



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 1

Neiva, 12 de diciembre de 2019

Señores  
CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN  
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Claudia María Garzón Peralta, con C.C. No.26551775,

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado titulado “Evaluación De La Calidad Del Agua Del Río Negro Del Municipio De Rivera Huila Por Medio De Indicadores Físicoquímicos Y Biológicos” presentado y aprobado en el año 2019 como requisito para optar al título de Mgister en Ingeniería y Gestión Ambiental.

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

**CLAUDIA MARIA GARZON PERALTA**

Firma: **C.C. 26.551.775 DE RIVERA (HUILA)**

Vigilada Mineducación



**TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO:** EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO NEGRO DEL MUNICIPIO DE RIVERA HUILA POR MEDIO DE INDICADORES FISICOQUÍMICOS Y BIOLÓGICOS

**AUTOR O AUTORES:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Garzón Peralta	Claudia María

**DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Mario	Sánchez Ramírez

**ASESOR (ES):**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:** Magister en Ingeniería y Gestión Ambiental

**FACULTAD:** Ingeniería

**PROGRAMA O POSGRADO:** Maestría en Ingeniería y Gestión Ambiental

**CIUDAD:** Neiva      **AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2019      **NÚMERO DE PÁGINAS:** 90

**TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):**

Diagramas\_\_\_ Fotografías\_\_X\_ Grabaciones en discos\_\_\_ Ilustraciones en general\_\_\_ Grabados\_\_\_  
Láminas\_\_\_ Litografías\_\_\_ Mapas\_X\_ Música impresa\_\_\_ Planos\_X\_ Retratos\_\_\_ Sin ilustraciones\_\_\_  
Tablas o Cuadros\_X\_

**SOFTWARE** requerido y/o especializado para la lectura del documento: N/A



**MATERIAL ANEXO:**

ANEXO 1. Métodos utilizados para los análisis fisicoquímicos: a) Equipo para la toma de muestra. b) Tabla de métodos y análisis.

ANEXO 2. Caracterización y valoración de calidad del hábitat (Cedula de campo).

ANEXO 3. Fotografías de algunos taxones de macroinvertebrados acuáticos encontrados en río negro.

ANEXO 4. Plegables

ANEXO 4. Stickers

**PREMIO O DISTINCIÓN** (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria): N/A

**PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:**

Español

Inglés

1. Macroinvertebrados acuáticos

1. Aquatic macroinvertebrates

2. Río Negro

2. Black river

3. índices de calidad de agua

3. water quality indexes

4. Diversidad

4. Diversity

5. caracterización biológica

5. Biological characterization

**RESUMEN DEL CONTENIDO:** (Máximo 250 palabras)

El uso de macroinvertebrados como testigos de la calidad del agua es un método complementario en los procesos de evaluación de las condiciones ambientales, a través del empleo de los bioindicadores se pretende identificar la acción de contaminantes y prevenir el deterioro del recurso hídrico a través de la formulación de estrategias que apunten a reducir los impactos. El objetivo del presente trabajo es determinar el grado de contaminación del agua que proviene del Río Negro que nace en el municipio de Rivera, departamento del Huila, utilizando como instrumento indicadores biológicos macroscópicos. Para la ejecución, se determinaron tres épocas donde se recolectaron muestras fisicoquímicas y biológicas (diciembre 2016, abril 2017 y julio 2017). El resultado estuvo representado por 41 especies, 9 órdenes y 27 familias. Entre los aspectos ecológicos se destaca que las mediciones de índices como la diversidad reportan valores medios para los sitios de muestreo; siendo las estaciones 3 y 2 las que presentaron la mayor diversidad, uniformidad y riqueza de especies, mientras la estación 1 registró los menores valores para esos índices ecológicos. Esta variación puede ser por el desarrollo del río, junto con la intervención antrópica observada en la zona y las fluctuaciones en la condición física y química del agua, que muestran un ligero incremento en las condiciones del hábitat aguas abajo con mayor oferta de sustratos naturales para los invertebrados.



**ABSTRACT:** (Máximo 250 palabras)

Use of aquatic macroinvertebrates as signs of water quality has been a frequent method for the evaluation of environmental conditions. These bioindicators can also help to identify effects of pollutants and take care of such effects by strategies oriented to control their impacts. The main objective of this study is to determine contamination level in water from the Negro river, located in the municipality of Rivera, department of Huila, through the use of biological indicators. The study was performed during three time periods when biological and physical-chemical samples were obtained (December 2016, April and July 2017). According to physical-chemical and biological results, water supply from río Negro used in the municipality of Rivera, showed acceptable quality for human consumption with adequate treatment. BMWP biomonitoring index as well as physical-chemical analyses indicated very low values of contamination in the stream habitat. There were 41 genera, 9 orders and 27 families of invertebrates identified. Ecological indexes showed intermediate values for sampling sites, with Sites 2 and 3 showing higher values for diversity, evenness and species richness, and lower values in these indexes at site 1. Such variation corresponds to downstream development, as well as limited human alterations and slight increase in habitat conditions with better offer of natural substrates for invertebrates.

#### APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: Luz Marina Botero Rojas

Firma:

Nombre Jurado: Luz Marina Botero Rojas

Firma:

Nombre Jurado: Rubén Darío Valbuena Villareal

Firma:

Vigilada por el Ministerio de Educación

EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO NEGRO DEL MUNICIPIO DE  
RIVERA HUILA POR MEDIO DE INDICADORES FISICOQUIMICOS Y BIOLÓGICOS.

CLAUDIA MARIA GARZÓN PERALTA

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
MAESTRIA  
NEIVA- HUILA  
2018

EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO NEGRO DEL MUNICIPIO DE RIVERA HUILA POR MEDIO DE INDICADORES FISICOQUIMICOS Y BIOLÓGICOS.

CLAUDIA MARIA GARZÓN PERALTA

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Magister en Ingeniería y Gestión Ambiental.

Director: Ph D. Mario Sánchez Ramírez

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
MAESTRIA  
NEIVA- HUILA  
2018

## **AGRADECIMIENTOS**

Expreso toda mi gratitud a:

Dr. Mario Sánchez Ramírez, por su diligente orientación, oportunos consejos, asesorías y valiosas palabras.

Ph D. Néstor Cerquera, docente titular de la Universidad Surcolombiana, quien, con su permanente visión integral para la construcción de nuevo conocimiento, gestionó la aprobación del programa de Maestría en Ingeniería y Gestión Ambiental en la Universidad Surcolombiana.

Ph. D. Alfredo Flórez Vergara por la revisión del material biológico muestreado y la precisión en sus aportes.

Ingeniero Jose Manuel Ortiz Cuellar, Gerente Empresas Publicas de Rivera por su amable colaboración y disposición para llevar a cabo la investigación.

Ingeniero Ambiental Sebastián Arana Rivera, por el apoyo y acompañamiento en la realización de los muestreos.

Marcos Cachallas, por su atención y disposición en el suministro de documentos técnicos de río Negro.

Carlos Fernández, funcionario alcaldía de Rivera por su disposición, gestión y consecución de material bibliográfico.

Sofía Garzón Henao, por su amable atención y revisión del documento final.

Profesora Maria Nayibe Gutierrez, docente sede Río Negro por su presta colaboración en el taller de sensibilización ambiental.

Funcionarios Empresas Públicas de Rivera, por la colaboración y apoyo recibido durante los tres años de trabajo en la construcción del presente documento.

Fundación Ambiental Molécula Verde, quienes desinteresadamente aportan al desarrollo del Municipio, en este caso facilitadores documentales.

## **DEDICATORIA...**

A Dios, que con su infinito amor siempre orienta mis pasos y proporciona toda la sabiduría para cumplir mis proyectos.

A mi hija María Claudia Prieto Garzón, mi motor de cada día, la expresión más linda del amor de Dios. Mi clon, mi regalo de la vida.

A mi mamá María Urbina Peralta, fiel creyente de mis capacidades, acompañante en mi camino y orientadora en mis peldaños.

A mi papá Sixto Aurelio Garzón conocedor de mis proyectos, que con su granito de arena apoyo este sueño.

A mi hermana Eddy Liliana Garzón y mi sobrino Tatán Vargas Garzón, quienes acompañan sinceramente mis pasos y apoyan incondicionalmente mis sueños.

A mi hermana Mirian y Diana conocedoras de mi historia y facilitadoras del proceso.

A mi Andrés, quien con una sonrisa alegre mis días y con sus tiernas palabras me recuerda el valor de mis esfuerzos.

A mis tíos: Carlos, Albatros, Reinel, Olga, Gonzalo, Lorenzo, Nelson, Freddy, Leónidas, Angélica, Amanta, ejemplos de vida, emprendimiento y rectitud.

A mis sobrinos, chispas de vida y amor.

A mi prima, comadre y amiga Jacqueline Garzón, quien siempre tiene palabras de aliento y la solución a cualquier obstáculo.

A mis compañeros Maestranter, Ángela, Karen, Oscar Soto, Alberto, Carlos Urango, Hanay Luna, Miguel, Heider Fernando y Carlos Quintero, de los cuales aprendí que las excusas no son válidas y que cuando se quiere se puede.

A mis eternos amigos, Lina Montenegro, Lendy Lorena Puentes, Adriana Salazar, Diana Castro, Jorge Mario, Martín Fernández, Andrés Calderón, con quienes he llorado y reído a carcajadas, y hoy celebran conmigo este logro.

A Harold Antonio Jojoa J., sabio compañero, quien con su insistencia convirtió mis angustias en impulsos.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	10
SUMMARY	11
INTRODUCCIÓN	12
1. DEFINICION DEL PROBLEMA	15
2. JUSTIFICACION	18
3. OBJETIVOS	20
3.1 Objetivo general	20
3.2 Objetivos específicos	20
4. MARCO TEORICO	21
4.1 Descripción río negro	21
4.1.1 Localización y áreas	21
4.1.2 Clima e Hidrología	21
4.1.3 Geomorfología	22
4.1.4 Vegetación y usos del suelo	23
4.1.5 Características socioeconómicas	24
4.1.6 Educación ambiental en la Sede Educativa Río Negro	25
4.2 Comunidades de macroinvertebrados de los ecosistemas de corrientes	26
4.3 Contaminación física y química del agua	28
4.4. Índices de calidad del agua	29
4.5. Bioindicación	30
5. MATERIALES Y METODOS	34
5.1 Muestreos	34
5.1.1 Localización de estaciones de muestreo	34
5.1.2 Técnicas de muestreo	38
5.1.2.1 Toma de datos físico químicos, hidrológicos y microbiológicos	39
5.1.2.2 Toma de datos hidrológicos y ambientales	39
5.1.2.3 Muestreo de los macroinvertebrados bentónicos	39
5.2 Análisis y determinación taxonómica de macroinvertebrados bentónicos en el laboratorio	40
5.3 Análisis de datos	40
5.3.1 Análisis de datos fisicoquímicos	40
5.3.2 Análisis de datos para determinación de índices bióticos	40
5.3.3. Análisis de datos ambientales y de condiciones de habitabilidad.	41
5.4. Actividades de participación y educación ambiental	41
6. RESULTADOS	44
6.1 Descripción de hábitats en río negro	44
6.2. Resultados de parámetros fisicoquímicos	45
6.2.1. Caudal	47
6.2.2 Temperatura del agua	47
6.2.3 pH, dureza cálcica y alcalinidad	48
6.2.4. Oxígeno Disuelto	50

6.2.5.	Cloruros	51
6.2.6.	Sulfatos	51
6.3	Resultados biológicos	52
6.4	Bioindicación	58
6.5	Índices ecológicos	60
6.6	Análisis de similaridad	62
6.7	Sensibilización ambiental en río Negro	63
6.8	Socialización de los resultados Empresas Públicas de Rivera (EPR)	67
7.	DISCUSIÓN	68
8.	CONCLUSIONES	73
9.	RECOMENDACIONES	74
	BIBLIOGRAFIA	75
	ANEXOS	79

## **ANEXOS**

- ANEXO 1. Métodos utilizados para los análisis fisicoquímicos a y b.
- ANEXO 2. Caracterización y valoración de calidad del hábitat (Cedula de campo)
- ANEXO 3. Fotografías de algunos taxones de macroinvertebrados acuáticos encontrados en río Negro
- ANEXO 4. Plegables.
- ANEXO 5. Stickers “Yo cuido mi río”

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Cultivos predominantes alrededor del río Negro.....	25
Tabla 2 Cultivos predominantes alrededor del río Negro de acuerdo a lo dicho por la comunidad. .....	25
Tabla 3 Aceptación de los diversos taxones como indicadores de la calidad del agua .....	29
Tabla 4 Clasificación de las aguas de acuerdo al valor .....	34
Tabla 5 Adaptación del Índice BMWP para Colombia. Zamora (1999). .....	34
Tabla 6 Localización de estaciones de muestreo .....	36
Tabla 7 Matriz de Actividades de educación Ambiental. ....	44
Tabla 8 Valores de variables fisicoquímicas de río Negro en primer muestreo .....	48
Tabla 9 Valores de variables fisicoquímicas de Río Negro en el segundo muestreo. ....	49
Tabla 10 Valores de variables fisicoquímicas de río Negro en el tercer muestreo.....	50
Tabla 11 Abundancia de Familias de Macroinvertebrados acuáticos y Valores de BMWP encontrados en río Negro en diciembre de 2016. ....	55
Tabla 12 Abundancia de Familias de Macroinvertebrados acuáticos encontrados en río Negro en el mes de abril de 2017. ....	57
Tabla 13 Abundancia de Familias de Macroinvertebrados acuáticos encontrados en río Negro en el mes de Julio de 2017. ....	59
Tabla 14 Calidad del agua de acuerdo a al índice BMWP por familias de macroinvertebrados en cada estación y época de muestreo. ....	62
Tabla 15 Valores de índices ecológicos por cada muestreo y valores totales por estación. ....	65
Tabla 16 Tabla de resultados para Educación Ambiental.....	67

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de la cuenca de río Negro, Municipio de Rivera, Departamento del Huila .	23
Figura 2 Especies de flora predominantes alrededor de río Negro - Estación tres. ....	26
Figura 3 Localización de estaciones de muestreo en Río Negro .....	37
Figura 4 Estación para toma de caudal uno. ....	38
Figura 5 Área de influencia a la cuenca, específicamente en la captación ilegal del recurso hídrico mediante mangueras. ....	39
Figura 6 Estación de muestreo 1. Nacimiento río Negro; colecta para análisis Biológico y fisicoquímico, líquido en movimiento. ....	39
Figura 7 Estación de muestreo 2. Sector intermedio desde el nacimiento del río hasta el punto de captación; colecta para análisis Biológico y fisicoquímico. ....	40
Figura 8 Estación de muestreo 3. Aguas abajo del punto de captación del río Negro; colecta para análisis Biológico y fisicoquímico. ....	40
Figura 9 Recolectas de macroinvertebrados biológicos en las tres estaciones .....	41
Figura 10 Variación espacio-temporal de la temperatura del agua en los puntos de estudio del río Negro 2016 -2017. ....	51
Figura 11 Variación del pH en río Negro 2016 -2017 .....	52
Figura 12 Variación de la dureza cálcica en los puntos de estudio del río Negro 2016 -2017... ..	52
Figura 13 Variación de la alcalinidad río Negro 2016 -2017 .....	53
Figura 14 Valores de Oxígeno Disuelto río Negro 2016 -2017.....	54
Figura 15 Valores de Cloruros en estaciones de muestreo de río Negro 2016 – 2017 .....	54
Figura 16 Valores de Sulfatos en estaciones de muestreo río Negro 2016 – 2017.....	55
Figura 17 Macroinvertebrados acuáticos muestreados en cada estación - Graficas especies General.....	61
Figura 18 Valores totales de BMWP en las tres estaciones. ....	63
Figura 19 . Índice de Diversidad de Shannon de la comunidad bentónica de río Negro.....	65
Figura 20 Similaridad entre estaciones de muestreo (a) y entre los diferentes muestreos (b). ....	66
Figura 21 Presentación magistral sobre el tema del agua y la vida acuática .....	68
Figura 22 Presentación videos ecológicos .....	69
Figura 23 Resultado de la actividad con carteles.....	69
Figura 24 Actividad lúdica “Quien quiere ser millonario” .....	70
Figura 25 Asistentes a la reunión.....	70
Figura 26 Listado de asistencia reunión Establecimiento Educativo río Negro. ....	71
Figura 27 Socialización trabajo Final Empresas Publicas de Rivera (EPR).....	71

## RESUMEN

El agua como molécula vital para la existencia de todos los seres vivos está expuesta a numerosos factores contaminantes, en algunos casos determinantes para su uso. El Río Negro, suministrador de este recurso para los pobladores del municipio de Rivera, ha estado sometido a presiones y alteraciones en su ecosistema que han generado preocupación por la disponibilidad del líquido, y constituye una motivación principal para el presente estudio.

Desde el año 1992 en la cabecera municipal la fuente de abastecimiento del agua proviene de la bocatoma del Río Negro que nace en la vereda las Juntas, esta es transportada por gravedad hasta la planta de tratamiento ubicada en la vereda de Termopilas, y de allí es distribuida hasta el casco urbano, para abastecer tanto a la zona urbana como a algunas áreas rurales cercanas.

La presente investigación se orientó a realizar una caracterización biológica y fisicoquímica de la calidad del agua del Río, recolectando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores y realizando análisis de parámetros fisicoquímicos, entre esta temperatura, pH, dureza total, alcalinidad, Oxígeno disuelto, cloruros y sulfatos.

Se realizó recolección e identificación biológica de macroinvertebrados acuáticos mediante una red Surber en tres épocas diferentes del año y tres estaciones diferentes en el río. El análisis fisicoquímico se realizó en el laboratorio de Nagualismo limitada; y la identificación de invertebrados se efectuó en la Universidad de Montería. Se aplicaron índices ecológicos de diversidad, densidad poblacional y el índice de biomonitorio BMWP (índice de contaminación).

Se puede afirmar de acuerdo a los resultados fisicoquímicos y biológicos, que el agua que abastece a los pobladores del municipio de Rivera es aceptable para el uso destinado a consumo humano, con el tratamiento exigido en sistemas de distribución urbana. En general la bioindicación y los parámetros fisicoquímicos muestran muy bajos aportes de contaminación sobre la corriente en este tramo de río Negro.

