cual corresponde a que este punto posee una diversidad fuertemente baja de especies en cuanto a equidad de las mismas.

### Punto 4, parte media baja Bocatoma Vda. La Palma

Para el cálculo del índice de Shannon Weaver, se utiliza la **Tabla 52**, la cual relaciona información sobre los órdenes colectados en el punto 4, parte media baja, Bocatoma Vda. La Palma.

**Tabla 52:**

*Datos punto 4 para el cálculo del índice de Shannon - Weaver.*

<b>Orden</b>	<b>No. de Individuos.</b>	$p_i = \frac{n_i}{N}$	$p_i * \ln p_i$
<i>Ephemeroptera</i>	13	0,011	-0,048
<i>Trichoptera</i>	13	0,011	-0,048
<i>Plecóptera</i>	3	0,002	-0,015
Total	29		

Fuente: *la investigación*

$$\sum (p_i * \ln p_i) = -0,111$$

$$H' = -(-1.215) \rightarrow H' = 0,111$$

Para el punto 4, parte media baja – Bocatoma, se obtuvo un valor de índice de Shannon – Weaver de 0,111, el cual corresponde a que este punto posee una diversidad fuertemente baja de especies en cuanto a equidad de las mismas

### **Punto 5, parte baja Vda. Criollos**

Para el punto 5 parte baja de la Vda. Criollo se obtuvo un valor de índice de Shannon Weaver de 0, ya que en este punto no se lograron captar muestras de individuos debido a

efectos de origen antrópico que generan el deterioro de la comunidad de macroinvertebrados hasta el punto de no evidenciar existencia de ninguno.

### **Índice de Margalef**

Para el cálculo del índice de Margalef se hará uso de la siguiente fórmula.

$$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln(N)}$$

Donde;

S = número de especies.

N = número total de los individuos.

Para la interpretación de los resultados obtenidos sobre los cálculos del índice de Margalef para cada uno de los puntos de muestreo se tiene que según el Humbolt (2014) el valor de  $D_{Mg}$ , varía según el tamaño de la muestra, esta toma tiene un valor mínimo de cero, cuando solo hay presencia de una sola especie en la muestra. El índice de Margalef indica que valores menores a 2 existe una baja riqueza de especies en la zona y valores superiores a 5 denotan una gran riqueza de especies en los puntos caracterizados.

### **Punto 1, parte alta Vda. El Porvenir**

Para el cálculo del índice de Margalef, se utiliza la **Tabla 53**, la cual relaciona información sobre las familias colectadas en el punto 1, parte alta, Vda. El Porvenir.

**Tabla 53:**

*Datos punto 1, para el cálculo del Índice de Margalef.*

<b>Familia.</b>	<b>No. de Individuos.</b>
<i>Hydropsychidae</i>	1422
<i>Perlidae</i>	480
<i>Leptophlebiidae</i>	138
<i>Elmidae</i>	39
<i>Gomphidae</i>	30
<i>Corydalidae</i>	29
<i>Psephenidae</i>	28
<i>Oligoneuriidae</i>	23
<i>Ptilodactylidae</i>	13
<i>Aeshnidae</i>	11
<i>Calopterygidae</i>	11
<i>Empididae</i>	8
<i>Calamoceratidae</i>	6
<i>Blepharoceridae</i>	4
<i>Polythoridae</i>	4
<i>Helicopsychidae</i>	3
<i>Leptoceridae</i>	2
<i>Dryopidae</i>	1
<i>Tabanidae</i>	1
<i>Pyralidae</i>	1
<i>Total</i>	2254

**Fuente:** *la investigación*

$$D_{Mg} = \frac{20 - 1}{\ln(2254)} \rightarrow D_{Mg} = 2,460$$

Para el punto 1, parte alta – Porvenir, se obtuvo un valor de índice de Margalef de 2,460, el cual corresponde a una riqueza media baja de especies.

### **Punto 2, parte media 1 Vda. El Bombonal**

Para el cálculo del índice de Margalef, se utiliza la **Tabla 54**, la cual relaciona información sobre las familias colectadas en el punto 2, parte media 1, Vda. El Bombonal.

**Tabla 54:**

*Datos punto 2, para el cálculo del Índice de Margalef.*

<b>Familia.</b>	<b>No. de Individuos.</b>
<i>Hydropsychidae</i>	516
<i>Leptophlebiidae</i>	437
<i>Perlidae</i>	163
<i>Corydalidae</i>	38
<i>Elmidae</i>	18
<i>Gomphidae</i>	18
<i>Tricorythidae</i>	13
<i>Baetidae</i>	10
<i>Ptilodactylidae</i>	8
<i>Calopterygidae</i>	6
<i>Blepharoceridae</i>	2
<i>Simuliidae</i>	2
<i>Oligoneuriidae</i>	2
<i>Dryopidae</i>	1
<i>Pyralidae</i>	1
<i>Helicopsychidae</i>	1
<i>Total</i>	1236

**Fuente:** *la investigación*

$$D_{Mg} = \frac{16 - 1}{\ln(1236)} \rightarrow D_{Mg} = 2,106$$

Para el punto 2, parte media 1 – Bombonal, se obtuvo un valor de índice de Margalef de 2,106, el cual corresponde a una media baja riqueza de especies.

### **Punto 3, parte media 2 Puente Guandinos**

Para el cálculo del índice de Margalef, se utiliza la **Tabla 55**, la cual relaciona información sobre las familias colectadas en el punto 3, parte media 2, puente la Guandinosa.