Entre los organismos identificados se encontraron 41 géneros, 9 órdenes y 27 familias; siendo los órdenes Ephemeroptera, Trichoptera, Coleoptera y las familias Elmidae, Leptophlebiidae y Leptoceridae los de mayor riqueza y abundancia. Los géneros predominantes fueron Rhagovelia sp., Hexatoma sp., Leptohyphes sp., Leptonema sp., Smicridea sp. y Baetodes sp. Mientras que los de menor abundancia fueron Lachlania sp., Haplohyphes sp., Buena sp., Atopsyche sp. y Paltostoma sp.

Entre los organismos que son indicadores de muy buena calidad del agua se resaltan los ubicados en las familias Perlidae, Ptilodactylidae, Psephenidae, Blephacerae y Oligoneuridae. También se reportó otros organismos bastantes sensibles a los disturbios del ecosistema como

son los ubicados en las familias Philopotamidae, Hydrobiosidae y Leptophlebiae, indicándonos buenas condiciones ambientales en los sitios donde fueron reportados

Palabras clave: Macroinvertebrados acuáticos; Río Negro; índices de calidad de agua; diversidad; caracterización biológica.

## SUMMARY

The water is a vital molecule for the existence of all living beings, but it is exposed to pollutant agents, in some cases determinant for their use. The río Negro supplies this resource for the municipality of Rivera, and it has been subjected to pressures and alterations in its ecosystem that have generated concern about the availability of liquid and constitutes main motivation for the present study.

Water supply for Rivera comes from the catchment site in río Negro, located in the rural area of Las Juntas. From that site water piping takes the liquid to a treatment plant located in the site of Termopilas, and from there it is distributed to both the urban area and some nearby rural areas.

The present study was oriented to obtain a biological and physicochemical characterization of the water quality of the river, by collecting aquatic macroinvertebrates as bioindicators and measuring the physicochemical parameters temperature, pH, total hardness, alkalinity, dissolved oxygen, chlorides and sulphates.

Collection and biological identification of aquatic macroinvertebrates were carried out through a Surber network in three different seasons of the year and three different river sites. The physical-chemical analysis was performed in the laboratory of Agualimsu limited, and the invertebrates were identified in the University of Montería. Some ecological indexes were applied such as diversity, population density and the BMWP biomonitoring index (contamination index).

According to physico-chemical and biological results, water supply from rio Negro used in the municipality of Rivera, showed acceptable quality for human consumption with adequate treatment BMWP biomonitoring as well as physic- chemical analyses indicated very low values of contamination in the habitat.

There were 41 genera, 9 orders and 27 families of invertebrates identified. The orders Ephemeroptera, Trichoptera, Coleoptera and the families Elmidae, Leptophlebiidae and Leptoceridae had the highest abundance and richness. The predominant genera were Rhagovelia sp., Hexatoma sp., Leptohyphes sp., Leptonema sp., Smicridea sp. and Baetodes sp., while the genera Lachlania sp., Haplohyphes sp., Buenoa sp., Atopsyche sp. and Paltostoma sp. had low abundance.

Among the organisms that are indicators of very good water quality are those located in the families Perlidae, Ptilodactylidae, Psephenidae, Blephacerae and Oligoneuridae. Other organisms were also reported that were quite sensitive to the disturbances of the ecosystem, such as those located in the families Philopotamidae, Hydrobiosidae and Leptophlebiidae, indicating good environmental conditions in the places where they were reported.

Keywords: Aquatic macroinvertebrates; Black river; water quality indexes; diversity; biological characterization.

## INTRODUCCIÓN

El municipio de Rivera, ubicado en el departamento del Huila, depende para el suministro de agua de fuentes que se originan en la Cordillera Oriental, en especial del Río Negro que surte del líquido al centro urbano y algunas áreas rurales y que se integra a la corriente hídrica de mayor caudal en el municipio.

El Río Negro se encuentra ubicado en la vereda que adopta su mismo nombre a 1180 m.s.n.m. limitando al norte y oriente con el río Blanco, al sur la vereda El Tambillo, al occidente las veredas Agua Caliente y Las Juntas. Su cuenca presenta paisaje montañoso, su relieve va de quebrado a fuertemente escarpado, su clima frío y muy húmedo, con temperatura que oscila entre 12° - 18°.

En Rivera se han presentado dificultades hasta años recientes en cuanto a la confiabilidad en el suministro de agua y en ocasiones con eventos que han alterado la infraestructura de este servicio, al igual que han existido preocupaciones por la calidad del líquido. Identificar esa calidad en el espacio comprendido entre el nacimiento del Río Negro y la zona de captación, permite orientar a los pobladores y a la entidad que presta dicho servicio Empresas Públicas de Rivera (EPR), en el manejo al que obligatoriamente deben someter al fluido antes de la utilización.

La propuesta de aplicación de bioindicadores macroscópicos en el área mencionada radica en los excelentes resultados que han obtenido otros países con la utilización de comunidades acuáticas como un hecho fundamental para evaluar la calidad de los ecosistemas acuáticos (Fernández et al. 2002, Roldán 2003). Además, usualmente los biólogos emplean bioindicadores de contaminación debido a su especificidad y fácil monitoreo.

La utilización de comunidades de bioindicadores permite emplear como testigo biológico el nivel de deterioro ambiental de las corrientes superficiales y evidenciar las condiciones y los cambios ecológicos que acontecen (Alba-Tercedor 1996).

Desde principios del siglo XX, se usaron los métodos biológicos para determinar la calidad del agua, pero solo en la década de los cincuenta fueron consideradas las respuestas que presentaban las plantas y animales como evidencia de la contaminación. Estudios posteriores, plantearon la importancia y ventajas que ofrecen los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua (Zamora, 1997; Figueroa *et al.* 1998). Además, los macroinvertebrados, por encontrarse en todos los sistemas acuáticos, son útiles en análisis espaciales de efectos causados por las perturbaciones en el ecosistema y permiten medir la degradación del hábitat (Hellowell, 1986; Roldán, 1999 y Jaramillo, 2002); por otro lado la validación del índice BMWP/Col

(Biological Monitoring Working Party, Colombia) adaptado por Roldán (1999), permite hacer una evaluación de la calidad del agua basados en los macro invertebrados acuáticos, para los cuales se reconocen los insectos, moluscos y anélidos principalmente. Según Roldán (2003, 1999) un bioindicador de calidad de agua es una especie, población o comunidad indicadora, que tiene requerimientos específicos con relación a un conjunto de variables físicas o químicas conocidas, cuyos cambios en la presencia o ausencia, número de individuos, fisiología, morfología o comportamiento de estas especies, indican que las variables físicas químicas dadas están fuera de sus límites preferidos. En Colombia la tabla de identificación se encuentra en un proceso de actualización; a nivel del Huila es escasa la aplicación del método, y se necesitan diversos estudios que apunten a su confirmación regional (Sánchez et al, 2006).

Las características físico - químicas del agua, responden a la necesidad de establecer el uso que se le dará al recurso, este se determina a través de los parámetros que nos interesan según el caso. La distribución geográfica, disponibilidad, selección del hábitat adecuado y la presencia de predadores, competidores, y parásitos, son factores concluyentes para la investigación con bioindicadores. Algunos estudios son complementados con el estudio de la biota puesto que allí se hace un panorama de las condiciones ambientales de los ecosistemas acuáticos priorizando en los macroinvertebrados acuáticos.

En la zona rural el municipio de Rivera cuenta con 23 sistemas de distribución de agua para consumo humano que cubre 26 veredas con una cobertura del 83%, utilizando las fuentes hídricas el Albadan, Arenoso y la Rivera. (DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DEL MUNICIPIO DE RIVERA – HUILA DESARROLLO ECONÓMICO 2016 – 2019; Fundación Molécula Verde).

Los estudios que se tienen acerca de la calidad del agua que abastece a los habitantes de Rivera son escasos; en el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT - 1999) no se evidencia un registro descriptivo del Río Negro, pues los únicos datos que existen son con base en el Río Frio, afluente donde se captaba y distribuía el agua hasta el año 2010; luego, la captación fue remplazada del Río Frio por el Río Negro tomado como plan de emergencia debido a los estudios que para ese momento pronosticaban degradación de la parte alta de la cuenca por la sobreutilización con pastoreo y agricultura; igualmente predecían que ocurriría degradación con todo el recurso hídrico superficial del municipio, y que en la mayor parte de las quebradas sus afluentes dejarán de ser caudales permanentes; tendrán grandes caudales en el periodo lluvioso y carecerán de agua en los meses secos (Esquema De Ordenamiento Territorial Del Municipio De Rivera. (EOT- 1999, Capítulo VII).

El presente estudio determina las características físico-químicas y biológicas del agua del Río Negro; allí se analizó la composición, abundancia y diversidad de los macroinvertebrados, y se estableció la condición biológica del cuerpo hídrico.

El análisis realizado permitió hallar elementos de comprensión y correlación de las variables utilizadas y la variación espacio temporal de las comunidades bentónicas; Por consiguiente, los resultados del trabajo contribuyen a reconocer las bondades del ecosistema acuático en nuestro medio, y clasificar los macroinvertebrados bentónicos existentes; por consiguiente se espera establecer mecanismos de gestión y educación ambiental para el uso del río Negro de Rivera.

## 1. DEFINICION DEL PROBLEMA

En la actualidad el municipio de Rivera carece de estudios científicos que aporten información confiable y reciente del estado biológico y fisicoquímico del agua que se suministra a los pobladores; vale la pena destacar que aparte de los usos domésticos también se direcciona agua para la agricultura sostenible y la piscicultura, siendo esta una práctica relativamente nueva.

En cuanto a la calidad de las aguas del municipio, se observa un deterioro generalizado de las fuentes hídricas superficiales; los principales contaminantes en orden de afectación son contaminación por pesticidas, erosión y degradación del suelo (Esquema De Ordenamiento Territorial Del Municipio De Rivera EOT, 1999 - Capitulo VII); esto conlleva a la alteración de los recursos edáficos y posible afectación de las comunidades acuáticas.

Los muestreos físicoquímicos son los más utilizados para evaluar y controlar la calidad del agua en lo que tiene que ver con aspectos ambientales relacionados con actividades antrópicas. Dada la capacidad de integración de los efectos ambientales en ámbitos espaciotemporales cambiantes, las comunidades de organismos acuáticos son de gran utilidad como bioindicadores de calidad de aguas. Según Roldán (1999) un organismo actúa como un indicador de calidad del agua, cuando este se encuentra invariablemente en un ecosistema de características definidas y cuando su población es porcentualmente superior o ligeramente similar al resto de los organismos con los que comparte el mismo hábitat. Al respecto, el uso de los macroinvertebrados acuáticos en la valoración integral de la calidad de las aguas, se puede considerar aún con muy escasa utilización a nivel nacional, no obstante entidades como el IDEAM avanzan en estudios técnicos integrales en pro de la determinación de necesidades hídricas para las funciones ambientales y ecológicas de los ecosistemas acuáticos del país (IDEAM, 2010), lo cual debe incluir el estudio de la composición y estructura de dichas comunidades acuáticas y en general de toda la biota que conforma los ecosistemas acuáticos. (León, 2012).

A nivel regional y local, la utilización del número de las comunidades de invertebrados bentónicos en ecosistemas acuáticos se ha realizado especialmente en el río Magdalena (Sánchez et al, 2006), mientras que otros estudios se han orientado a las relaciones de alimentación de dicha comunidad acuática, así como al uso de índices bióticos en el río Las Ceibas y la quebrada La Toma (Sánchez, 1988; Sánchez et al, 2006).

En la actualidad, dado que no existen referentes científicos que den certeza del estado biológico y fisicoquímico del agua que proporciona el Río Negro, es importante hacer un análisis numérico que responda a la identificación y composición porcentual media (densidad relativa) de los organismos y los grupos. Así mismo la incorporación de los habitantes en actividades de

sensibilización considerándose un elemento indispensable para la transferencia de conocimiento sobre el uso sostenible de los recursos hídricos.

Con la finalidad de dar respuesta a los anteriores interrogantes, se pueden plantear las siguientes preguntas de investigación:

¿Cuál es la composición y diversidad de macroinvertebrados bentónicos en las tres estaciones monitoreadas?

¿Cuáles son las especies de mayor y menor abundancia que predominan en las zonas de captación del agua?

¿Cómo varían los índices bióticos a partir de la determinación de características de los macroinvertebrados acuáticos haciendo uso de los índices BMWP/Col. y ASPT, teniendo en cuenta los cambios de calidad fisicoquímica del agua y condiciones de hábitat en cada una de las estaciones?

¿Cuál es la aplicabilidad de los resultados del análisis tanto fisicoquímico como biológico en procesos de educación ambiental que contribuyan a la conservación de los recursos del ecosistema en el municipio de Rivera?

A partir de estas preguntas se han formulado las siguientes hipótesis de trabajo:

El Río Negro por ser un sistema integrador biótico y físico químico, presenta comunidades de fauna definidas, dentro de las cuales los macroinvertebrados, quienes tienen variación en abundancia, riqueza y composición en las estaciones monitoreadas. Es por lo tanto importante reconocer el gran valor que tienen los macroinvertebrados bentónicos como organismo para evaluar la calidad del agua de los Riverenses, y a su vez como herramienta de educación ambiental.

Respecto a las zonas de muestreo, la composición y abundancia de macroinvertebrados acuáticos a nivel espacio-temporal podría presentar diferencias relevantes debido a la cobertura vegetal. El gradiente en la distribución de la abundancia de las especies, se ajustaría más a una respuesta en términos de tolerancia a las variables ambientales, la oferta de sustratos y factores hidrológicos como la velocidad de la corriente y el caudal.

Los índices BMWP/Col. y ASPT son considerados una herramienta fundamental en el diagnóstico biológico de la calidad de las aguas, en tal sentido teniendo como referente algunos puntos de estudio y tiempos establecidos, se puede determinar el impacto en la calidad del recurso en virtud del aporte externo refiriéndonos a coliformes fecales, nutrientes, turbidez y sólidos totales y disueltos; lo cual sugiere la necesidad de ejecutar acciones de sensibilización ambiental aplicando estrategias eficientes en el manejo de aguas residuales domésticas y de heces humanas y de animales.

La identificación de las características fisicoquímicas y biológicas, y sus variaciones en el Río de estudio, posibilitan la ejecución de acciones de sensibilización ambiental, lo cual puede

influir en un manejo más racional del ecosistema. Así mismo contribuir al conocimiento de los ecosistemas acuáticos regionales y a las potencialidades para su manejo sostenible.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Al existir una comunidad en un cuerpo de agua determinado, permite reconocer las condiciones que allí están prevaleciendo tanto favorables como desfavorables para cualquier individuo, a su vez sus manifestaciones e interacciones denotan transformaciones y cambios que requieren atención y seguimiento contribuyendo así, a mantener el equilibrio natural y sostenimiento eficaz del recurso.

Es por esto que al abordar estudios de los ecosistemas acuáticos y su impacto en el entorno se considera relevante todo individuo o transformación que sea palpable o un supuesto para el desarrollo de la investigación.

Johnson *et al.* (1993), definen algunas características que debe cumplir un bioindicador “ideal” para brindar información confiable en la bioindicación de calidad de agua como son:

- ✓ Taxonomía definida y fácilmente reconocible por no especialistas.
- ✓ Distribución cosmopolita para facilitar estudios comparativos a nivel regional, nacional o Internacional.
- ✓ Abundancia numérica para facilitar el muestreo y evaluar cuantitativamente patrones de distribución.
- ✓ Baja variabilidad ecológica y genética, con estrecho rango de adaptación y demanda ecológica.
- ✓ Tamaño apreciable para facilidad de recolección y recuento.
- ✓ Movilidad limitada y largos ciclos de vida para facilitar la integración de escalas temporales y espaciales.
- ✓ Características biológicas y ecológicas bien conocidas.
- ✓ Disponible para estudios de laboratorio En el Departamento

Es por lo anterior que el abordaje de estudios orientados a la identificación y el manejo de los ecosistemas tiene mayor campo de acción. En este sentido, el municipio de Rivera carece de literatura científica que aporte información confiable con respecto al estado del cuerpo hídrico; el Río Negro requiere de estudios en los cuales se tengan en cuenta los recursos naturales y las actividades humanas.

El aprovechamiento hídrico se encuentra reglamentado por la Corporación Autónoma del Alto Magdalena (CAM) para las siguientes corrientes: Río Frío, Quebrada El Neme, El Salado, La Rivera, La Medina. Con razón a la problemática generalizada de escasez del recurso y de la mayor demanda se está revisando la reglamentación. En cuanto a la calidad de las aguas, se observa un deterioro generalizado de las fuentes hídricas superficiales; Los principales focos de contaminación en orden de afectación son contaminación por pesticidas, erosión y degradación del suelo que enturbia las aguas (EOT Rivera, capítulo VII, 1999).

En el marco del contexto expuesto, se plantea efectuar un estudio que caracterice la calidad del agua haciendo uso de bioindicadores, y por tanto determinar las condiciones biológicas del cuerpo hídrico, se pretende además, orientar a la investigación de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos y sus condiciones fisicoquímicas para generar información sobre su composición y estructura actual teniendo en cuenta índices bióticos utilizados de manera generalizada en este tipo de estudios, mediante metodologías que combinan parámetros físico químicos, condiciones de habitabilidad y características de la comunidad biótica, y el estado general del ecosistema en referencia.

Al reunir estos temas y hacer la socialización respectiva con la comunidad sobre las condiciones ecológicas del afluente, así como la presencia y distribución de la fauna de macroinvertebrados acuáticos y el comportamiento de los mismos, se contribuye a la toma de decisiones y ajustes en los planes de gestión orientados al manejo y conservación del Río.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 GENERAL

Establecer la composición y estructura de macroinvertebrados bentónicos y la calidad del agua del río Negro mediante mediciones fisicoquímicas y biológicas y determinación de índices en tres estaciones representativas de la corriente que permitan su evaluación general y contribuyan a su conservación.

#### 3.2 ESPECIFICOS

Identificar la comunidad de invertebrados en estaciones de referencia para clasificar esa fauna de acuerdo a su taxonomía s en la zona de captación del Río Negro.

Determinar por medio de bioindicadores el estado de la calidad del agua en los diferentes puntos de muestreo aplicando el índice de bioindicación BMWP/Col.

Evaluar la incidencia de las condiciones ecológicas del río en la presencia y distribución de fauna de macroinvertebrados acuáticos.

Determinar características fisicoquímicas que permitan evaluar la calidad del agua y las condiciones del habitat del río.

Efectuar acciones de participación con la comunidad aledaña a río Negro, orientadas a promover la protección ambiental de la fuente hídrica.

## 4. MARCO TEORICO

### 4.1 DESCRIPCION DEL RÍO NEGRO – MUNICIPIO DE RIVERA, HUILA.

A continuación se hará una breve descripción de aspectos relevantes para el conocimiento general del río Negro.

#### 4.1.1 Localización y áreas

El río Negro se encuentra ubicado en el municipio de Rivera; el casco urbano se encuentra localizado: 2° 47' 00" Latitud Norte y 75° 16' 00" Longitud Oeste y a una altura de 729 m.s.n.m (Departamento Administrativo de Planeación Departamental 1.994). Dista 22 Km de la capital del Departamento, Neiva y del casco urbano del Municipio de Campoalegre 29 Km. El río Frío, en el que desemboca el río Negro, atraviesa el municipio de oriente a occidente descendiendo de la parte alta de la montaña, pasando por el casco urbano, hasta la cuenca baja donde confluye en el río Magdalena.

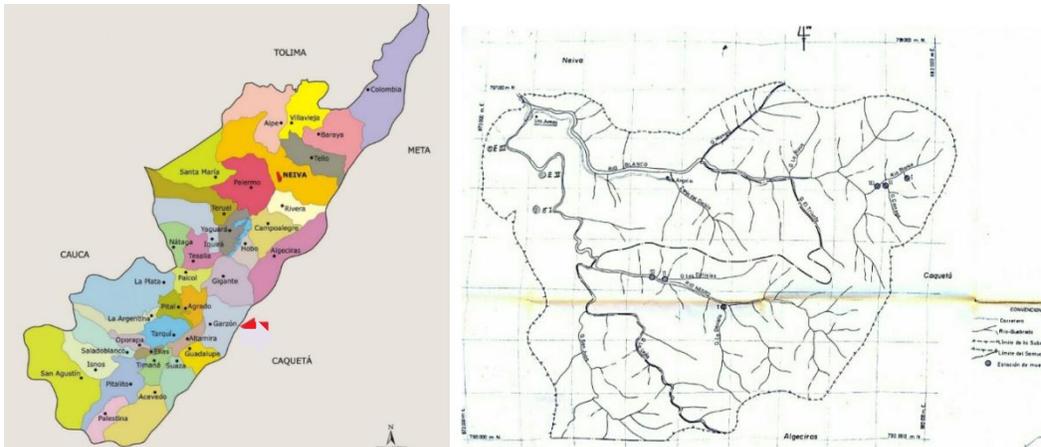


Figura 1 Ubicación de la cuenca de río Negro, Municipio de Rivera, Departamento del Huila.

#### 4.1.2 Clima e hidrografía.

La zona de estudio en la cuenca de río Negro presenta un clima que se caracteriza por ser templado y húmedo; con altitud entre 900 y 1500 m.s.n.m, temperatura media entre 18° y 24°C, precipitación anual entre 1000 y 2000 mm. (Medina y Morales 1992).

Así mismo, el municipio se encuentra ubicado en dos regiones diferentes. Al oriente, una región montañosa, perteneciente a la vertiente occidental de la cordillera oriental; al occidente se encuentra una región plana, comprendida en el valle del Río Magdalena. Por tal razón se

establecen tres climas predominantes como son Clima Medio Húmedo, clima cálido y el Frío muy húmedo en la zona alta.

Existen otros parámetros climáticos que aun cuando no son determinantes absolutos del clima, permiten caracterizarlo con mayor precisión, entre estos el viento, la humedad relativa, el brillo solar y la evaporación; dichos vientos proceden del este y del sur, siendo más fuertes en los meses de junio, Julio y agosto, y más débiles en abril, mayo, octubre y noviembre. Las características morfométricas del río Negro permiten describirlo como un afluente de amplia extensión, asimétrico, de forma alargada, con un caudal de 880 litros por segundo (lts/ser.), en el sitio donde se une con río Blanco conformando el río Frío. La fuente de abastecimiento para el suministro del agua es de tipo superficial, y está ubicada en la zona montañosa. El sitio de captación presenta variaciones de nivel que oscilan entre 2 y 3 metros. (Empresas Públicas De Rivera EPR 2015).

#### 4.1.3 Geomorfología

El río Negro nace en la vereda que tiene su mismo nombre; limita al norte y oriente con río blanco, al sur con la vereda el Tambillo, al occidente con agua caliente y las juntas (E.O.T Rivera, 1999 - Capítulo). De éste hacen parte los cuerpos de agua correspondientes a nacedores de La Virginia, Trigueña, Troja, El Mirador y Dalias. Allí se aprecia paisaje montañoso denotativo de rocas ígneas y metamórficas en zonas de inestabilidad tectónica no glacial. Su proceso morfo dinámico es terraceo en la parte baja; así mismo, se observan deslizamientos superficiales en sectores defectuosos, como también deslizamientos severos en la ribera del río que es evidente en época de lluvia. Se observa también erosión en algunos sectores de la vereda por donde cruza el río.

En general, las características superficiales del Río hacen factible la eficiencia del líquido para el consumo humano. El río Magdalena importante arteria fluvial a Nivel Nacional atraviesa el municipio en su parte baja, receptando directa e indirectamente todas las fuentes hídricas que se generan en la parte alta de la cordillera oriental y formando parte de la red hidrográfica del municipio de Rivera. El Río Negro es el abastecedor de agua para el acueducto Municipal, donde se benefician aproximadamente 3000 viviendas del casco urbano. Después de la unión con el río Frío, recorre el municipio de Oriente a Occidente pasando por la parte Norte del casco urbano hasta su desembocadura.

El uso inapropiado de algunas áreas por actividades humanas agropecuarias, son aspectos preocupantes. La destrucción masiva de la vegetación nativa, las quemadas frecuentes y las prácticas culturales inapropiadas en los sistemas productivos son factores que influyen directamente sobre la disponibilidad de agua para uso y consumo. La demanda ha crecido por el aumento gradual de la población, por la subdivisión de tierras (Parcelaciones, urbanización del área rural) y por el establecimiento de cultivos que requieren grandes volúmenes de agua (Arroz y cultivos de ciclo corto).

#### 4.1.4. Vegetación y usos del suelo

Para el caso de río Negro aproximadamente el 97% del suelo está provisto de pasto con diferentes grados de desarrollo, un 2% ha sido destinado en la parte alta a cultivos de café, frijol, arveja y mora; el 1% restante no tienen ningún uso, dicho suelo se encuentra cubierto de rastrojo; así mismo se conserva un espacio como área de reserva.

Dentro de las observaciones reportadas por Medina y Morales (1992), se identifica el Bosque húmedo Pre-Montano (bh-PM) en la parte alta, con características húmedas y vegetación nativa constituida por las siguientes especies:

Tabla 1 Cultivos predominantes alrededor del río Negro.

<b>NOMBRE CIENTIFICO</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>NOMBRE COMUN</b>
Calliandra Lehmanni Behth	Minosaceae	Carbonero
Erythrina poeppigiana	Fabaceae	Cámbulos
Ficus sp	Moraceae	Caucho
Heliocarpus popayanensis	Tiliaceae	Balso Blanco
Inga densiflora	Mimosaceae	Guamo
Nectandra sp	Lauraceae	Laurel
Ochoma lagopus	Bombacaceae	Balso
Trichanthera gigantea	Avanthaceae	Nacedero
Triunfetta mollissima	Tiliaceae	Cadillo

Fuente: Medina y Morales 1992.

Así mismo, de acuerdo a conversaciones sostenidas con los habitantes de la vereda se logró indagar sobre los usos actuales que se le da al suelo, arrojando como resultados cultivos predominantes tales como “café, aguacate, Frutales (Banano, cholupa, guayaba) y hortalizas”; entre otras, las cuales se enumera en la siguiente tabla de forma más amplia.

Tabla 2 Cultivos predominantes alrededor del río Negro de acuerdo a lo dicho por la comunidad.

<b>REPORTE</b>	<b>NOMBRE COMUN</b>	<b>NOMBRE CIENTIFICO</b>	<b>USO</b>
1	Café	Coffea	Comercial
2	Cholupa	Passiflora maliformis	Comercial y consumo propio
3	Aguacate	Persea americana	Comercial y consumo propio
4	Caracolí	Anacardium excelsum	Barrera ecológicas- maderable
5	Yuca	Manihot esculenta	Consumo propio
6	Arracacha	Arracacia xanthorrhiza	Consumo propio

7	Guadua	Guadua angustifolia	Comercial - ornamentación
8	Plátano	Musa × paradisiaca	Comercial y consumo propio
9	Maíz	Zea mays	Comercial y consumo propio
10	Limoncillo	Citrus × limón	Uso propio
11	Arrayan	Luma apiculata	Medicinal
12	Guayabo	Psidium guajava	Consumo propio
13	Guacimo	Guazuma ulmifolia	Medicinal
14	Yarumo	Cecropia peltata	Comercial
15	Igua	Samanea Saman	Forraje
16	Caracoli	Anacardium excelsum	Carbón vegetal – Cerca viva
17	Mora	Rubus	Comercial
18	Lulo	Solanum quitoense	Comercial
19	Tomate de árbol	Solanum betaceum	Comercial
20	Banano	Musa × paradisiaca	Comercial- uso propio

Fuente: Comunidad vereda Río Negro, 2017-2018.



Figura 2 Especies de flora predominantes alrededor de río Negro.

#### 4.1.5. Características socioeconómicas

La vereda Río Negro está habitada por 13 familias y colinda con los siguientes predios: Por el sur finca La esperanza, finca Las Peñas, Finca del señor Felipe Sotelo, Finca de don Aldemar Puentes, finca de don Roger Castro; al occidente, la finca de don Arcel Espinosa, finca de Jacobo Fernández, la finca del señor Mardonio Bastidas, casa de don Fader Cedeño, casa de don Efraín Olaya, casa del señor Yesid Marín, la finca de la familia Montano y Wilinton Cuellar y la sede Río Negro de la Institución Educativa (IE) El Guadual. El 100% de las fincas y casas mencionadas están habitadas. En general la infraestructura de las viviendas es en madera, bareque y unas pocas en ladrillo, sus pisos son en tierra y cemento rustico. La formación académica se orienta en la sede que adopta el mismo nombre de la vereda “Río Negro”; allí reciben clase 10 estudiantes en la modalidad escuela nueva en los grados de preescolar a grado quinto, con edades entre los cinco y once años, los cuales se convierten en agentes dinamizadores en procesos de sensibilización, a partir de las orientaciones en educación ambiental señaladas en el Decreto 1743 de 1994 ; dichas conductas son evidenciables en los talleres de participación, en donde los estudiantes reconoce el valor que tiene el recurso hídrico; por lo cual es apropiado entregar herramientas para que fortalezcan los

objetivos comunes, priorizados en cuidado, conservación y valoración del río, además de reconocer los ecosistemas como base fundamental que sostiene cualquier actividad humana.

En cuanto al acceso a servicios básicos, la energía eléctrica cubre el 100 % de las viviendas de la vereda; los alimentos son preparados en fogón de leña, otros en hornillas ecoeficientes entregadas por la CAM y en la sede río Negro se cocinan los alimentos para estudiantes con pipeta de gas. El servicio de acueducto es veredal, distribuido con manguera proveniente de la parte alta de río Negro por acueducto propio, sin embargo, en la parte baja se evidencian prácticas de captación ilegal, las aguas negras son expulsadas a través de pozos sépticos.

#### 4.1.6. Educación ambiental en la Sede Educativa en río Negro

La gestión integral de un río debe considerar cuatro ámbitos importantes para su ejecución: 1. La reglamentación política; 2. La cultura; 3. El componente productivo y el medio ambiente; 4. La interacción del hombre con el mismo. Esto con la finalidad de lograr una sensibilización sobre su influencia en los ecosistemas acuáticos y terrestres de los cuales se sustentan. Y en ello tiene directa implicación la educación ambiental entendida como “un proceso que ayuda a desarrollar las habilidades y actitudes necesarias para comprender las relaciones entre los seres humanos, sus culturas y el mundo biofísico... también debe estimular la curiosidad, fomentar la toma de conciencia y orientar hacia un interés informado que eventualmente será expresado en términos de una acción positiva” (UNESCO-PNUMA, 1997).

A nivel Nacional la educación ambiental (EA) se ha incorporado mediante la ley 115 de 1994 instituida por el artículo 14 literal C. La norma expresa que es obligatorio en los niveles de educación formal (preescolar, básica y media) impartir la “enseñanza de la protección del ambiente, la ecología y la preservación de los recursos naturales”, de conformidad con la Carta Política de 1991. A su vez a través de los PRAE, ésta se puede desarrollar transversalmente, posibilitando al docente la incorporación de los cuatro ámbitos ya mencionados articulados con el currículo de cada institución, para así lograr la formación integral del estudiante.

No obstante, a nivel nacional se deben tener en cuenta las treinta y siete propuestas hechas por las diferentes delegaciones asistentes a la Conferencia Intergubernamental sobre Educación Ambiental de 1977 en Tbilisi, en las cuales se proponen diferentes acciones donde todos coinciden en la importancia de inculcar un sentido de responsabilidad y de solidaridad entre las naciones, por ende, se espera que la educación ambiental sea fundamental de todo individuo y el foco de una sociedad. Así mismo, en la Agenda 21 dentro de sus 27 principios se demarca en el número 10 la educación ambiental, y dice “El mejor modo de tratar las cuestiones ambientales es con la participación de todos los ciudadanos interesados, en el nivel que corresponda. En el plano nacional, toda persona deberá tener acceso adecuado a la información sobre el medio ambiente de que dispongan las autoridades públicas, incluida la información sobre los materiales y las actividades que ofrecen peligro en sus comunidades, así como la

oportunidad de participar en los procesos de adopción de decisiones. Los Estados deberán facilitar y fomentar la sensibilización y la participación del público poniendo la información a disposición de todos. Deberá proporcionarse acceso efectivo a los procedimientos judiciales y administrativos, entre éstos el resarcimiento de daños y los recursos pertinentes” (Eschenhaguen, 2007).

La Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM) dentro de sus estrategias de educación ambiental para las áreas protegidas del Departamento, ha implementado en la vereda Río Negro, la cual está cercana al PNR Siberia Ceibas, propuestas encaminadas al sentido de pertenencia, uso sostenible de flora y fauna, y conocimientos propios de la región; entre dichas estrategias se resaltan “Aprendo para cuidar”, “Opita de Corazón” y “Olimpiadas ambientales”. A su vez, el Proyecto de Educación Ambiental (PRAE) se ha consolidado en la Sede Educativa Río Negro, fomentando el análisis y la comprensión en los estudiantes de los problemas y potencialidades ambientales locales, regionales y nacionales, y generan espacios de participación para implementar soluciones acordes al objetivo del proyecto. Por lo tanto, la educación ambiental hace parte de los programas que intervienen mediante acciones específicas, sobre los habitantes de la Vereda.

#### 4.2. COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS DE LOS ECOSISTEMAS DE CORRIENTES

En un río, arroyo y manantial, los movimientos del agua transitan en una sola dirección y siguen el curso del cuerpo de agua, este proceso es característico de un ecosistema lótico. Los ecosistemas lóticos se diferencian así de los ecosistemas lénticos, término que se emplea en las aguas terrestres relativamente estancadas como lagos y estanques.

La presencia de macroinvertebrados acuáticos bentónicos (MAB) en un cuerpo de agua léntico o lótico, permite de acuerdo a las características tanto a nivel individual como en comunidad, determinar en un alto grado las condiciones prevalecientes y sus posibles contaminantes. Según Gabriel Roldán (1999), en su artículo “los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua” afirma que “las principales fuentes de perturbación causadas en los ecosistemas acuáticos por el hombre, están relacionadas con la contaminación de origen doméstico, industrial, agrícola, minero y deforestación”.

En las últimas décadas, la degradación de los recursos acuáticos ha sido motivo de preocupación del hombre. Los primeros esfuerzos por determinar el daño ecológico causado por los residuos domésticos e industriales en las corrientes de agua fueron realizados por Kolkwitz & Marsson (Leon, 2012).

Cuando se plantea un estudio donde se requiere determinar con mayor exactitud el estado del ecosistema, es recomendable implementar pruebas biológicas que complementen un análisis fisicoquímico. Los aspectos biológicos han adquirido una creciente importancia en el estudio de los ecosistemas acuáticos, debido a que las variables fisicoquímicas solo dan una idea puntual de

la calidad del agua y no informa sobre las variaciones en el tiempo (Alba – Tercedor, 1996). Es decir, los ecosistemas de corrientes son sistemas complejos en los que se conjugan fenómenos físicos, químicos y biológicos, con una dinámica espacial y temporal también compleja (Allan, 1995). Los gradientes fisicoquímicos y los efectos geomorfológicos se relacionan con el criterio de orden de las corrientes, que permite analizar la composición y dinámica de la comunidad a lo largo del río. Por tal razón se considera indispensable realizar un análisis comparativo, integrador y descriptivo que arroje con precisión resultados confiables.

En el contexto nacional, los ecosistemas de corrientes andinos tipo quebradas, ríos mayores y menores, caracterizados por el flujo unidireccional del agua y conexiones laterales de ribera y con el nivel freático, que cambian constantemente a causa de las variaciones del caudal (Allan, 1995), se destacan porque albergan una gran diversidad de organismos acuáticos y semiacuáticos. Además de los mencionados se deben considerar las especies de flora y fauna predominantes en el contexto, los cuales intervienen de manera directa e indirecta en la existencia de población de macroinvertebrados bentónicos, presentando como ventaja su tiempo de vida largo y su fácil observación en este sistema natural. Así mismo, y de acuerdo a la popularidad se pueden tener en cuenta las algas, los protozoos y las bacterias. Los virus, hongos, las macrófitas y los peses, estos últimos ocupan el último lugar de efectividad para este tipo de estudios.