**Tabla 55:**

*Datos punto 3, para el cálculo del Índice de Margalef.*

<b>Familia.</b>	<b>No. de Individuos.</b>
<i>Hydropsychidae</i>	258
<i>Leptophlebiidae</i>	205
<i>Perlidae</i>	55
<i>Oligoneuriidae</i>	19
<i>Tricorythidae</i>	10
<i>Corydalidae</i>	10
<i>Gomphidae</i>	8
<i>Dryopidae</i>	4
<i>Lymnaeidae</i>	2
<i>Elmidae</i>	1
<i>Hydrobiosidae</i>	1
<i>Hydroptilidae</i>	1
<i>Total</i>	574

**Fuente:** *la investigación*

$$D_{Mg} = \frac{12 - 1}{\ln(574)} \rightarrow D_{Mg} = 1,731$$

Para el punto 3, parte media 2 – Puente Guandinosa, se obtuvo un valor de índice de Margalef de 1,731, el cual corresponde a que este punto posee una riqueza baja de especies.

#### **Punto 4, parte media baja Bocatoma Vda. La Palma**

Para el cálculo del índice de Margalef, se utiliza la **Tabla 56** la cual relaciona información sobre las familias colectadas en el punto 4, parte media baja, Bocatoma, Vda. La Palma.

**Tabla 56:**

*Datos punto 4, para el cálculo del Índice de Margalef.*

<b>Familia</b>	<b>No. de Individuos.</b>
Leptophlebiidae	13
Perlidae	3
Hydropsychidae	13
Total	29

**Fuente:** *la investigación*

$$D_{Mg} = \frac{3 - 1}{\ln(29)} \rightarrow D_{Mg} = 0,593$$

Para el punto 4, parte media baja – Bocatoma, se obtuvo un valor de índice de Margalef de 0,593, el cual corresponde a que este punto posee una riqueza fuertemente baja de especies.

### **Punto 5, parte baja Vda. Criollos**

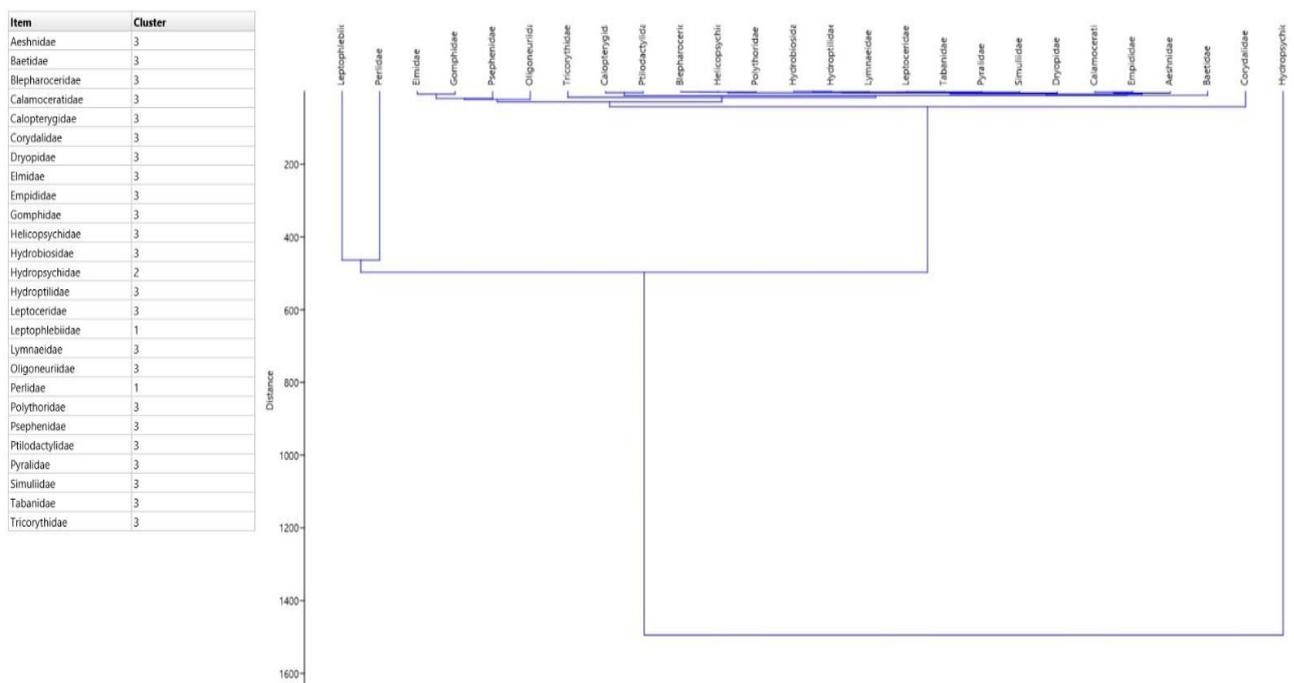
Para el punto 5 parte baja de la Vda. Criollo se obtuvo un valor de índice de Margalef de 0, ya que en este punto no se lograron captar muestras de individuos debido a efectos de origen antrópico que generan el deterioro de la comunidad de macroinvertebrados hasta el punto de no evidenciar existencia de ninguno.

### **Análisis de los componentes principales.**

Se realizó un análisis de componentes principales de acuerdo a las familias, a los puntos determinados para la investigación, además de ello se relacionaron los índices de diversidad, tales como: Simpson, Shannon Weaver y Margalef, de igual forma se plasmó la información en Dendogramas general por puntos y por fechas.