Tabla 3 Aceptación de los diversos taxones como indicadores de la calidad del agua

Grupo	Porcentaje %			
	0	10	20	30
Virus	xx			
Bacterias	xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx			
Hongos	xxxx			
Algas	xx			
macrófitas	xxxxx			
Protozoos	xx			
Macroinv.	xx			
Peces	xxxxxx			

Fuente: Roldán, 1999.

En una corriente de agua dulce los macroinvertebrados se presentan en comunidades diversas y abundantes donde se confieren características importantes para su aceptación como indicadores de calidad de agua, esto permiten categorizarlos de acuerdo a su abundancia y distribución, a su fácil recolección, a que poseen ciclos de vida muy largos y en algunos casos son sedentarios, a que son detectados a simple vista y que responden rápidamente a cambios ambientales, entre otras características no menos importantes.

Las comunidades acuáticas son referentes existenciales de las condiciones hídricas; de acuerdo a su similitud mantiene una convivencia armoniosa como ocurre en los ríos, quebradas, lagunas etc. Estas comunidades pueden ser de ambientes cálidos o fríos, con mucha luz o de espacios fotosensibles, entre otras características.

En ecología, estas mismas comunidades se describen como un sistema funcional en el cual hay un intercambio cíclico de materia y energía entre los organismos vivos y el ambiente abiótico; siendo más descriptivos, la presencia de la comunidad de invertebrados acuáticos está en función de parámetros ambientales como la dinámica del flujo, estructura del sustrato, el aporte de materiales y su transporte en el agua, el desarrollo biogeográfico del río y su cuenca, y las influencias externas generadas por fenómenos naturales y por intervención humana en su entorno (Allan, 1995). Dichos aspectos se pueden considerar determinantes para la supervivencia de las comunidades bentónicas; así mismo, la estructura de las zonas ribereñas influye en la dinámica del cuerpo de agua por la presencia de hojarasca, fluido de materia orgánica (MO) y consumidores de niveles superiores en la red trófica entre otros, los cuales suelen ser referente para hallar supuesto de la presencia o ausencia de las mismas.

En otros términos, dichas poblaciones se establecen en hábitats preferentes, lo que les da modos de vida determinados, como son los bentos que hace referencia a aquellos que viven en el fondo de ríos y lagos, adheridos a piedras, rocas, troncos, restos de vegetación y sustratos similares, dentro de éstos, existen familias que se entierran en el fondo o se adhieren a rocas o vegetación acuática por medio de mecanismos morfológicos especiales (Roldán, 2003). El necton hace referencia a aquella comunidad que se mueve o nada libremente por toda la columna de agua, requiriendo en alta o baja proporción del aire de la atmósfera, por lo que presentan mecanismos de respiración hidropnéustica (tomando el oxígeno a través de la piel o agallas filamentosas) o aeropnéustica (toman el oxígeno directamente del aire) o con sistema traqueal cerrado o abierto (León, 2016). De ahí que la geomorfología de las corrientes en una cuenca explique en cierta manera la comunidad como un continuo de asociaciones que se corresponden con el continuo de factores físicoquímicos y de procesos ecológicos que conforman la estructura y función del ecosistema (Sánchez, 1988).

En cualquier ecosistema siempre existirá presencia de seres vivos e inertes; en el mundo acuático, cuando se habla de macroinvertebrados se atribuye su valor por la riqueza al participar en el ciclaje de nutrientes, su efecto controlador de la productividad primaria, su variedad e inclusión de diferentes organismos y la resistencia a distintos entornos. Se considera además que un organismo es un indicador de calidad de agua, cuando este se encuentra invariablemente en un ecosistema de características definidas y cuando su población es porcentualmente superior o ligeramente similar al resto de los organismos con los que comparte el mismo hábitat. Para efectos de estudio; Metcalf (1989) distingue tres enfoques principales para evaluar la respuesta de las comunidades de los macroinvertebrados a la contaminación. Estos son el saprobico, el de diversidad y el biótico.

#### 4.3. CONTAMINACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DEL AGUA.

La “utilidad del agua” es un concepto relativo; su eficiencia depende del uso que se pretenda. Es evidente que cualquier alteración produce efectos nocivos en los seres vivos, riesgos sanitarios y puede llegar a reducir el bienestar de las comunidades; de tal manera, que la molécula pasaría a un estado de dudosa aceptación, y las alteraciones en los pobladores se podían extender a largo plazo. Siendo así, se define la contaminación del agua como la polución de esta que produce o puede producir enfermedad y aún la muerte del consumidor (Rojas, 2008). Es decir, un tipo específico de polución es la contaminación, la cual implica la introducción al agua de materiales tóxicos, bacterias u otras sustancias perjudiciales que harían que esa fuente no fuera apta para el consumo humano (Romero, 2002).

Para efectos de facilitar el estudio del recurso hídrico y establecer con exactitud sus características, se han determinado parámetros de interpretación que obedecen a necesidades globales. Las variables que se tienen en cuenta en el presente trabajo son Alcalinidad, cloruros, Dureza cálcica, Oxígeno disuelto, Potencial de ionización, temperatura y sulfatos. Específicamente para evaluar la contaminación orgánica y bacteriológica, en donde se mide el contenido de materia orgánica y bacterias en el agua, es de interés sanitario valorar además de la Demanda Bioquímica de Oxígeno, los coliformes totales y fecales y virus entéricos (Esteves, 1998).

#### 4.4. INDICES DE CALIDAD DEL AGUA

La problemática de la contaminación del agua es un fenómeno creciente debido al aumento en la población y diferentes actividades de supervivencia en todos los reinos de la naturaleza. Ésta se ha clasificado en tres estudio indispensable para cualquier tipo de análisis que se aspire desarrollar; estas se describen como contaminación química, conocida como el resultado de una mezcla entre compuestos orgánicos e inorgánicos; contaminación física, la cual se dimensiona de acuerdo a la presencia del hombre y su intercambio de energía con el ambiente; y la contaminación biológica, la cual es producida por algas, hongos, bacterias y virus que pueden provocar enfermedades, y también por la proliferación de otras plantas acuáticas.

Según la OMS (Organización Mundial de la Salud) considera que el agua está contaminada cuando su composición se haya alterado de modo que no reúna las condiciones necesarias para ser utilizada beneficiosamente en el consumo del hombre y de los animales. Al respecto, existen varias metodologías para evaluar índices para calidad del agua, las cuales, dada las posibilidades de integración de diversos factores ambientales en determinada condición espacio temporal, permiten la conjugación no solamente de parámetros físico químicos, sino que pueden incluir características de comunidades bióticas acuáticas como lo establece (Rojas, 2008).

Una de las alternativas para determinar la calidad del agua, es de acuerdo al análisis razonable de especies acuáticas obtenidas de manera directa en un río, quebrada, arroyo, laguna,

entre otros que es denominada indicador. La Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE, 2003) define un indicador como “un parámetro o un valor derivado de parámetros, que sugiere, proporciona información acerca de, o describe el estado de un fenómeno, el medio ambiente o un área, con un significado que se extiende más allá de que estén directamente vinculados con el valor de un parámetro”. Por lo cual se establece que un indicador es un parámetro que permite obtener información del estado del agua.

El índice de calidad del agua “ICA” define la aptitud del cuerpo de agua respecto a los usos prioritarios que este pueda tener. Estos índices son llamados de “uso específico”. Los ICA tienen como objetivo la estimación de un número adimensional generalmente entre 0 y 1 ó 0 y 100, que define el grado de calidad de un determinado cuerpo de agua generalmente de tipo lótico, con ello se pretende conocer de una forma ágil y fácil, problemas de contaminación, sin tener que recurrir a la observación de cada una de las variables fisicoquímicas determinadas. (Rojas, 2008).

De acuerdo a diferentes estudios, las características de la calidad del agua se pueden obtener implementando diferentes metodologías; entre estos vale la pena mencionar el índice de calidad general ICG desarrollado por Provencher y Lamontagne (1979); el índice de calidad de las aguas de HORTON'S (1965), índice de calidad del agua de la Fundación de Saneamiento Nacional de los Estados Unidos (NSF - WQI 1970), el Índice de Contaminación ICO (Ramirez y Viña, 1998), entre otros.

Para la realización del presente trabajo se utilizaron los índices BMWP/Col. y ASPT, los cuales se constituyeron en una herramienta fundamental para el diagnóstico biológico de la calidad del agua en las estaciones de estudio y meses de muestreo. El Biological Monitoring Working Party (BMWP) es empleado para la identificación de los macroinvertebrados a nivel de familia, entre sus bondades tenemos que no requiere de mucho esfuerzo taxonómico, es de bajo costo, requiere poco tiempo y es considerable la información que se obtiene sobre la calidad biológica del agua. Se conoce que este método fue establecido en Inglaterra en 1970, como un método sencillo y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores (Roldán 2003).

#### 4.5. BIOINDICACIÓN

Al hablar de Bioindicador se comprende la estrecha relación entre precisiones ambientales y la investigación; para tal fin, se espera reconocer más allá de la existencia de un indicador sus implicaciones en un ecosistema, puesto que son capaces de mostrar las tendencias temporales y responder a cambios en el ambiente que en su mayoría son relacionadas con actividades humanas. Según Zonneveld (1983), el término indicación que se encuentra inmerso en la bioindicación, tiene que ver con la idea de hacer visible lo que no es inmediatamente

perceptible. Como por ejemplo, la calidad del aire, agua, suelo, en resumen el ecosistema del cual depende el hombre.

Para llegar a comprender ampliamente; las modificaciones antrópicas han logrado interferir tanto en ecosistemas lenticos como lóticos, debido a la sensibilidad que caracteriza a los sistemas de agua dulce; por tal razón en el mundo se presenta toda una gama de acciones que apuntan a la investigación consciente y responsable de la existencia de familias acuáticas que posibiliten la interpretación de las mismas; de igual manera, así como se reconocen algunas ventajas de su implementación, existen desventajas al implementar los bioindicadores. Entre dichas ventajas tenemos que se pueden hacer integraciones espaciales y temporales, además dan respuesta a contaminaciones crónicas y puntuales, y permiten medir la degradación de hábitat. Así mismo con consideradas como desventajas la sensibilidad temporal baja y las dificultades de cuantificación y estandarización de aguas subterráneas.

Pese a sus desventajas, el uso de macroinvertebrados es de importante utilidad para determinar la calidad del agua de los ríos, quebradas y lagunas. Su tamaño superior a 0,5 mm posibilita el fácil reconocimiento, y por supuesto su descripción taxonómica; adicional a esto, su fauna tiene una distribución amplia, haciendo mucho más fácil su recolecta. Los bentos presentan largos ciclos de vida permitiendo así determinar cualquier decadencia en la calidad del ecosistema acuático debido a que la presencia de algunos o la ausencia de otros en correlación con parámetros fisicoquímicos determinan el estado de su hábitat (Beltrán, et al., 2015, citado por Rodríguez et al 2016).

Cuando se habla de un bioindicador se crean muchos supuestos. Para precisar este concepto podemos ratificar que el Bioindicador ideal es aquel que tiene tolerancias ambientales estrechas y de manera antagónica, aquellos organismos o poblaciones que tienen amplias tolerancias para diferentes condiciones ambientales y cuyos patrones de distribución o abundancia se afectan poco por variaciones del hábitat, se consideran pobres indicadores de calidad ambiental (Roldán, 2003).

Para llegar a determinar los índices, se requiere la transformación de los datos (presencia o abundancia de los diferentes taxa) en alguna expresión estadística de los mismos, como el número total de taxa o la diversidad, entre otras. A estas expresiones se les llama comúnmente métricas y pueden ser cualitativas o cuantitativas. En ese sentido, existen los índices unimétricos en los que se utiliza un solo valor, consistente en una métrica simple o combinada, dentro de los cuales los más utilizados son el Índice de Saprobios, Trent Index, BMWP, ABI, Hilsenhoff, entre otros; y los índices multimétricos que utilizan diversas métricas combinadas de diversas maneras posibles, dentro de los cuales los más conocidos son los I.B.I (Indices de Integridad Biológica) (Segnini, 2003; Prat et al, 2009). En el presente trabajo se ha utilizado Índice de monitoreo biológico: Biological Monitoring Working Party Score System: Índice BMWP el cual se caracteriza por ser un método sencillo y rápido para evaluar la calidad del agua, este método requiere llegar hasta el nivel de familia y los datos son cualitativos.

El cálculo del índice se realiza aplicando la fórmula del BMWP, donde:

$$\text{BMWP} = T_1 + T_2 + T_3 + T_n.$$

T= Valor de Tolerancia de la familia.

En la Tabla 5, se presentan los niveles de bioindicación de las familias de macroinvertebrados acuáticos y su respectiva puntuación, de acuerdo con la adaptación del (índice BMWP) para Colombia (Zamora, 1997). Basado en la sumatoria de los valores asignados para cada organismo, se clasifican las aguas según la siguiente escala :

Tabla 4 Clasificación de las aguas de acuerdo al valor

CLASE	VALOR	SIGNIFICADO
I	>120	Aguas muy limpias
II	101-120	Aguas no contaminadas o no alteradas de manera sensible
III	61-100	Crítica: son evidentes algunos efectos de contaminación
IV	36-60	Aguas contaminadas. Mala calidad
V	16-35	Aguas muy contaminadas
VI	<15	Aguas fuertemente contaminadas

Tabla 5 Adaptación del Índice BMWP para Colombia. Zamora (1999).

Ordenes	Familias	Puntos
Plecoptera	Perlidae	10
Ephemeroptera	Euthyplociidae, Polymitarciidae.	
Trichoptera	Odontoceridae, Glossosomatidae, Rhyacophilidae Calamoceratidae, Hydroptilidae	
Diptera	Blepharoceridae	
Hidroida	Hidridae, Clavidae, Petasidae.	
Ephemeroptera	Oligoneuridae, Leptophlebiidae	9
Odonata	Megapodagrionidae, Polythoridae.	
Trichoptera	Hydrobiosidae, Xiphocentronidae, Philopotamidae	
Diptera	Simuliidae	
Coleoptera	Psephenidae	8
Odonata	Coeniagrionidae ; Calopterygidae	
Trichoptera	Helicopsychidae	
Coleoptera	Dysticidae, Ptiloactylidae, Scirtidae	
Hemiptera	Notonectidae, Mesolveiidae, Hebridae	

Diptera	Naucoridae, Dixidae	
Ephemeroptera	Leptohyphidae	7
Trichoptera	Polycentropodidae	
Coleoptera	Elmidae, Dryopidae, Staphylinidae, Gyrinidae.	
Hemiptera	Pleidae, Vellidae, Gerridae	
Diptera	Empididae, Dolichopodidae, Muscidae	
Ephemeroptera	Baetidae	6
Trichoptera	Hidropsychidae, Leptoceridae	
Coleoptera	Noteridae, Haliplidae	
Odonata	Libellulidae	
Neuróptera	Corydalidae	
Decapada	Atyidae	
Amphipoda	Hyaellidae	
Gordioidea	Gordidae, Chordodidae	
Unionoidea	Unionidae	
Tricladida	Planariidae, Dugesidae.	
Coleoptera	Lymnichidae	5
Odonata	Aeshnidae, Lestidae	
Diptera	Tabanidae, Ceratopogonidae	
Decapoda	Palaemorridae	
Hemiptera	Belostomatidae	
Coleoptera	Curculionidae, Chrysomelidae	4
Diptera	Tipulidae, Stratiomyidae, Culicidae	
Hemiptera	Corixidae, Hydrometridae	
Basommatophora	Ancylidae	
Hemiptera	Nepidae, Gelastrocoridae, Saldidae	3
Coleoptera	Hydrophylidae	
Diptera	Psychodidae	
Mesogastropoda	Goniobasidae, Hydrobiidae	
Diptera	Chironomidae	2
Basommatophora	Physidae, Limnaeidae, Planorbidae	
Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae	
Haplotaxida	Tubificidae	1
Diptera	Syrphidae, Ephydriidae	

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. MUESTREOS

De acuerdo a la información suministrada por el funcionario de apoyo de las Empresas Publicas de Rivera (EPR) y una salida de campo previa al proceso; se estableció la realización de muestreos en ámbitos espaciotemporales que tuvieron en cuenta estaciones ubicadas en el cauce del Río Negro hasta el punto de captación, en tres sectores diferentes.

#### 5.1.1. Localización de estaciones de muestreo

Para el presente estudio haciendo uso de un GPS y realizando un recorrido desde el nacimiento del río hasta el punto de captación, se ubicaron tres estaciones a muestrear, las cuales reunieron condiciones similares de hábitats; luego se determinaron tres épocas diferentes del año 2016, con intervalos de tres meses cada una para la recolecta (fechas que se debieron replantear por la oleada de lluvia que azotó el municipio de Rivera).

La primera época de muestreo fue el 2 de diciembre de 2016, la segunda se llevó a cabo el 1 de abril de 2017 y la tercera se realizó el 5 de julio 2017. Allí se tuvo en cuenta la ubicación geográfica, distancia de una estación a otra y las similitudes respecto al estudio. Ver Tabla 6.