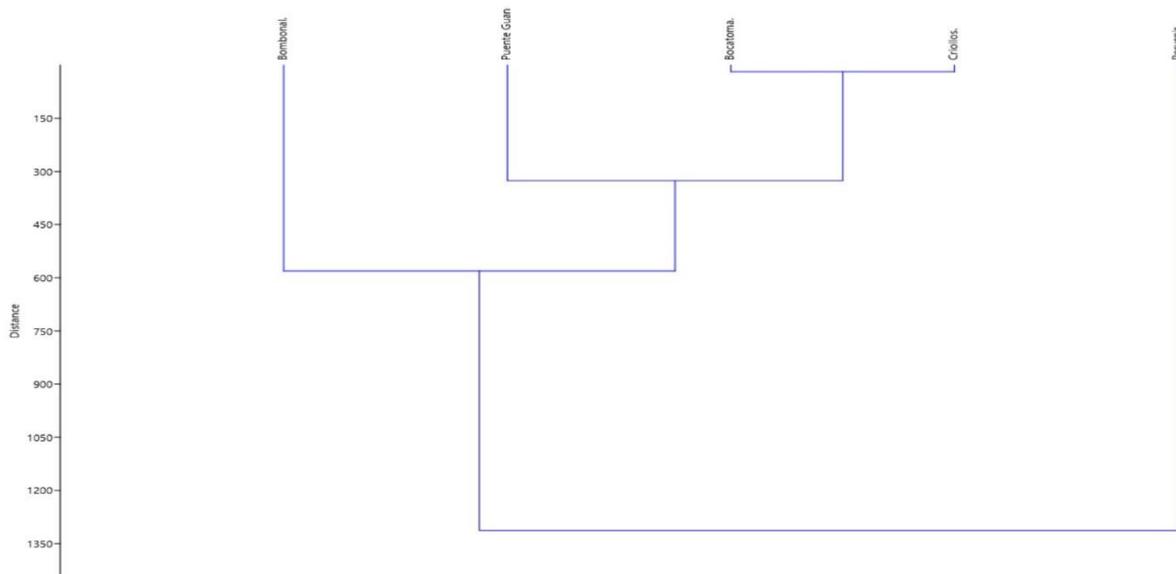
**Figura 28.**

*Análisis General por familias*



**Fuente:** Software PAST

En cuanto al análisis general por familias, se evidencia dominancia de las familias tales como: *Hydropsychidae*, *Leptophlebiidae* y *Perlidae*, mientras que las demás familias se encuentran agrupadas ya que poseen una similitud en cuanto a la abundancia o número de individuos encontrados.

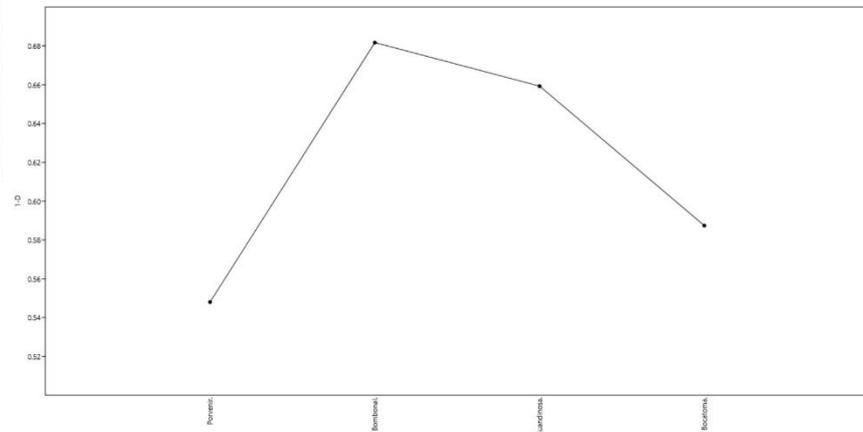
**Figura 29.***Análisis General por puntos.***Fuente:** *Software PAST*

Relaciona la similitud en abundancia de individuos presentes en cada uno de los puntos en cuanto a los meses, de esta manera en la Vereda El Porvenir se presenta una abundancia diferente en cuanto a presencia de individuos en relación con la Vereda El Bombonal en el cual se evidencia la presencia de algunos individuos presentes en el punto 1 mientras que en el punto del puente de La Guandinosa y Bocatoma se presenta una similitud en cuanto a la abundancia de los individuos.

Figura 30.

## Índices de Simpson o índice de Dominancia

	Porvenir.	Bombonal.	Puente Guandino.	Bocatoma.
Tasa S	20	16	12	9
Individuals	2244	1236	574	29
Dominance_D	0.452	0.3183	0.3407	0.4126
Simpson_1-D	0.548	0.6817	0.6593	0.5874
Shannon_H	1.228	1.424	1.353	0.954
Evenness_e^HUS	0.1707	0.2955	0.3224	0.3654
Briouan	1.211	1.4	1.337	0.94
Menshick	0.4222	0.4551	0.5009	0.5571
Margalef	2.462	2.107	1.712	0.9339
Equitability_J	0.41	0.5134	0.5444	0.3684
Fisher_alpha	1.076	2.594	2.148	0.8404
Bergey-Parker	0.8333	0.4175	0.4495	0.4683
Chao-1	21.5	16.25	13.5	3