Tabla 6 Localización de estaciones de muestreo

<b>ESTACIÓN</b>	<b>UBICACIÓN GEOGRÁFICA</b>	<b>FECHAS DE MUESTREO</b>
E1	<u>N 0,2°, 44.957'</u> O 0,75°, 12.897'	02/12/2016
E2	<u>N 0,2°, 45. 024'</u> O 0,75, 12.912 '	02/12/2016
E3	<u>N 0,2°, 45. 238'</u> O 0,75, 12.714 '	02/12/2016
E1	<u>N 0,2°, 44.957'</u> O 0,75°, 12.897'	01 /4/ 2017
E2	<u>N 0,2°, 45. 024'</u> O 0,75, 12.912 '	01 /4/ 2017
E3	<u>N 0,2°, 45. 238'</u> O 0,75, 12.714 '	01 /4/ 2017
E1	<u>N 0,2°, 44.957'</u> O 0,75°, 12.897'	05/07/ 2017
E2	<u>N 0,2°, 45. 024'</u> O 0,75, 12.912 '	05/07/ 2017

E3	$N 0,2^{\circ}, 45. 238'$ $O 0,75, 12.714'$	05/07/ 2017
----	--	-------------

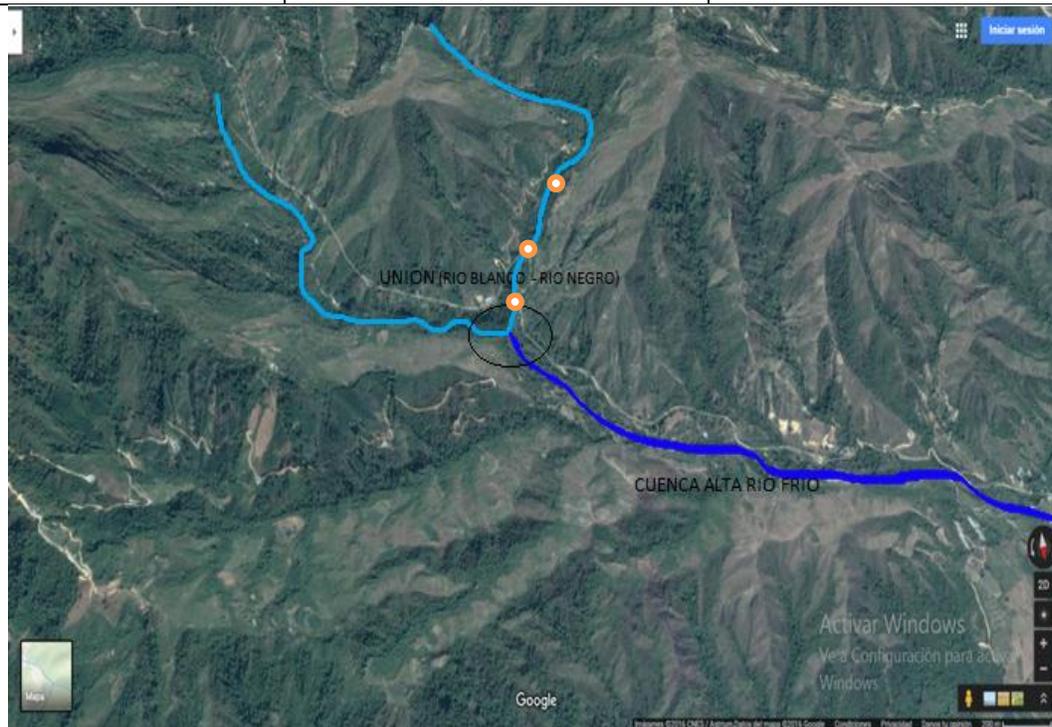


Figura 3 Localización de estaciones de muestreo en Río Negro

Fuente: Fundación Ambiental Molécula Verde, (2016).

Estación 1. Zona alta del río Negro la cual denominaremos “Punto de inicio”, presenta franjas de bosque conservado con gran cantidad de cobertura vegetal como las gramíneas, arvenses (maleza), y especies de Yaruma (*Cecropia peltata*). Algunos Gualanday (*Jacaranda mimosifolia*) entre otras. El flujo de agua es continuo, con ancho de 4.5 m en el punto donde se tomó el caudal, su profundidad máxima es de 36 cm. Las rocas encontradas son sedimentarias de diferentes tamaños y se evidencian estructuras lisas sumergidas.



Figura 4 Estación para toma de caudal uno.

Por otro lado, las condiciones de la cuenca en ese tramo son poco intervenidas antrópicamente con relación a la disposición de residuos sólidos considerándose favorable para el equilibrio ecosistémico del caudal. Con respecto a los residuos líquidos originados por las diferentes actividades económicas que allí se desarrollan, se pudo concluir que la presión ejercida por las diferentes comunidades es considerable, ya que carecen de sistemas de tratamientos de sus aguas servidas.

Estación 2. Denominado “Punto intermedio” Esta corresponde desde el punto final del denominado “Punto de inicio” hasta el inicio de la estación 3 “Punto final”. El ancho del río es de 2,66 m en la parte superior para toma de muestras y su profundidad máxima es de 37 cm, evidenciando una disminución del caudal en su aproximación con el punto de captación; además de esto, debido a las condiciones del entorno, la fuente hídrica se expone frecuentemente a presencia de residuos de flora y algunas especies de fauna propias de este ecosistema.

Allí prevalece el bosque fragmentado donde la afectación es eminente por presencia de cultivos y algunos contaminantes provenientes de viviendas aledañas; así mismo en el recorrido se pudo evidenciar prácticas de captación ilegal mediante mangueras de 4 y 6 pulgadas (Figura 5).

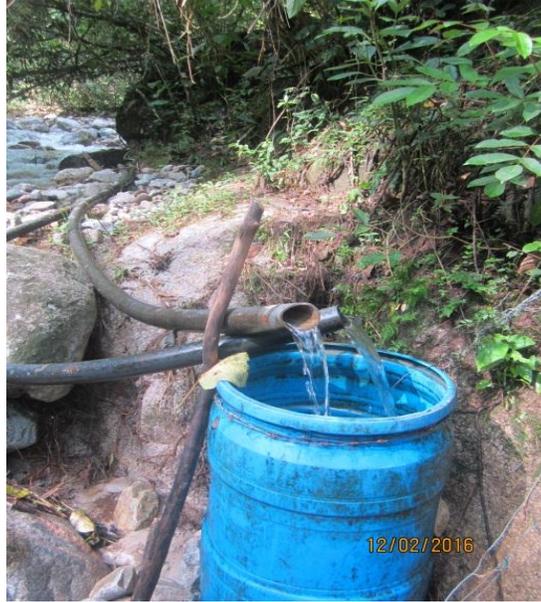


Figura 5 Área de influencia a la cuenca, específicamente en la captación ilegal del recurso hídrico mediante mangueras.

Estación 3. Estación denominada “Punto final”, con altura de 1.058 m.s.n.m. Se localiza aguas abajo del río Negro. La vegetación en este tramo es menos densa con relación a la primera y segunda estación. En esta parte se pudo identificar variedad en pastizales, arvenses y arbustos de tallo corto y hoja pequeña; así como también una menor cantidad de especies arbóreas. El ancho del cauce alcanza 4,16 m y su profundidad máxima de 29 cm, que comparada con las estaciones anteriores (E1 y E2) se reconoce como la menor de los tres caudales hallados. En este espacio predomina la presencia de rocas sedimentarias y un mayor número de material de arrastre.



Figura 6 Estación de muestreo 1. Nacimiento río Negro; colecta para análisis Biológico y fisicoquímico, líquido en movimiento.



Figura 7 Estación de muestreo 2. Sector intermedio desde el nacimiento del río hasta el punto de captación; colecta para análisis Biológico y fisicoquímico.



Figura 8 Estación de muestreo 3. Aguas abajo del punto de captación del río Negro; colecta para análisis Biológico y fisicoquímico.

### 5.1.2. Técnicas de muestreo

Teniendo en cuenta las tres estaciones de muestreo de río Negro, se realizó la recolecta para el análisis fisicoquímico y biológico. Para el caso del análisis físico químico se tomó la muestra en un recipiente plástico de 700 ml, en tiempo real se registró la temperatura y potencial de ionización (PH), por último, se transportó al laboratorio para los respectivos análisis preservando la colecta en una nevera de icopor y en ausencia de luz. Para el caso de la muestra biológica, los macroinvertebrados se obtuvieron empleando una malla surber, posteriormente la muestra se depositó en un frasco de vidrio de 370 ml debidamente rotulado y con alcohol al 90% para su conservación (Figura 9).



Figura 9 Recolectas de macroinvertebrados biológicos en las tres estaciones

La técnica empleada de muestreo se relaciona con los criterios de valoración para la toma de información en campo, de acuerdo a unos aspectos fisicoquímicos que permite esclarecer la presencia de algunos compuestos en una cantidad determinada, donde se considera su origen de acuerdo a algunas variables. Respecto a la técnica para análisis biológico del agua, se tienen en cuenta macroinvertebrados acuáticos, parámetros biofísicos y condiciones de habitabilidad acuática de los tres sectores establecidos para el muestreo.

5.1.2.1. Toma de datos fisicoquímicos. En cada una de las tres estaciones se recolecto el líquido en recipiente de plástico con capacidad de 700 ml debidamente rotulados; el cual posteriormente era trasladado al Laboratorio Agualinsu de la ciudad de Neiva, donde finalmente se analizaba de acuerdo a lo establecido. Los parámetros fisicoquímicos tomados in situ correspondieron a Temperatura y pH, los parámetros correspondientes a Alcalinidad, Cloruros, Sulfatos, Dureza cálcica y Oxígeno disuelto, se determinaron en el laboratorio ya mencionado

con equipo Multiparámetro HANNA HI 9811-5, teniendo en cuenta metodologías definidas en el “Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 21° Edition, 2005 y “U.S. EPA”. El método utilizado para los tres análisis fisicoquímicos se presenta en el anexo 1.

5.1.2.2. Toma de datos hidrológicos y ambientales. En la toma de datos de campo se midió, registró y verificó información morfométrica del cauce del río correspondiente a velocidad promedio del flujo, ancho húmedo, profundidad y determinación del caudal. Para esta determinación que se efectuó en el primer muestreo de diciembre 2016, se utilizó el método de flotador para obtener una estimación de la disponibilidad del líquido en el habitat de la corriente.

Las condiciones de habitabilidad y descripción general de los sectores de muestreo se identificaron previamente en una salida de campo de reconocimiento. En esta se consigna una caracterización biofísica teniendo en cuenta los sustratos presentes, aspectos de la corriente, vegetación ribereña, usos del suelo, afectaciones ambientales, condiciones climáticas y observaciones generales. (Ver anexo 2, Cedula de campo).

5.1.2.3. Muestreo de los macroinvertebrados bentónicos. Se determinaron tres estaciones con distancias de 10 a 12 metros de una a la otra, el muestreo fue de tipo cualitativo y el recolector fue una red surber de dimensiones 30,5 x 30,5 x 30,5; de dos marcos, cuadrados, plegadizos, cada uno conformado por doble platina en aluminio de 1”X1/8”, con ojo de malla de 560 micras. Para las tomas se realizaron tres repeticiones, en cada una se recolecto hojarasca, grava y arena. Según la clasificación de la American Geophysical Union, el sustrato grava se refiere a partículas con tamaño de 8 a 64 mm; para este muestreo, se incluyen además la gravilla (2-8 mm) y los cantos rodados (64-256 mm); mientras para el sustrato arena, según la misma clasificación, hace alusión a partículas entre 0,62 mm y 2 mm.

En cada estación se recolectaron tres recipientes de vidrio con capacidad de 130 ml, para un total de nueve muestras por fecha, estas fueron almacenadas en ausencia de luz y a temperatura de 18 °C, debidamente rotuladas, con alcohol al 90% para su preservación. Los procedimientos realizados para la descripción y clasificación se realizaron teniendo en cuenta lo propuesto por Pinheiro et al (2004).

## 5.2. ANALISIS Y DETERMINACIÓN TAXONÓMICA DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN LABORATORIO.

Después de la recolecta, los nueve recipientes con los macroinvertebrados bentónicos fueron trasladadas al laboratorio de aguas de la Universidad de Montería, en donde se separaron del material mineral y orgánico, por medio de pinzas, coladores y tamices de 250 micras. Con la ayuda de un estereomicroscopio Amscope Se306r-az-E2. De acuerdo a las claves se procedió a identificar en húmedo para la mayoría de organismos y en seco para algunos coleóptera adultos. Todas las identificaciones se determinaron en el laboratorio de biología de la universidad de Montería, con asesoría del Biólogo, M.Sc Alfredo Flórez Vergara, docente del programa de Biología.

Los macroinvertebrados bentónicos se identificaron hasta el nivel taxonómico de género con la ayuda de claves y descripciones de Dominguez y Fernandez (2009), Merrit y Cummins (1996), Needman y Needman (1982), Ospina et al (1999), Posada y Roldán (2003), Roldán (1988).

### 5.3. ANALISIS DE DATOS.

#### 5.3.1. Análisis de datos fisicoquímicos

Los datos obtenidos se organizaron en las tablas 8, 9 y 10; posteriormente, se analizó su variación teniendo en cuenta condiciones ambientales presentes en cada tramo durante la colecta como otros aspectos posteriormente mencionados.

#### 5.3.2. Análisis de datos para determinación de índices bióticos.

Inicialmente se realizó la identificación taxonómica de todos los individuos, luego se hizo el conteo de cada taxón obteniéndose el número de individuos por orden y estación; posteriormente se hallan las proporciones de individuos a partir de su abundancia relativa a nivel de géneros y familias.

Se determinaron los Índice de diversidad de Simpson, también conocido como el índice de la diversidad de las especies o índice de dominancia; con este se pudieron establecer parámetros que nos permiten medir la riqueza de organismos. Así mismo se empleó el índice de diversidad de Shannon-Wiener y el índice de Pielou, el primero para determinar cómo es la distribución de los individuos dentro de los grupos taxonómicos, con respecto al número de taxa encontrados con respecto al número total de taxa y la uniformidad de cada uno; el segundo, como herramienta para medir la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Otros parámetros de estudio fueron riqueza y abundancia.

Adicionalmente se efectuó un análisis de similaridad utilizando el método de Bray/ Curtis.

Finalmente se tuvo en cuenta la presencia/ausencia de organismos bioindicadores, basados en los macroinvertebrados bentónicos, porcentaje de presencia de algunos grupos de organismos, como análisis complementarios para describir por medio de las familias y los géneros, cómo se encontraba la calidad biológica del agua.

#### 5.3.3. Análisis de datos ambientales y de condiciones de habitabilidad.

La recolecta de datos y otra información recogida en campo, como condiciones de las áreas muestreadas, permitió la valoración del hábitat acuático, lo cual se plasma en la cedula de campo (ver anexo 2); dicha apreciación se describe en función de parámetros del hábitat cuyas características dependen de las condiciones específicas presentadas en los muestreos.

### 5.4. ACTIVIDADES DE PARTICIPACIÓN Y EDUCACIÓN AMBIENTAL

Durante el desarrollo del trabajo se realizaron consultas con miembros de la Junta de acción comunal y la docente de la sede Educativa Río Negro, mediante las cuales se obtuvo información de las actividades propias de la comunidad. Con base en esta información se obtuvieron datos sobre los cultivos principales de la cuenca y sobre otras acciones de la población. Ver Tabla 7. Así mismo, se programaron actividades pedagógicas efectuadas en el mes de septiembre de 2018, éstas fueron orientadas en la Vereda Río Negro, en la Sede Educativa Río Negro de la IE Guadual, a estudiantes de los grados preescolares, primero, segundo, tercero y cuarto de primaria. La comunidad de la Junta de acción Comunal y pobladores en general de la ribera de los ríos también recibió capacitación en el tema de manera más informal, teniendo como foco la concientización de la importancia del cuidado del Río Negro para lograr su conservación.

En el desarrollo de la actividad se implementaron algunas prácticas pedagógicas tradicionales las cuales se relacionan en la siguiente matriz; así mismo se entregó un plegable educativo que contiene información correspondiente al resultado de la investigación.

Tabla 7 Matriz de Actividades de educación Ambiental.

<b>OBJETIVOS</b>	<b>FOCO</b>	<b>INDICADORES OBJETIVAMENTE VERIFICABLES</b>	<b>MEDIOS DE VERIFICACIÓN</b>	<b>SUPUESTOS</b>
Contribuir a la reflexión y acción, en pro de la conservación del recurso hídrico en las zonas aledañas al río Negro.	Concientización de la importancia del cuidado del Río Negro para lograr su conservación para las presentes y futuras generaciones.	*Los estudiantes de la sede Río Negro se involucran participando en las actividades teóricas prácticas orientadas a la conservación del recurso hídrico.  *Comprensión del manual educativo que contiene información correspondiente al resultado de la investigación	Fotografías, sticker educativo, carteles y lista de asistencia	Disposición y participación de la docente y estudiantes en los espacios destinados para trabajar
<b>PROPÓSITO</b> Informar y aclarar supuestos acerca de la importancia	Concientización de la importancia del cuidado del Río Negro para	*Cartelera *Fotografías *Listado de propuestas construidas por los participantes.	*Observación directa *Cartelera	Motivación de los participantes.

del agua y sus organismos acuáticos, además de brindar herramientas importantes para su conservación.	lograr su conservación para las presentes y futuras generaciones.			
<b>COMPONENTE 1</b> Existencia de fauna acuática y conocimiento de la importancia y el potencial que existe en el río Negro al ser la fuente abastecedora del municipio de Rivera.	Concientización de la importancia del cuidado del Río Negro para lograr su conservación para las presentes y futuras generaciones.	Número de asistentes a la reunión.	*Participación del juego “Quien quiere ser millonario”, donde las preguntas son con base en el ecosistema y fauna acuática, y su respectiva retroalimentación. *Carteles *Fotografías.	Interés y receptividad por parte de los participantes.
<b>COMPONENTE 2</b> Promover en los participantes actitudes positivas y acciones propositivas hacia la conservación del Río Negro.	Concientización de la importancia del cuidado del Río Negro para lograr su conservación para las presentes y futuras generaciones.	*Número de estudiantes que participan de la actividad. *Número de Personas externas que participan de la actividad (Presidente JAC.	*Registro de asistencia *Fotografías.	Predisposición de los participantes para interactuar en público.

Acciones desarrolladas en el taller:

1. Socialización del proceso de la investigación y sus resultados, con proyector audiovisual.
2. Proyección de un video ecológico sobre la importancia de cuidar los ríos.
3. Entrega del manual educativo y sticker.
4. A cada estudiante se le entrego un octavo de cartulina para que plasmara en dibujo lo más representativo del río y acciones ejecutan a diario y que directa o indirectamente afectan la fuente hídrica; finalizando con su respectiva socialización.

5. Juego “Quien quiere ser millonario” – Preguntas correspondientes a la información transmitida.
6. Refrigerio.

Las actividades realizadas se consolidaron de acuerdo al proceso de la incorporación de la educación ambiental que se contempla en la Agenda 21, donde dentro de sus 27 principios se demarca en el número 10 la educación ambiental, y dice “El mejor modo de tratar las cuestiones ambientales es con la participación de todos los ciudadanos interesados, en el nivel que corresponda” (Exchange 2007).

## 6. RESULTADOS

### 6.1. DESCRIPCIÓN DE HÁBITATS EN EL RÍO NEGRO

La estación 1 es denominada Punto de inicio; allí se aprecia el bosque fragmentado (pastos y cultivos naturales); el flujo de agua es lotico y sus rocas son de diversos tamaños, en algunas se observa cobertura de musgos. En este tramo la profundidad alcanza hasta los 65 cm, el clima que prevalece es muy frío y húmedo.

La vereda Río Negro y por supuesto su río se encuentra en una zona estratégica puesto que se ubica en cercanía del Parque Natural Regional Siberia Ceibas, declarado como área protegida en el año 2007 (Formulación Plan De Manejo Parque Natural Regional Siberia - Ceibas, CAM-2007).

Estación 2 llamada Punto intermedio, allí predomina el bosque fragmentado con presencia de áreas agrícolas heterogéneas, con especies vegetales indicadoras de fauna y presencia de algunos arbustos caídos por causas naturales, en algunos espacios se aprecian flujo lento y rocas de tamaño considerable, su profundidad no es mayor a 50 cm. En la franja de ribera se encontró pastos de la familia Poaceae, como pindos (*Gynerium Sagittatum*) y arvenses (Maleza).

Estación 3 la cual hemos llamado Punto Final, con cauce de menor caudal, debido a las extracciones, con profundidad no mayor de 50 cm; alta presencia de fitoplancton, algas sobrenadantes, y sustratos de diverso tamaño, con presencia de luz solar. Se aprecia uso del suelo para combinar actividades agrícolas como café, cholupa, aguacate, yuca, arracacha, plátano, maíz y guayaba. Adicional a estas actividades se reconoce que aguas abajo el suelo es utilizado para recreación y piscicultura.

En cuanto a las condiciones de habitabilidad, en la cédula de campo (Anexo 2) se presenta de una manera más amplia la descripción de calidad del hábitat de acuerdo a parámetros biológicos.

## 6.2. RESULTADOS DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

Los datos fisicoquímicos analizados en el presente estudio se indican en las tablas 8, 9 y 10.

Tabla 8 Valores de variables fisicoquímicas de río Negro en primer muestreo

<b>Muestreo 1. Fecha de muestreo: 2 de diciembre de 2016</b>						
Rango de Temperatura ambiente durante los ensayos: 25,6° C		Rango de humedad relativa durante los ensayos:52%		Hora de la toma 1) muestra: 09:46 am Hora de la toma 2) muestra: 11:40 am Hora de la toma 3) muestra: 01:10 pm		
PARÁMETROS	UNIDADES	METODO DE ANALISIS	EST. 1	EST. 2	EST. 3	VALORES ACEPTABLES RES. 2115 DE 2007
Alcalinidad	mg CaCO <sub>3</sub> /L	SM 2320 B	32,76	31,77	33,26	200
Cloruros	mg CL/L	SM 4500 Cl-B	3.71	0,9	1,25	250
Dureza Cálrica	mg Ca/L	SM 3500 Ca B	22,19	24,21	26,23	300
Oxígenos disueltos	mg O <sub>2</sub> /L	SM 4500 OG	8,14	8,35	8,3	N
pH	Unidades de pH	SM 4500 H + B	7.8	7,2	7,7	6,5 – 9,0
Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> /L	SM 4500 SO <sub>4</sub> E	4	5	4	250
Caudal	M <sup>3</sup> /s	Flotación	1.28	0,56	0.821	N.A
Temperatura	°C	Electrométrico	11	13.7	18	N.A

Tabla 9 Valores de variables fisicoquímicas de Río Negro en el segundo muestreo.

<b>Muestreo 2. Fecha de muestreo: 1 de abril de 2017</b>						
Rango de Temperatura ambiente durante los ensayos: 24,8-27,8		Rango de humedad relativa durante los ensayos: 47-53%		Hora de la toma 1) muestra: 09:12 am Hora de la toma 2) muestra: 09:20 am Hora de la toma 3) muestra: 10:00 am		
PARÁMETROS	UNIDADES	METODO DE ANALISIS	EST. 1	EST. 2	EST. 3	VALORES ACEPTABLES RES. 2115 DE 2007
Alcalinidad	mg CaCO <sub>3</sub> /L	SM 2320 B	53,03	51,00	52,01	200
Cloruros	mg CL/L	SM 4500 Cl-B	2,46	2,65	2,93	250
Dureza Cálctica	mg Ca/L	SM 3500 Ca B	38,33	32,28	36,31	300
Oxígenos disueltos	mg O <sub>2</sub> /L	SM 4500 OG	3,71	4,41	4,15	N
pH	Unidades de pH	SM 4500 H + B	7,33	7,56	7,47	6,5 – 9,0
Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> /L	SM 4500 SO <sub>4</sub> E	6,00	6,00	6,00	250
Temperatura	°C	Electrométrico	13	15.1	17	N.A

Tabla 10 Valores de variables fisicoquímicas de río Negro en el tercer muestreo

<b>Muestreo 3. Fecha de muestreo: 5 de Julio de 2017</b>						
Rango de Temperatura ambiente durante los ensayos: 25,6 – 27,7 °C			Rango de humedad relativa durante los ensayos: 43-51%		Hora de la toma 1) muestra: 09:15 am Hora de la toma 2) muestra: 09:40 am Hora de la toma 3) muestra: 10:05 am	
PARÁMETROS	UNIDADES	METODO DE ANALISIS	EST. 1	EST. 2	EST. 3	VALORES ACEPTABLES RES. 2115 DE 2007
Alcalinidad	mg CaCO <sub>3</sub> /L	SM 2320 B	43,21	43,21	44,87	200
Cloruros	mg CL/L	SM 4500 Cl-B	0,83	0,14	1,28	250
Dureza Cálctica	mg Ca/L	SM 3500 Ca B	32,28	32,28	26,23	300
Oxígenos disueltos	mg O <sub>2</sub> /L	SM 4500 OG	6,06	5,58	5,50	N
pH	Unidades de pH	SM 4500 H + B	7,05	6,88	6,85	6,5 – 9,0
Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> /L	SM 4500 SO <sub>4</sub> E	3,00	6,00	6,00	250
Temperatura	°C	Electrométrico	10	12.3	15.1	N.A

### 6.2.1. Caudal

Esta medición fue realizada en el mes de diciembre de 2016, el mayor caudal se registra en la primera estación ya que posterior a ella se encuentran captaciones que derivan agua para usos externos. Adicional a esto, se puede apreciar que el caudal vuelve a aumentar en la estación III por el incremento de aportes en la cuenca, dejando claro que los aportes no son tan significativos por encontrarse los puntos no tan distantes entre ellos. (Ver tabla 8).

### 6.2.2. Temperatura del agua.

Este parámetro varía en la medida en que el agua transcurre por el cauce del río y se expone a diferentes condiciones como luz solar, precipitación y evapotranspiración, además de condiciones tropicales y las marcadas estaciones de verano (sequía) e invierno (lluvias). Para el caso de río Negro y los puntos seleccionados, las variaciones se pueden dar por condiciones topográficas cambiantes desde la zona de nacimiento hasta el punto de captación, donde en el trayecto hay presencia de Bosques fragmentado (pastos y cultivos) y clima frío y muy húmedo en la parte alta, cuyas temperaturas son bajas, predominando los 10°C en la estación 1, y la máxima 18 °C correspondiente a la estación 3, atribuyendo el aumento de temperatura a la relativa aproximación con espacios descubiertos de árboles y su exposición directa a la radiación

solar de manera permanente; así mismo, las derivaciones del flujo para uso humano, piscícola y agropecuario, pueden también tener efecto en el aumento de la temperatura aguas abajo, por la disminución del flujo hídrico. No obstante, las variaciones en la estación de muestreo interanual, son típicas para las condiciones andinas colombianas, en las que la temperatura permanece estable a lo largo del año.

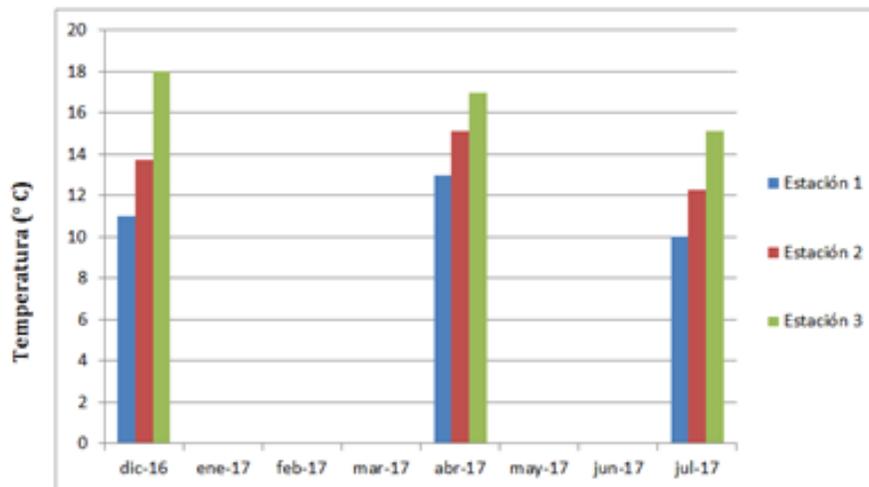


Figura 10 Variación espacio-temporal de la temperatura del agua en los puntos de estudio del río Negro 2016 -2017.

### 6.2.3 Ph, dureza cálcica y alcalinidad

Con respecto a los registros obtenidos, se puede apreciar que los valores del potencial de ionización en los tres muestreos y en cada una de las estaciones correspondientes al tramo de interés, arrojaron rangos óptimos para la vida y permanencia de organismos de flora y fauna (Ver Figura 10). Sin embargo, al analizar detenidamente la escala de medida se destaca que los valores más bajos de pH corresponden a la estación 2 (Punto intermedio) pH 6,88 y la estación tres – Punto Final pH 6,85 mostrando un rango levemente ácido, por lo cual se presume que en este punto las actividades humanas relacionadas con el uso del suelo a nivel domiciliario aumento en esta fecha probablemente por ser una época más ceca, o con mayor actividad en el entorno del río.

Con respecto a la dureza cálcica, los mínimos valores se presentaron en la estación uno Punto de Inicio en diciembre de 2016, mientras que los máximos valores en la estación dos correspondiente al mes de abril de 2017 (Ver grafica 3). De acuerdo a la resolución 2115 de 2007 expedida por el Ministerio de Ambiente, estos valores son aceptables considerándose que no representan riesgos para la salud, puesto que el rango máximo es 300 mg/L. (Ministerio De La Protección Social Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial Resolución Número 2115 (22 JUN 2007). Así mismo se reconoce que los valores más bajos corresponden a aguas blandas y por consiguiente los valores mayores se acercan a características

moderadamente duras, de acuerdo a la clasificación típica que se hace de las aguas según su dureza (Rojas, 2008).

La variable alcalinidad correspondiente a la capacidad para neutralizar ácidos, o dicho de otra manera, la cantidad de ácidos por litro que se requiere para disminuir el pH a un valor aproximado de 4.3 fue analizada teniendo en cuenta que la mayor parte de las aguas naturales superficiales está determinada principalmente por su naturaleza carbonatada. En nuestro estudio se pudo hallar que el menor nivel corresponde a la estación 2 la cual fue tomada en diciembre de 2016, mientras que la de mayor valor fue la del mes de abril de 2017 en la estación 1 (Ver figura 12).

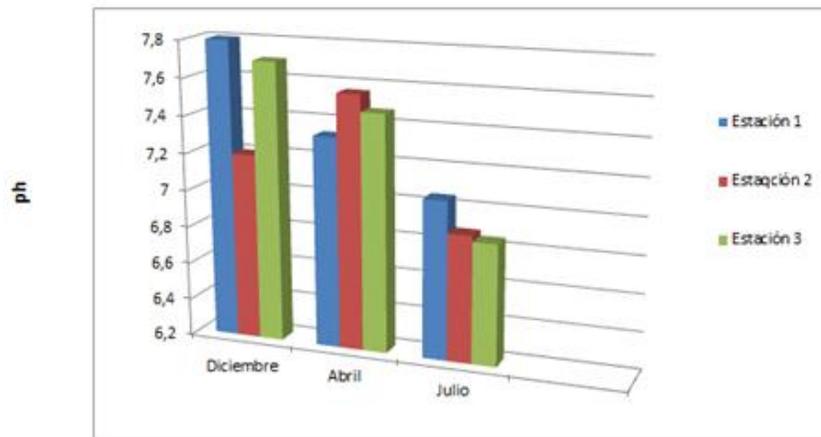


Figura 11 Variación del pH en río Negro 2016 -2017

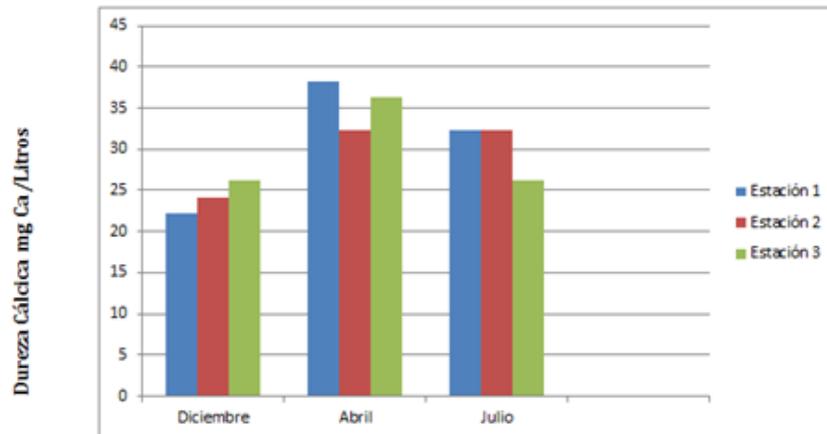


Figura 12 Variación de la dureza cálcica en los puntos de estudio del río Negro 2016 -2017

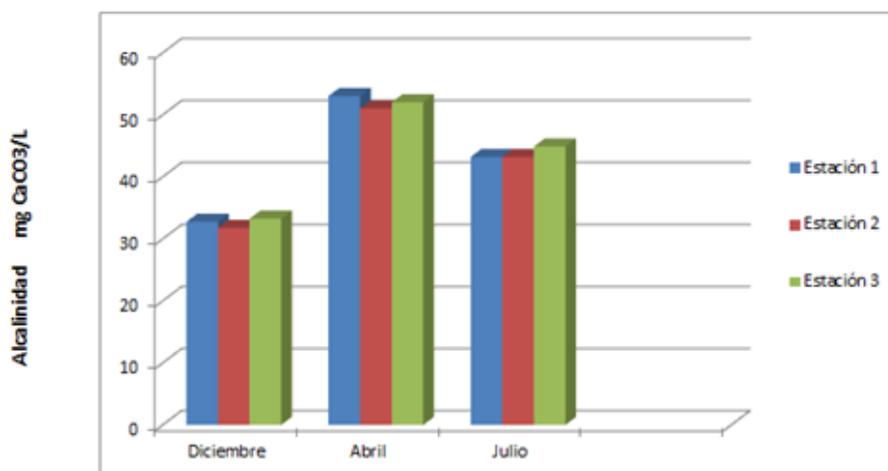


Figura 13 Variación de la alcalinidad río Negro 2016 -2017

#### 6.2.4. Oxígeno Disuelto

Una de las variables más importantes en el momento de determinar la calidad del agua es el oxígeno disuelto (DO), considerándose vital para la supervivencia de la mayoría de organismos acuáticos, así como para la vida terrestre. En el caso de río Negro, el comportamiento de la concentración de oxígeno indica variaciones en las tres estaciones y los tres meses que se analizaron, arrojando mayores valores en las muestras del mes de diciembre de 2016 coincidiendo en un valor aproximado de 8 en los tres tramos; mientras que el menor valor fue el hallado en la estación 1 el mes de abril de 2017, dándose 3,71 mg/L. La variación de resultados se puede atribuir al cambio de pendiente entre el sector alto, medio y bajo, con la presencia de drenes a manera de cascada que pueden generar valores de oxígeno mayores en la zona alta. Además en esta zona superior se encuentran los valores menores de temperatura, los cuales favorecen un incremento en la concentración de oxígeno en el agua. De otra parte, en el mes de abril de 2017 se presentaron valores más bajos de oxígeno probablemente atribuidos a descargas de materiales causados por las lluvias que fueron muy intensas en ese periodo del año (Figura 13).

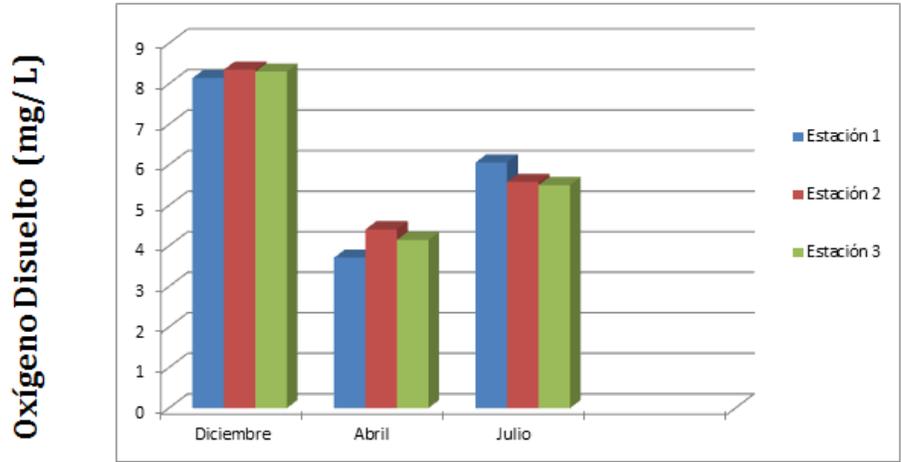


Figura 14 Valores de Oxígeno Disuelto río Negro 2016 -2017

#### 6.2.5. Cloruros

Para hallar los cloruros presentes en el río Negro se implementó el método Argentométrico, SM 4500-Cl- B. Los valores indican un menor valor de cloruro en la estación 2 de la recolecta que se realizó en el mes de diciembre 2016 siendo su resultado 0,9 mg/ L; así mismo, se puede establecer que el valor mayor arrojado corresponde a el mismo muestreo del mes de diciembre pero en la estación 1; cabe resaltar que ninguno de los resultados traspaso el valor máximo aceptable (250 mg/L Cl) por las normas colombianas (Ministerio De La Protección Social Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial Resolución Número 2115, 22 JUN 2007).