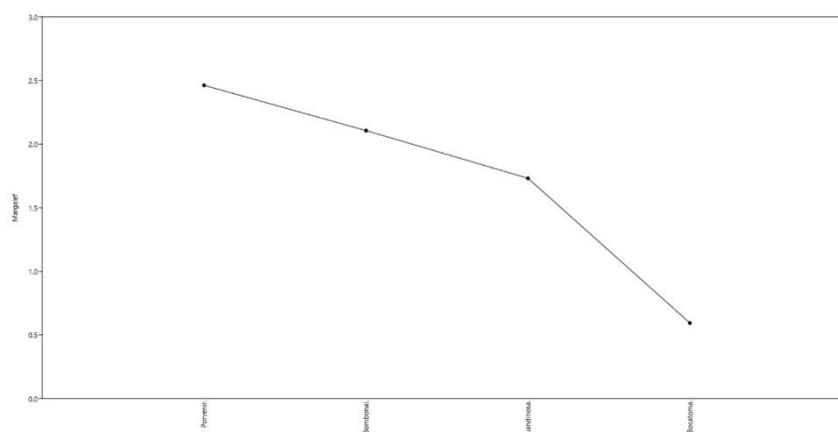
Fuente: Software PAST

En el análisis del índice de Simpson o índice de dominancia, se evidencia que el punto 1 ubicado en la vereda El Porvenir se presenta una diversidad mediana, reflejada por la dominancia de una sola especie sobre las otras, en este caso el Orden Trichoptera, mientras que en el punto 2 ubicado en la vereda Bombonal se presenta una diversidad media, con dominancia compartida entre dos órdenes; Trichoptera y Ephemeroptera. Mientras que en los puntos 3 y 4 ubicados en el puente de La Guandinoso y Bocatoma respectivamente se evidencia la dominancia de las mismas dos especies que en punto 2 Vereda Bombonal y finalmente el punto 5 ubicado en la Vereda Criollos el resultado es cero debido a que en este punto no se logró la colecta de individuos.

Figura 31.

## Índice de Margalef

	Porvenir.	Bombonal.	Puente Guandino	Bocatoma.
Taxa S	20	16	12	3
Individuals	2244	1236	574	29
Dominance_D	0.452	0.3183	0.3407	0.4126
Simpson_1-D	0.548	0.6817	0.6593	0.5874
Shannon_H	1.228	1.424	1.353	0.954
Evenness_e^H/S	0.1707	0.2595	0.3224	0.6654
Brillouin	1.211	1.4	1.317	0.84
Menshnick	0.4222	0.4551	0.5009	0.5571
Margalef	2.462	2.107	1.732	0.5939
Equitability_J	0.41	0.5134	0.5444	0.6884
Fisher_alpha	3.026	2.594	2.146	0.8404
Berger-Parker	0.6337	0.4175	0.4495	0.4483
Chao-1	21.5	16.75	13.5	3



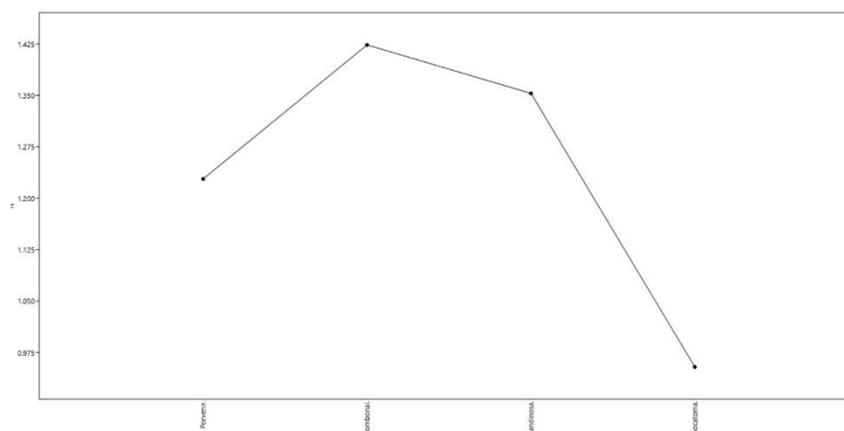
Fuente: Software PAST

En relación con el índice de Margalef, el punto 1 ubicado en la Vereda El porvenir presenta una riqueza de especies media, el punto 2 ubicado en la vereda El Bombonal posee una riqueza en especies media baja, mientras que el punto 3 ubicado en el puente de la Guandinoso presenta una riqueza de especies baja debido a los cambios que sufrió el ecosistema y el punto 4 ubicado en la Bocatoma presenta una riqueza fuertemente baja en cuanto a presencia de especies, finalmente en el punto 5 el resultado es cero ya que en este punto no se logró la colecta de individuos.

Figura 32.

## Índice de Shannon Weaver.

	Porvenir.	Bombonal.	Puente Guandino	Bocatoma.
Taxa S	20	16	12	3
Individuals	2244	1236	574	29
Dominance_D	0.452	0.3183	0.3407	0.4126
Simpson_1-D	0.548	0.6817	0.6593	0.5874
Shannon_H	1.228	1.424	1.353	0.954
Evenness_e^H/S	0.1707	0.2595	0.3224	0.6654
Brillouin	1.211	1.4	1.317	0.84
Menshnick	0.4222	0.4551	0.5009	0.5571
Margalef	2.462	2.107	1.732	0.5939
Equitability_J	0.41	0.5134	0.5444	0.6884
Fisher_alpha	3.026	2.594	2.146	0.8404
Berger-Parker	0.6337	0.4175	0.4495	0.4483
Chao-1	21.5	16.75	13.5	3



**Fuente:** *Software PAST*

En cuanto a la evaluación mediante la utilización del índice de Shannon Weaver, encontramos que el punto 1 ubicado en la Vereda El Porvenir se presenta una baja diversidad de especies, el punto 2 ubicado en la Vereda El Bombonal presenta una baja diversidad de especies en cuanto a equidad, el punto 3 y 4 ubicados en el puente de La Guandinosa y Bocatoma respectivamente relacionan una diversidad fuertemente baja debido a la alteración del ecosistema y finalmente el punto 5 no se logró la colecta de especies.

### Comparación de índices.

En la **Tabla 57** se realiza la comparación con cada uno de los índices calculados.

**Tabla 57:**

*Índice BMWP/Col Vs. ASPT Vs. Simpson Vs. Shannon Vs Margalef*

<i>Punto de muestreo</i>	<i>Clase</i>	<i>Calidad</i>	<i>Índice BMWP/Col</i>	<i>Índice ASPT</i>	<i>Significado</i>	<i>Color</i>	<i>Índice Simpson</i>	<i>Índice Shannon - Weaver</i>	<i>Índice de Margalef.</i>	<i>Significado.</i>
Punto 1, parte alta – Porvenir:	I	Buena	161	8,05	Aguas muy limpias a limpias.	Azul	0,544	1,109	0,906	Diversidad Media y riqueza media baja.
Punto 2, parte media 1 – Bombonal:	I	Buena	129	8,0625	Ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación	Azul	0,667	1,293	0,983	Diversidad y riqueza Media Baja.
Punto 3, parte media 2 – Puente Guandinoso:	II	Aceptable	93	7,75	Aguas moderadamente contaminadas	Verde	0,62	0,885	0,944	Diversidad Media Baja y baja riqueza.
Punto 4, parte media baja – Bocatoma:	IV	Crítica	26	8,6	Aguas muy contaminadas	Naranja	0,609	0,111	0,593	Diversidad Media Baja y baja riqueza.

Punto 5, parte baja – Criollos:	V	Muy Crítica	0	0	Aguas fuertemente contaminadas, situación crítica	Rojo	0	0	0	Diversidad Baja y baja riqueza.
------------------------------------	---	----------------	---	---	---	------	---	---	---	------------------------------------

**Fuente:** *la investigación*

De acuerdo con lo relacionado en la tabla 57, donde se realiza la comparación de los índices calculados, se puede dimensionar con claridad el deterioro al que se somete el Río Guachicos con el pasar del tiempo. Cada uno de los resultados de los índices calculados son consecuentemente a la calidad del agua que presenta el Río Guachicos en cada uno de los puntos de monitoreo, dichos resultados son acordes al grado de contaminación del agua, la diversidad y riqueza en cuanto a la presencia de comunidades de macroinvertebrados en cada uno de los puntos. Por medio de los mismos, se reafirma que la calidad del agua del afluente presenta un deterioro pasando de aguas muy limpias con diversidad y riqueza media de presencia de macroinvertebrados a aguas fuertemente contaminadas, sin presencia alguna de macroinvertebrados, reflejando así una diversidad y riqueza baja de la población de individuos.

De acuerdo a los puntajes obtenidos del cálculo de los índices y los resultados obtenidos en los Dendogramas correspondientes a los índices se relaciona la concordancia de resultados afirmando el deterioro de la comunidad de macroinvertebrados como principales individuos acuáticos para la determinación de la calidad del agua.

Sin embargo, para el punto 1, parte alta – Vda. Porvenir, punto 2, parte media 1 – Vda. Bombonal la calidad del agua se mantiene en calidad buena y aceptable, con diversidad media, media baja y riqueza media baja, pero en el punto 3, parte media 2 – Puente la Guandinosa se evidencia el punto diferencia donde se determina que los vertimientos puntuales y difusos hacia la fuente perjudican la comunidades lenticas como los macroinvertebrados, y que a su vez la calidad del recurso hídrico se ve afectada negativamente. Posteriormente, en los dos últimos puntos de muestreo se observa es donde evidencia el deterioro alarmante de la calidad del agua del rio Guachicos, donde ya el agua se clasifica como critica a muy crítica de forma muy radical y así mismo, la presencia de comunidades de macroinvertebrados se disminuye a nula.

### **Conclusiones.**

Se evidencia la degradación de las características del agua de los ecosistemas acuáticos para el tramo de estudio, en donde se determina que la calidad del recurso hídrico del Rio Guachicos se encuentra afectada debido a la contaminación frecuente por vertimientos puntuales y difusos de residuos de actividades agrícolas como la cafetera, adicional a ello, se relacionó la contaminación generada a partir de la minería ilegal que se desarrolla en la parte alta de la cuenta, en la vereda el porvenir. De igual forma, se obtuvo evidencia precisa de deposiciones de lodos sobre todo el cauce del rio, derivados de la actividad de refinería de material para construcción.

Durante los meses de muestreo se evidenciaron cambios bruscos de índole antrópico y natural sobre la cuenta en el tramo comprendido que va desde el punto 3 puente la Guandinosa, hasta el punto 4 Bocatoma, donde se vieron alterados los micro ecosistemas presentes en el cauce del rio. Las alteraciones de origen natural se debieron a las fuertes lluvias presentadas durante los meses de septiembre y octubre de 2020, lluvias que obligaron a la ampliación del cauce del rio removiendo el lecho de este.

Esto afectó la presencia de los macroinvertebrados, ya que, con la ampliación del cauce, los cambios de las características de los ecosistemas fueron alteradas; por esta razón en el punto 3 y 4 en las fechas de noviembre en adelante no se lograron obtener muestras.

Para el punto 5 Criollos, no se logró obtener muestra alguna que evidenciara la presencia de macroinvertebrados; esto se debe al alto grado de deterioro y evidente que

presenta el río por vertimiento de variedad de contaminantes que alteran los ecosistemas de los macroinvertebrados.

Según la abundancia de familias por puntos de muestreo se logró determinar el índice BMWP/Col para la calidad del agua del tramo de estudio sobre la cuenta del río Guachicos, el cual va de calidad buena y aguas muy limpias en la parte alta a calidad muy crítica, aguas fuertemente contaminadas en la parte baja.

La caracterización de los macroinvertebrados permitió determinar que las familias con mayor dominancia sobre las demás en la cuenta del río son *Hydropsychidae* y *Perlidae*, que de igual manera son las que mejor se adaptan a cambios en cuanto a las características del medio acuático donde habitan.