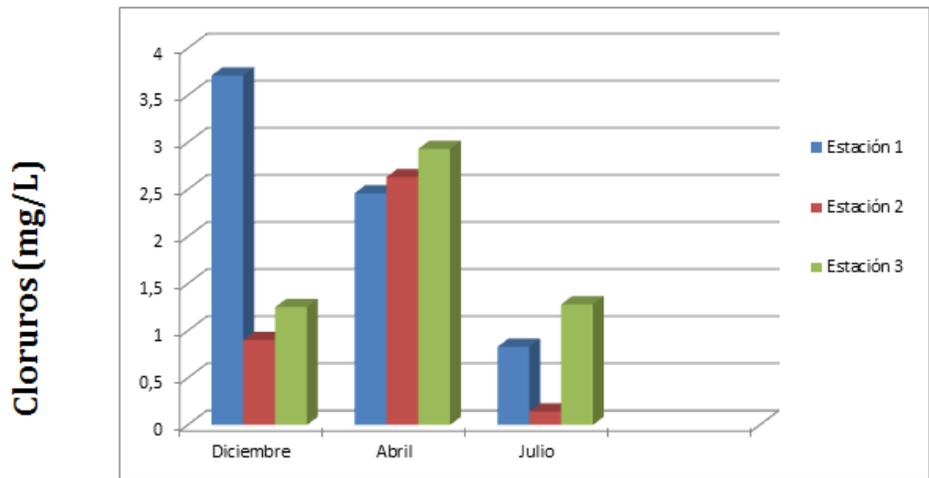


Figura 15 Valores de Cloruros en estaciones de muestreo de río Negro 2016 – 2017

#### 6.2.6. Sulfatos

Los sulfatos son conocidos como sales del ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), las cuales producen una leve acidez al agua. En nuestras recolectas se pudo identificar que el máximo valor encontrado de sulfatos corresponde a 6,00 mg/L, dicho valor fue repetitivo en el mes de abril de 2017 en las tres estaciones tal como se observa en la figura 15; así mismo, el mínimo valor se reflejó en la estación 1 de la muestra captada en julio de 2017, concluyendo así que en las estaciones donde los valores fueron mayores los pobladores están más expuestos a sufrir enfermedades gastrointestinales por el aumento de estos índices, y en la estación 1 como era de esperarse, las probabilidades de enfermedades sanitarias disminuyen.

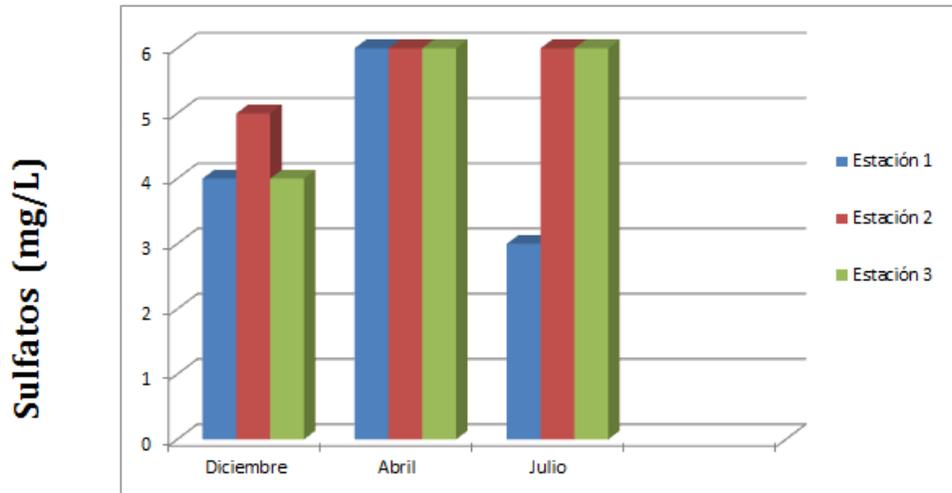


Figura 16 Valores de Sulfatos en estaciones de muestreo río Negro 2016 – 2017.

### 6.3. RESULTADOS BIOLÓGICOS

Los parámetros analizados corresponden única y exclusivamente a la presencia de macroinvertebrados bentónicos en el río Negro; razón por la cual, nos enfocaremos en las familias y géneros hallados en las estaciones 1, 2 y 3. La fauna bentónica encontrada en el río, se presenta en las tablas 11, 12 y 13, en la que aparece la clasificación taxonómica hasta el nivel de género, de la izquierda a derecha (Clase, orden, familia y género) para efectos de fácil entendimiento.

Tabla 11 Abundancia de Familias de Macroinvertebrados acuáticos y Valores de BMWP encontrados en río Negro en diciembre de 2016.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Género	E 1	E 2	E 3	Total	Valor BMWP
Arthr o p o d a	Insect a	Epheme roptera	Baetidae	Baetodes sp.	3	2	2	7	7
				Guajirolus sp.	1	0	0	1	

		Leptohyphidae	Leptohyphes sp.	1	2	1	4	7	
		Leptophlebiidae	Thraulodes sp.	0	1	0	1	9	
			Terpides sp.	0	0	1	1		
			Farrodes sp.	1	2	1	4		
	Odonata	Libellulidae	Brechmorhoga sp.	0	1	0	1	6	
		Coenagrionidae	Argia sp.	1	0	1	2	7	
	Hemiptera	Pleidae	<i>Paraplea</i> sp.	0	1	2	3	8	
			Notonectidae	Buenoa sp.	1	0	0	1	7
			Veliidae	Rhagovelia sp.	2	0	0	2	8
	Coleoptera	Ptylodactylidae	Anchytarsus sp.	0	0	1	1	10	
			Elmidae	Phanocerus sp.	1	0	2	2	6
				Macrelmis sp.	1	1	0	2	
				Neoelmis sp.	0	0	1	1	
				Hexacylloepus sp.	0	0	2	2	
			Cylloepus sp.	0	1	2	3		
	Trichoptera	Hydropsychidae	Leptonema sp.	3	1	2	6	7	
				Smicridea sp.	4	2	3		9
			Helicopsychidae	Helicopsyche sp.	0	1	2	3	8
			Leptoceridae	Atanatolica sp.	0	2	1	3	8
				Oecetis sp.	0	1	1	2	
		Grumichella sp.		2	0	1	3		
	Diptera	Simuliidae	Simulium sp.	0	0	1	1	8	
			Ceratopogonidae	Probezzia sp.	1	0	0	1	3
			Tipulidae	Hexatoma sp.	1	8	1	10	3
			Chironomidae	Polypedilum sp.	0	3	0	3	2
<b>Total</b>				23	29	27	79	114	

<b>Valor Índice BMWP/Col.</b>	114
<b>Valor Índice ASPT</b>	6,7

BMWP= Biological Monitoring Working Party= sumatoria de los puntajes de sensibilidad o tolerancia de las familias; ASPT= Average Score Per Taxon (Puntaje Promedio Por Taxon) = Valor BMWP / # de familias presentes.

Tabla 12 Abundancia de Familias de Macroinvertebrados acuáticos encontrados en río Negro en el mes de abril de 2017.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Especie	E 1	E 2	E 3	Total	Valor BMWP
Arthropoda	insecta	Ephemeroptera	Oligoneuriidae	Lachlania sp.	0	0	1	1	10
			Baetidae	Baetodes sp.	1	1	2	3	7
			Leptohyphidae	Tricorythodes sp.	1	1	0	2	7
				Leptohyphes sp.	1	2	0	3	
				Haplohyphes sp.	0	0	1	1	
			Leptophlebiidae	Ulmeritoides sp.	1	0	1	2	9
				Terpides sp.	0	2	0	2	
				Farrodes sp.	1	0	0	1	
		Megaloptera	Corydalidae	Corydalis sp.	2	2	0	4	6
		Plecoptera	Perlidae	Anacroneuria sp.	2	1	3	6	10
		Hemiptera	Perlidae	Paraplea sp.	0	1	0	1	8
			Veliidae	Rhagovelia sp.	3	0	7	10	8
		Coleoptera	Ptylodactylidae	Anchytarsus sp.	0	1	0	1	10
			Psephenidae	Psephenops sp.	0	1	2	3	10

			Staphilinidae	Stenus sp.	0	0	1	1	6
			Elmidae	Phanocerussp	2	0	0	2	6
				Macrelmis sp.	1	0	2	3	
				Neoelmis sp.	1	2	0	3	
				Hexacylloepus sp.	1	0	1	2	
				Cylloepus sp.	1	1	2	4	
			Hydropsychidae	Leptonema sp.	2	2	2	6	7
				Smicridea sp.	0	1	0	1	
		Trichoptera	Philopotamidae	Chimara sp.	1	1	2	4	9
			Hydrobiosidae	Atopsyche sp.	0	1	0	1	9
		Leptoceridae	Atanatolica sp.	0	1	2	3	8	
			Oecetis sp.	0	2	1	3		
		Diptera	Simuliidae	Simulium sp.	1	0	2	3	8
			Ceratopogonidae	Probezzia sp.	0	1	0	1	3
			Blephariceridae	Paltostoma sp.	0	0	1	1	10
			Chironomidae	Polypedilum sp.	2	0	2	4	2
Total					24	35	82		
23									
Valor Índice BMWP/Col.						153			
Valor Índice ASPT						7,7			

BMWP= Biological Monitoring Working Party= sumatoria de los puntajes de sensibilidad o tolerancia de las familias; ASPT= Average Score Per Taxon (Puntaje Promedio Por Taxon) = Valor BMWP / # de familias presentes

Tabla 13 Abundancia de Familias de Macroinvertebrados acuáticos encontrados en río Negro en el mes de Julio de 2017.

Phyllum	Clase	Orden	Familia	Especie	E 1	E 2	E 3	Total	Valor BMWP
Annelida	Clitellata	Opisthoptera	Megascolecidae	Amyntas sp.	0	0	1	1	1
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	Baetodes sp.	1	1	0	2	7
				Guajirolo sp.	1	1	0	2	
			Leptohyphidae	Tricorythodes sp.	2	2	3	7	7
				Leptohyphes sp.	3	3	2	8	
			Leptophlebiidae	Thraulodes sp.	0	2	0	2	9
				Ulmeritoides sp.	1	1	0	2	
				Terpides sp.	0	1	0	1	
				Farrodes sp.	1	0	1	2	
		Odonata	Libellulidae	Brechmorhoga sp.	0	1	0	1	6
			Coenagrionidae	Argia sp.	1	0	0	1	7
		Plecoptera	Perlidae	Anacroneuria sp.	0	3	0	3	10
		Hemiptera	Naucoridae	Limnocoris sp.	2	0	0	2	7
			Pleidae	Paraplea sp.	0	0	1	1	8
			Veliidae	Rhagovelia sp.	0	4	0	4	8
		Coleoptera	Ptylodactylidae	Anchytarsus sp.	1	0	0	1	10
			Psephenidae	Psephenops sp.	0	2	0	2	10
			Elmidae	Phanocerussp.	1	1	0	2	6
					0	1	0	1	
		Neelmis sp.	0	2	1	3			
		Hexacylloepus	0	1	1	2			

			sp.					
			Cyloepus sp.	0	1	1	2	
	Trichoptera	Hydropsychidae	Leptonema sp.	1	0	0	1	7
			Macrostemum sp.	0	1	0	1	
			Smicridea sp.	0	2	1	3	
		Philopotamidae	Chimara sp.	0	1	1	2	9
		Leptoceridae	Atanatolica sp.	0	0	1	1	8
			Oecetis sp.	0	1	0	1	
			Grumichella sp.	1	0	0	1	
	Diptera	Simuliidae	Simulium sp.	1	0	2	3	8
		Ceratopogonidae	Probezzia sp.	0	1	1	2	3
		Tipulidae	Hexatoma sp.	1	5	0	6	3
		Chironomidae	Polypedilum sp.	0	1	4	5	2
Total				21	36	19	76	
Valor Índice BMWP/Col.				136				
Valor Índice ASPT				6,8				

BMWP= Biological Monitoring Working Party= sumatoria de los puntajes de sensibilidad o tolerancia de las familias; ASPT= Average Score Per Taxon (Puntaje Promedio Por Taxon) = Valor BMWP / # de familias presentes

Respecto a la abundancia, los datos plasmados en la tabla 11, 12 y 13 se expresan por promedio de individuos por unidad de muestra, con lo cual se comparó la abundancia de los taxa en cada estación muestreada. Las recolectas evidencian mayor abundancia en la estación dos, así mismo se encuentran en proporción la estación tres y con un menor número la uno. Dicha abundancia puede relacionarse con condiciones diferentes del habitat en los tres tramos teniendo como referente las condiciones del medio y agentes externos como descargas de agua, contaminantes por cultivos y demás actividades de la población.

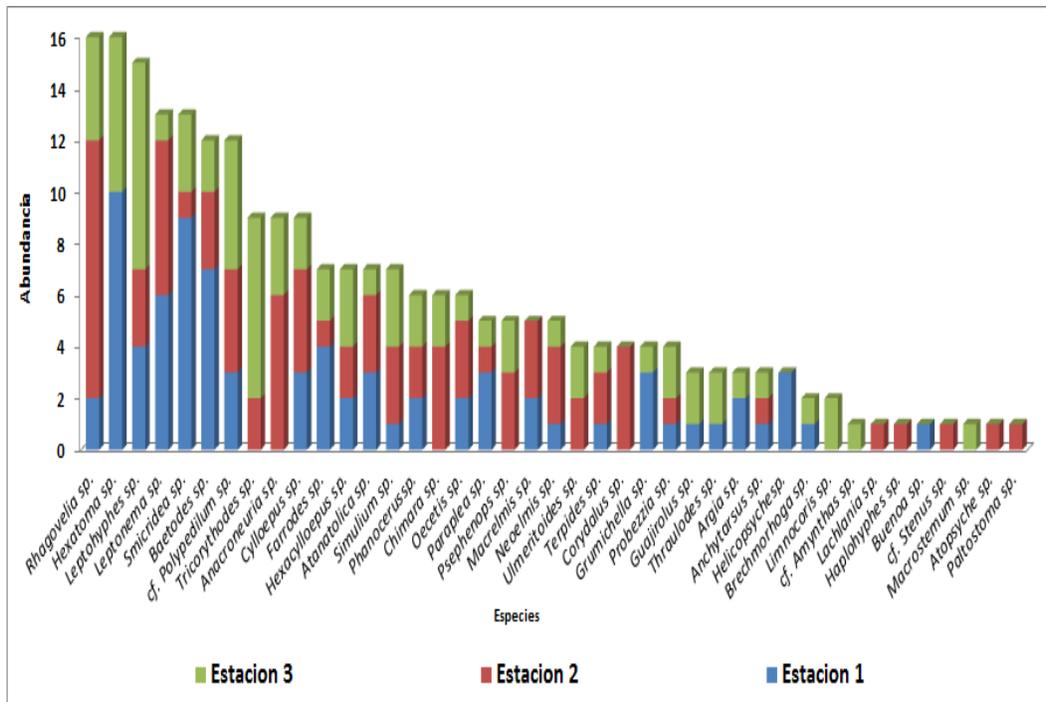


Figura 17 Macroinvertebrados acuáticos muestreados en cada estación - Graficas especies General

La composición y diversidad de macroinvertebrados bentónicos en las estaciones monitoreadas estuvo representada por 41 géneros, 9 órdenes y 27 familias. Siendo los órdenes Ephemeroptera, Trichoptera, Coleoptera y las familias Elmidae, Leptophlebiidae y Leptoceridae los de mayor riqueza y abundancia. Los géneros predominantes fueron Rhagovelia sp., Hexatoma sp., Leptohyphes sp., Leptonema sp., Smicridea sp. y Baetodes sp. Mientras que las especies de menor abundancia fueron Lachlania sp., Haplohyphes sp., Buenoa sp., Atopsyche sp. y Paltostoma sp.

#### 6.4 BIOINDICACION

Del total de individuos recolectados, la época del año en la que se reportó la mayor cantidad de organismos es en abril de 2017; donde la suma total de las tres colectas arrojo 153 especímenes de acuerdo al método BMWP/Col, y el puntaje promedio por taxón (ASPT) fue de 7,7%, y 20 familias; siguiendo con el análisis, se encuentra que diciembre de 2016 fue donde se halló el menor número de familias concluyendo 17 en total con un 6,7% (114 individuos); y en la última época analizada correspondiente a julio de 2017 se reportaron 20 familias con 6,8% (136 individuos).

Con la implementación del método BMWP/Col en cada sitio de muestreo, se puede establecer la calidad del agua referenciándose por el color verde y el color azul para este caso, tal

como lo propone (Zamora-Muñoz 1997; Alba-Tercedor, 1996) para la representación cartográfica. (Tabla 14).

Tabla 14 Calidad del agua de acuerdo a al índice BMWP por familias de macroinvertebrados en cada estación y época de muestreo.