Esta investigación es importante porque da continuidad al ejercicio realizado por estudiantes y docentes del grupo de investigación Inyumacizo y se constituye en una oportunidad para que se haga monitoreo de la calidad de agua de una manera económica y sencilla, pero que permita determinar la afectación en un recurso tan sensible como es el agua.

### **Recomendaciones.**

Basados en información obtenida en investigaciones ya realizadas sobre la cuenca del Rio Guachicos para la determinar la calidad del agua del mismo mediante el uso de macroinvertebrados, y la información obtenida en la presente investigación se recomienda que se continúen realizando investigaciones y monitoreos frecuentes a la cuenca del Rio con la finalidad de conocer el estado actual de la cuenca debido a los constantes vertimientos de aguas residuales domesticas y aguas residuales producto del beneficio del café.

Es de gran importancia resaltar que el rio en su parte alta aun presenta características de calidad de agua buena, sin embargo, la expansión de la frontera agrícola está generando impactos negativos sobre la calidad del mismo, por ende es de gran importancia que por medio de las autoridades competentes como la CAM y la Alcaldía Municipal de Pitalito, se genere un proyecto de intervención sobre aquellas actividades que generan vertimientos puntuales y difusos sobre la fuente para lograr mitigar en gran medida la disposición de vertimientos directamente a cauce del rio. (Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena CAM, 2009)

Siendo este afluente de gran importancia para el Municipio de Pitalito y el Corregimiento de Bruselas, es necesario que las instituciones educativas planteen la necesidad de implementar educación ambientan en los niños, jóvenes y adultos que permita un mayor conocimiento en cuanto al cuidado y conservación de la cuenca hídrica del Rio Guachicos.

Es necesario que la corporación Autónoma del Alto Magdalena CAM en conjunto con la Secretaria de Medio Ambiente y Gestión del Riesgo del Municipio de Pitalito como entes ambientales fomenten el cuidado de la cuenta mediante acciones de reforestación y manejo de residuos solidos provenientes del beneficio del café.

## Referencias

- Alcaldía de Pitalito. (2016). *Alcaldía de Pitalito*. Obtenido de Plan de Desarrollo Municipio de Pitalito 2016-2019:  
[https://www.alcaldiapitalito.gov.co/normatividadvigente/Acuerdo\\_022-2016.pdf](https://www.alcaldiapitalito.gov.co/normatividadvigente/Acuerdo_022-2016.pdf)
- Alvarez, L. F. (2005). *Instituto de Investigacion de Recursos Biologicos Alexander Von Humbolt*. Recuperado el Febrero de 2021, de Metodologia para la utilizacion de los Macroinvertebrados Acuaticos como Bioindicadores de la Calidad de Agua.
- Andrade, M. G. (2011). Estado del conocimiento de la Biodiversidad en Colombia y sus amenazas. Consideraciones para fortalecer la interaccion ciencia - politica. *Scielo*, 1 - 4. Recuperado el Febrero de 2021, de  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0370-39082011000400008](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-39082011000400008)
- 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 la Risaralda, San Luis, Antioquia. *Scielo*, 124. Recuperado el Marzo de 2021, de  
<http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n9/n9a10.pdf>
- Briceño, K. (2020). Índice de Simpson: Fórmula, Interpretación y Ejemplo. *Lifeder*. Obtenido de [https://www.lifeder.com/indice-simpson/#:~:text=El%20%C3%ADndice%20de%20Simpson%20\(D,\(o%20a%20la%20misma%20categor%C3%ADa\).&text=%E2%80%93%20N%20%3D%20e1%20n%](https://www.lifeder.com/indice-simpson/#:~:text=El%20%C3%ADndice%20de%20Simpson%20(D,(o%20a%20la%20misma%20categor%C3%ADa).&text=%E2%80%93%20N%20%3D%20e1%20n%20)

C3%BAmero%20total%20de%20organismos%20de%20todas%20las%20especies,da  
%200%2C%20significa%20diversi

Cartón., A. (Febrero de 2020). *Ecología Verde*. Obtenido de Ecosistemas lóticos: qué son y ejemplos: <https://www.ecologiaverde.com/ecosistemas-loticos-que-son-y-ejemplos-2419.html>

CONAP . (Julio de 2014). *Parques Nacionales Naturales*. Recuperado el Febrero de 2021, de Areas Protegidas: Territorio para la vida y la paz: <https://www.parquesnacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2015/11/TOMO-I-AREAS-PROTEGIDAS-PARA-EL-DESARROLLO.pdf>

Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP). (2014). II Congreso Colombiano de Áreas Protegidas. *Las áreas protegidas en Colombia* (pág. 425). Bogotá: Parques Nacionales Nacionales de Colombia.

Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena CAM. (2009). *POMCH - Rio Guarapas*. Obtenido de CAM: <https://cam.gov.co/recurso-hidrico/pomch/category/81-rio-guarapas.html>

Donjuán, C. A., Vargas, O. N., Osorio, C. M., & Castro-Rojas, D. F. (2017). Evaluación de la biodiversidad y caracterización estructural de un Bosque de Encino (*Quercus L.*) en la Sierra Madre del Sur, México. *Revista Forestal Mesoamericana Kuru* , 70 - 71.

García, M., & Vera, A. (2016). Identificación y clasificación de los microhábitats de agua dulce. *scielo*, 1-2.

Gómez Gil, J. A. (2014). *ridum.umanizales.edu.co*. Recuperado el Marzo de 2021, de Determinación de la calidad del agua mediante las variables físico químicas y la comunidad de macroinvertebrados como bio indicadores del agua de la cuenca del río Garagoa:

<https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/1803/tesisJAGG.pdf?sequence=1>

Gualdrón Durán, L. E. (2016). Evaluacion de la Calidad de Agua de Rios de Colombia Usando Parametros Fisicoquimicos y Biologicos. *Revista unilibre*, 84 - 90.

Recuperado el Febrero de 2021, de

<https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/ambiental/article/view/4593/3916>

Guinard, J. D., Ríos, T., & Vega, J. A. (2013). Diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos. *Revista Gestión y Ambiente*, 64.

doi:<https://www.redalyc.org/pdf/1694/169428420005.pdf>

Hahn-von Hessberg, C. M., Toro, D. R., Grajales Quintero, A., Duque, G. M., & Uribe, L. S.

(Septiembre de 2009). Determinacion de la calidad de agua mediante indicadores

biologicos y fisicoquimicos, en la estacion piscicola, universidad de Caldas,

Municipio de Palestina Colombia. *Scielo*, 90 - 92. Recuperado el Febrero de 2021, de

<http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v13n2/v13n2a06.pdf>

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. (2006). Los

Sistemas de Información Geografica. *Geoenseñanza*, 107-116. Obtenido de

<https://www.redalyc.org/pdf/360/36012424010.pdf>

Instituto de Investigacion de Recursos Biologicos Alexander Von Humboldt. (2014).

<http://www.humboldt.org.co/es/>. Recuperado el Febrero de 2021, de II Congreso

colombiano de Areas protegidas: [http://www.humboldt.org.co/es/actualidad/item/474-](http://www.humboldt.org.co/es/actualidad/item/474-ii-congreso-colombiano-de-areas-)

[ii-congreso-colombiano-de-areas-](http://www.humboldt.org.co/es/actualidad/item/474-ii-congreso-colombiano-de-areas-)

[protegidas#:~:text=Colombia%20es%20mundialmente%20reconocido%20por,en%20](http://www.humboldt.org.co/es/actualidad/item/474-ii-congreso-colombiano-de-areas-)

[la%20consolidaci%C3%B3n%20de%20su](http://www.humboldt.org.co/es/actualidad/item/474-ii-congreso-colombiano-de-areas-)

López, A. S., López, G. G., & Espinoza, M. d. (2017). Propuesta de un índice de diversidad funcional. Aplicación a un bosque semideciduo micrófilo de Cuba Oriental. *Scielo*, 458. Recuperado el Marzo de 2021, de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/bosque/v38n3/art03.pdf>

Martinez Losada, J. A., & Chavarro Quiroz, Y. A. (Abril de 2019). *Universidad Nacional Abierta y a Distancia*. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/25259/%20%09jamartinezlos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Meza S., A. M., Rubio M., J., G. Dia, L., & M. Walteros, J. (2012). Calidad de agua y composición de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta del río Chinchiná. *Universidad de Caldas, Manizales, Colombia*, 444-453. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/39163/46608>

Ministerio de Medio Ambiente. (2014). *Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Museo de Historia Natural*. Recuperado el Marzo de 2021, de *Metodos de Colecta, identificacion y analisis de comunidades biologicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Peru:* <https://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp-content/uploads/sites/21/2014/02/M%C3%A9todos-de-Colecta-identificaci%C3%B3n-y-an%C3%A1lisis-de-comunidades-biol%C3%B3gicas.compressed.pdf>

Moreno Samboní, L. A., & Lasso Muñoz, D. J. (Agosto de 2019). *Universidad Nacional Abierta y a Distancia*. Obtenido de *Monitoreo de macroinvertebraos en el rio Guachicos, úsandolos como bioindicadores para determinar la calidad del agua:*

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/28041/%20%09lmdelber.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Moriana, L. (Julio de 2020). *Ecología Verde*. Obtenido de Ecosistemas acuáticos de agua dulce: ejemplos: <https://www.ecologiaverde.com/ecosistemas-acuaticos-de-agua-dulce-ejemplos-1112.html>

Pérez, H. Á., Ibañez, S. G., & Rosas-Acevedo, J. L. (2015). Análisis de Componentes Principales, como herramienta para interrelaciones entre variables fisicoquímicas y biológicas en un ecosistema léntico de Guerrero, México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 43 - 44. Recuperado el Marzo de 2021, de <http://www.reibci.org/publicados/2015/mayo/0900106.pdf>

Pla, L. (2006). Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Scielo*. Obtenido de Scielo: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442006000800008](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006000800008)

Reyes, C. C., & Fierro, K. (2001). *IDEAM*. Recuperado el Abril de 2021, de Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad de agua.: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=56374>

Roldán Pérez, G. (1996). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Editorial Presencial LTDA.

Roldán Pérez, G. (Octubre de 2012). *Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua*. Obtenido de Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca: [https://www.academia.edu/15459713/Los\\_Macroinvertebrados\\_omo\\_Bioindicadores\\_de\\_la\\_Calidad\\_Del\\_Agua](https://www.academia.edu/15459713/Los_Macroinvertebrados_omo_Bioindicadores_de_la_Calidad_Del_Agua)

Roldán Pérez, G. (2016). Recuperado el Febrero de 2021, de Los macroinvertebrados como

bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y

Latinoamerica: <http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v40n155/v40n155a07.pdf>

Sánchez Molano, M., & García, D. P. (Septiembre de 2018). *Universidad Nacional Abierta y*

*a Distancia*. Obtenido de Determinación del índice BMWP/Col, mediante la

utilización de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad de agua, en el

cauce del rio Guachicos, que surte el acueducto del municipio de Pitalito:

<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/21168>

Scarpetta, Y. A. (2009). *Repository UNAD*. Recuperado el Febrero de 2021, de Formulación

del plan de educación ambiental comunitario para el cuidado y la preservación del río

Guachicos de Pitalito, Huila.:

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/28194/1084898408.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Silva, P. M., Medina, C. A., Hamner, T., & Rojas, S. G. (Octubre de 2015). *Minambiente*.

Recuperado el Marzo de 2021, de Ruta del Cambio de Pitalito 2030: consciente y

comprometido con el cambio climático:

[https://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/aproximacion\\_\\_al\\_territorio/PITALITO\\_2030\\_v6\\_final.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/aproximacion__al_territorio/PITALITO_2030_v6_final.pdf)

Somarriba, E. J. (1999). Diversidad Shannon. *Agroforestería en las Americas*, 72-74.

Obtenido de

[https://www.researchgate.net/publication/324164467\\_Diversidad\\_Shannon](https://www.researchgate.net/publication/324164467_Diversidad_Shannon)

Universidad Nacional de la Plata - Argentina. (2021). *Estimación de la Diversidad*

*Específica*. Obtenido de

<https://www.fcnym.unlp.edu.ar/catedras/ecocomunidades/TPN3Diversidad.pdf>

Uribe, R. O., Godinez, R. L., Becerra, J. L., & Quiro, A. P. (s.f.). Sistemas de Información

Geográfica vía Internet, para el manejo de cuencas y los desastres naturales. *Reaxion:*

*Ciencia y Tecnología Universitaria*, 1-2. Recuperado el Febrero de 2021, de

[http://reaxion.utleon.edu.mx/Reaxion\\_a2\\_numero\\_1.pdf](http://reaxion.utleon.edu.mx/Reaxion_a2_numero_1.pdf)

Vásquez Sánchez, S. P. (2018). *ridum.umanizales.edu.co*. Recuperado el Marzo de 2021, de

Efecto de la actividad minera sobre ecosistemas acuáticos utilizando a los

macroinvertebrados como indicadores en el Río Quito, Chocó - Colombia:

[http://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/3630/Tesis\\_Final\\_Sandra\\_Sanchez\\_15%20de%20Agosto\\_RV\\_JW%20%281%29.pdf?sequence=3&i](http://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/3630/Tesis_Final_Sandra_Sanchez_15%20de%20Agosto_RV_JW%20%281%29.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

[sAllowed=y](http://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/3630/Tesis_Final_Sandra_Sanchez_15%20de%20Agosto_RV_JW%20%281%29.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

Villareal Garzon, D. S. (2019). *Universidad Nacional Abierta y a Distancia*. Obtenido de

[https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/28090/dsvillarrealg.pdf?sequen](https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/28090/dsvillarrealg.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[ce=1&isAllowed=y](https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/28090/dsvillarrealg.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

## Anexos.

### Anexo 1 Individuos más representativos durante el desarrollo de la investigación

*Tabla 58. Descripción de los Individuos Representativos*

Fotografía	Descripción
	<p>Se caracterizan por habitar en aguas limpias y oxigenadas, debajo de rocas material vegetal y troncos. Algunos habitan en aguas quietas o remansos de las fuentes hídricas.</p> <p>Para cateterizarlos se tiene en cuenta la presencia o ausencia de placas esclerotizadas, presencia o ausencia de agallas branquiales en el abdomen entre otras. (Roldán Pérez, 1996)</p>
	<p>Habitan en aguas limpias debajo de troncos, vegetación sumergida y rocas. Se caracterizan principalmente por tener 8 pares de apéndices abdominales laterales no segmentados. (Roldán Pérez, 1996)</p>

*Figura 33 Orden Trichoptera – Familia Hydropsychidae*

*Figura 34. Orden Neuroptera – Familia Corydalidae*



*Figura 35. Familia Plecóptera – Orden Perlidae*

Se caracterizan por poseer largas antenas y agallas torácicas, su respiración se realiza a través de las agallas. Depositán sus huevos sobre el agua.

Habitan aguas rápidas, con disponibilidad de oxígeno, debajo de vegetación sumergida, piedras y troncos. (Roldán Pérez, 1996)



*Figura 36. Orden Coleoptera – Familia Elmidae*

Poseen un cuerpo compacto las partes bucales y antenas son visibles, en el abdomen poseen agallas laterales.

Habitan aguas loticas y lenticas, especialmente en hojas y troncos en descomposición, piedra, grava y vegetación emergente. (Roldán Pérez, 1996)



*Figura 37. Orden Odonata – Familia Gomphidae*

Depositán sus huevos sobre la vegetación flotante, se caracterizan por ser larvas depredadoras. Habitan en corrientes lentas generalmente con alta vegetación la cual se encuentre sumergida o emergente. (Roldán Pérez, 1996)

---



*Figura 38. Orden Ephemeroptera – Familia Leptophlebiidae*

Reciben su nombre por su vida efímera algunos solo viven en su estado 5 min mientras que otros viven entre 3 y 4 días en los cuales alcanzan su madurez sexual y se reproducen, realizan su respiración a través de agallas que poseen en el abdomen.

Habitan aguas regularmente limpias y con una alta disponibilidad de oxígeno y solo algunas especies toleran los niveles de contaminación.

Se alimentan de algas y tejidos de las plantas acuáticas. (Roldán Pérez, 1996)



*Figura 39. Orden Diptera – Familia Blepharoceridae*

Considerado como uno de los grupos más evolucionados junto al Trichoptera y Lepidoptera.

Ponen sus huevos adheridos a rocas o vegetación.

Una de las características más importantes de estas larvas es que carecen de patas torácicas. (Roldán Pérez, 1996)

---