Estación	Valor Total BMWP/Col	Valor ASPT	CLASE	Calidad	Significado	Color
E1-M1	72	6,55	II	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas	VER DE
E1-M2	71	6,45	II	Aceptable		VER DE
E1-M3	88	7,33	II	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas	VER DE
					Aguas ligeramente contaminadas	VER DE
E2-M1	72	7,20	II	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas	VER DE
E2-M2	109	7,79	I	Buena		AZUL
E2-M3	117	7,80	I	Buena	Aguas muy limpias a limpias	AZUL
					Aguas muy limpias a limpias	
E3-M1	79	7,18	II	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas	VER DE
E3-M2	95	7,31	II	Aceptable		VER DE
E3-M3	61	6,10	II	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas	VER DE
					Aguas ligeramente contaminadas	VER DE



Estación	Valor BMWP/Col.	Valor ASPT	CLASE	CALIDAD	SIGNIFICADO	COLOR
Estación 1	114	6,71	I	Buena	Aguas muy limpias a limpias	AZUL
Estación 2	153	7,65	I	Buena	Aguas muy limpias a limpias	AZUL
Estación 3	136	6,80	I	Buena	Aguas muy limpias a limpias	AZUL

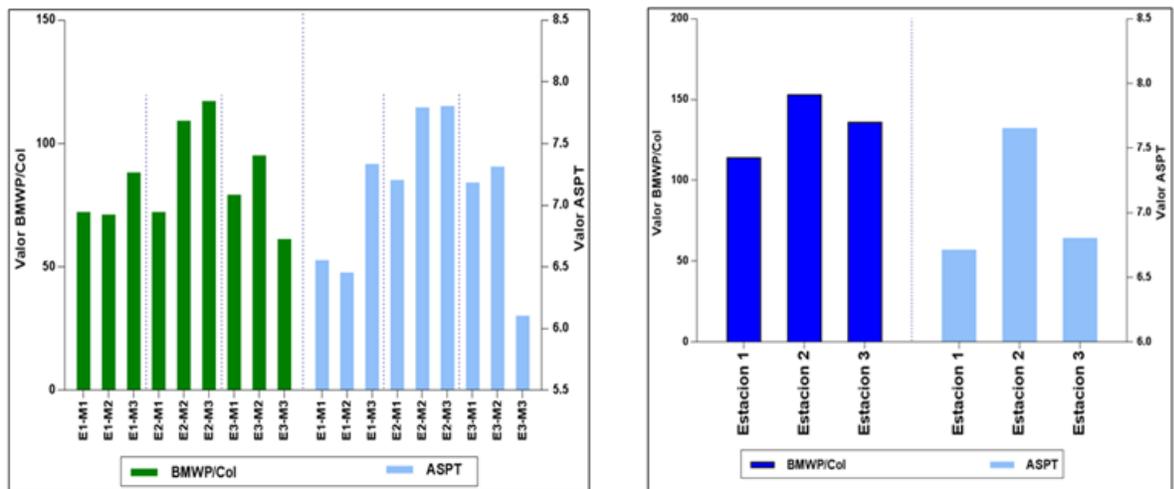


Figura 18 Valores totales de BMWP en las tres estaciones.

Se evidencia que prevalecen las aguas ligeramente contaminadas en diciembre de 2016, Julio de 2017, y primera recolecta del mes de abril de 2017; las cuales son categorizadas como aguas aceptables puesto que sus intervalos están de 61-100 de acuerdo a BMWP. (Ver Tabla 14). Para el caso de la estación 2 y estación 3 del mes de abril de 2017, estas fueron reconocidas como aguas buenas que de acuerdo a su significado son muy limpias con parámetros >150 BMWP. (Ver Tabla 14). Al observar los valores totales de BMWP para cada estación, incluyendo tres épocas de muestreo, se observa que las tres se encuentran en la categoría de aguas muy limpias a limpias con valores mayores a 100, lo que en general indica la buena calidad del agua para en esta fuente hídrica.

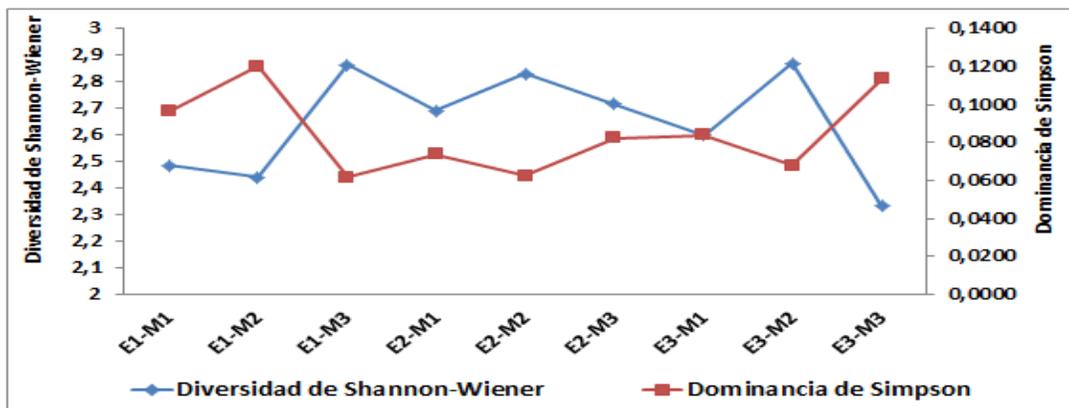
Los resultados de la bioindicación, a partir de la composición de los macroinvertebrados en los muestreos realizados, corresponden a un hábitat de la corriente con muy bajos niveles de

contaminación. El índice BMWP utilizado muestra una calidad correspondiente a aguas limpias y muy limpias o solo ligeramente contaminadas, lo cual corresponde con lo que se observó en los resultados fisicoquímicos ya que estos no mostraron aportes contaminantes que afectaran parámetros como oxígenos disueltos, cloruros u otros. En general las características de la corriente de río Negro muestran un estado aceptable para el desarrollo de los invertebrados y para la calidad del agua utilizada en el acueducto del municipio de Rivera.

### 6.5 INDICES ECOLOGICOS

Las condiciones naturales externas conllevan a la proliferación de individuos por especies, sin decir que aumenta el número especies; dicho esto, se registra que la diversidad de la comunidad se toma como una medida de la calidad del agua de un río. Para nuestro estudio se aplicó el índice de Shannon-Weaver (1949) el cual es conocido por reflejar igualdad: mientras más uniforme es la distribución entre las especies que componen la comunidad mayor es el valor (Roldan Pérez, G: Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua).

Como se mencionó anteriormente, por medio del cálculo del índice de diversidad de Shannon – Wiener se encontró un valor numérico que refleja un rango de diversidad en función del tamaño de la muestra. Las medidas de diversidad reportan valores medios para los sitios de muestreo; siendo las estaciones 3 y 2 las que presentaron la mayor diversidad, uniformidad y riqueza de especies, al contrario de la estación 1 que registró los menores valores para los índices ecológicos (Ver Figura 19).



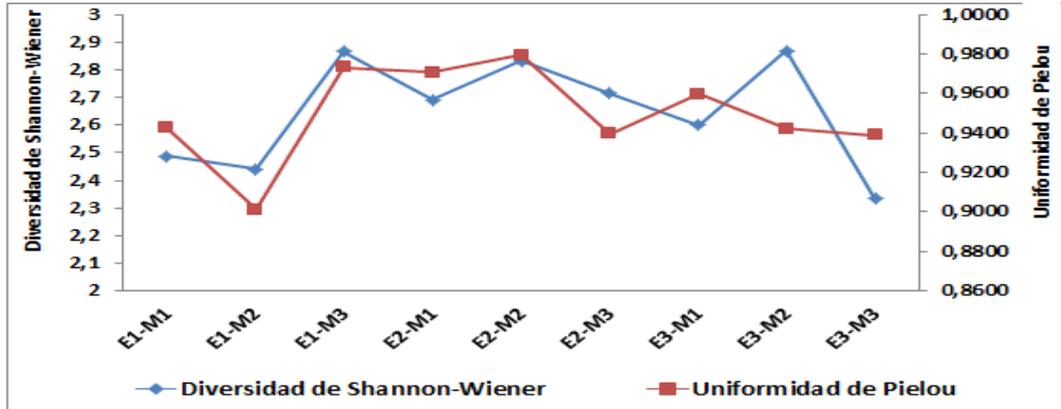


Figura 19 . Índice de Diversidad de Shannon de la comunidad bentónica de río Negro

Los valores hallados del índice de Simpson indican baja dominancia (menor a de 0.8) y señalan unos escasos generales de género dominante. Los valores obtenidos están indicando los escasos de géneros dominantes que de ser lo contrario presentarían varios individuos por taxón (ver tabla 15).

Tabla 15 Valores de índices ecológicos por cada muestreo y valores totales por estación.

Índices Diversidad	Riqueza	Abundancia	Uniformidad de Pielou	Diversidad de Shannon-Wiener	Dominancia de Simpson
E1-M1	14	23	0,9425	2,487	0,0964
E1-M2	15	29	0,9014	2,441	0,1201
E1-M3	19	27	0,9733	2,866	0,0617
E2-M1	16	23	0,9705	2,691	0,0737
E2-M2	18	24	0,9796	2,831	0,0625
E2-M3	18	35	0,9395	2,716	0,0825
E3-M1	15	21	0,9596	2,599	0,0839
E3-M2	21	36	0,9423	2,869	0,0679
E3-M3	12	19	0,9389	2,333	0,1136

Índices Diversidad	Riqueza	Abundancia	Uniformidad de Pielou	Diversidad de Shannon-Wiener	Dominancia de Simpson
Estación 1	27	79	0,9173	3,023	0,06
Estación 2	30	82	0,9371	3,187	0,05
Estación 3	32	76	0,9343	3,238	0,05

## 6.6 ANÁLISIS DE SIMILARIDAD

El análisis de cluster, mediante el índice de similitud de Bray-Curtis, permitió comparar las composiciones de macroinvertebrados entre las 3 estaciones de muestreo de la quebrada en estudio, con respecto a los macroinvertebrados identificados (Fig. 19).

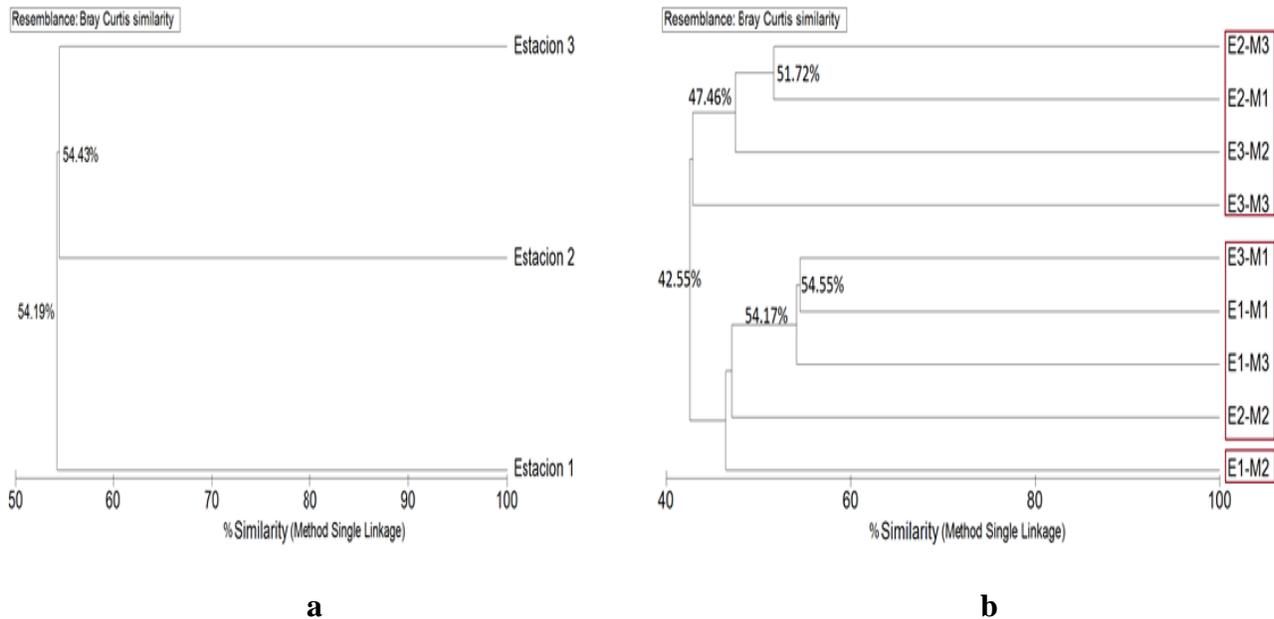


Figura 20 Similitud entre estaciones de muestreo (a) y entre los diferentes muestreos (b).

El Clúster de la Fig. 19a indica que las tres estaciones de muestreo en el río Negro muestran una similitud relativamente uniforme, con un porcentaje por encima del 50%, debido a que en general las condiciones del cauce muestran características bastante homogéneas, puesto que las estaciones de muestreo no se encuentran muy separadas y las actividades en su entorno son similares.

En cuanto a la similitud en los diferentes muestreos de macroinvertebrados acuáticos en las tres estaciones, La Fig. 19b permite observar que hay mayor similitud entre los muestreos 1 y 3, ya que estos dos muestran los mayores porcentajes, mientras que el muestreo 2 muestra porcentajes más bajos en relación con los otros dos, lo que probablemente se relaciona con que el segundo muestreo, en abril de 2017, arrojó los mayores valores de abundancia en las estaciones 1 y 3, lo que señala mejores condiciones para el desarrollo de los invertebrados.

En general, el análisis de similitud indica que hay muy pocas diferencias entre las poblaciones de invertebrados en las distintas estaciones y entre periodos de muestreo, lo que corresponde también a las escasas variaciones en los resultados poblacionales y en los índices ecológicos analizados.

## 6.7 SENSIBILIZACIÓN AMBIENTAL EN RÍO NEGRO

A continuación se presenta la contribución realizada para el logro del objetivo propuesto en esta investigación, mediante la intervención metodológica en educación ambiental dirigida a la población escolar y comunidad de río Negro (Ver tabla 16).

Tabla 16 Tabla de resultados para Educación Ambiental

<b>Resumen resultados a partir de Matriz de marco lógico en la educación ambiental dirigida a población escolar Sede Río Negro, IE Guadual.</b>			
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>DIFICULTADES</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>
<p>*Se realizó la actividad de concertación de la visita pedagógica con la docente de la sede río Negro María Nayibe Gutiérrez C.</p> <p>*En la sede se realizó la visita desarrollando las siguientes actividades:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Socialización del proceso de la investigación y sus resultados, con proyector de forma audiovisual.</li> <li>2. Proyección de un video ecológico sobre la importancia de cuidar los ríos.</li> <li>3. Entrega del manual educativo y sticker educativo.</li> <li>3. A cada estudiante se entregó un octavo de cartulina para plasmaran acciones que ejecutan a diario y que directa o indirectamente afectan la fuente hídrica; finalizando con su respectiva socialización.</li> <li>4. Juego “Quien quiere ser millonario” – Preguntas correspondientes a la información transmitida.</li> <li>5. Refrigerio.</li> </ol>	<p>Se efectuaron todas las actividades programadas. Teniendo en cuenta que la población de estudiantes la conforman niños de básica primaria, se orientó la capacitación a fortalecer el relato de las vivencias de cada uno y sus conocimientos empíricos del río; así mismo se les hablo del ciclo del agua, de especies acuáticas microscópicas y macroscópicas y la importancia de evitar la contaminación en el río.</p> <p><b>Recursos Humanos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*Docentes</li> <li>estudiantes</li> <li>*Algunos agricultores</li> </ul> <p>Para el desarrollo de la actividad se logró la participación activa del más del 50% de los estudiantes.</p>	<p>Falta de anclaje de conceptos previos, principalmente en los estudiantes del grado preescolar y algunos del grado primero.</p>	<p>Se propone que la docente se apropie de esta información para realizar actividades correspondientes, encaminadas al objetivo del estudio y articuladas en el PRAE; así mismo se sugiere que selecciones dos niños para que sean padrinos en las actividades propuestas durante la jornada.</p>

	<p>Se observó motivación e interés en todos los participantes y la valoración de la importancia ambiental del río como fuente abastecedora del agua.</p>		
--	--	--	--

Acción 1. Socialización del proceso de la investigación y sus resultados

Se desarrolló la socialización del trabajo realizado y sus resultados, allí se explicó de forma lúdico pedagógica el ciclo del agua y la importancia de los ecosistemas, además se les hablo de fauna e introdujo el concepto de macroinvertebrados acuáticos, problemática del agua, (Ver Figura 20)



Figura 21 Presentación magistral sobre el tema del agua y la vida acuática

Acción 2. Proyección de un video ecológico sobre la importancia de cuidar los ríos.

Mediante la presentación de un video (Figura 21), se sensibilizó con imágenes, las acciones que alteran el ciclo del agua y debilitan la vida acuática, así como también se mencionan actividades que personas de todas las edades pueden realizar para prolongar la existencia de las fuentes hídricas.



Figura 22 Presentación videos ecológicos

### Acción 3. Construcción de un mini cartel.

Posterior a la socialización de la información, se le entrego a cada estudiante un octavo de cartulina donde debían plasmar acciones enfocadas al cuidado del río, de acuerdo a lo comprendido en la charla.



Figura 23 Resultado de la actividad con carteles.

### Acción 4. Juego “Quien quiere ser millonario”

El desarrollo del juego posibilito la aclaración de conceptos y acciones pertinentes a realizar cuando los estudiantes van al río de paseo, caminatas, o a realizar quehaceres propios del campo con los padres, tales como la agricultura o el ordeño.



Figura 24 Actividad lúdica “Quien quiere ser millonario”



Figura 25 Asistentes a la reunión.

LISTA DE ASISTENCIA				
Tema: Socialización "Evaluación de la calidad del agua de río Negro en Rivera Huita por medio de indicadores físico-químicos y biológicos.		Lugar: Sede Río Negro	Fecha: 27 - Septiembre	
Encargada de la reunión : Claudia María Garzón Peralta				
No	NOMBRE	OCCUPACIÓN	LUGAR DE RESIDENCIA	FIRMA
1	María Nayibe Gutiérrez C.	Docente	Río Negro	<i>[Signature]</i>
2	Yeny Lorena Aquilino Tapasco	Docente Pta	Veredas.	<i>[Signature]</i>
3	Sara Ilicid Valencia Olaya	estudiante.	Río negro Finca.	
4	Yineth garcia	estudiante	Casa Río negro	
5	Yureidi ortegón	estudiante	Casa río negro.	
6	Sharith naja	estudiante	Finca río	
7	Dani xulieth ortegón R.	estudiante	Casa de río Negro	Dani xulieth
8	HENRI O.R.E	estudiante	Casa de río Negro	HENRI ORE
9	Marcos ferny Bustos	agricultor	Vereda Río negro	<i>[Signature]</i>
10	JAVIER TORO	AGRICULTOR	Vereda Río-negro	<i>[Signature]</i>
11				

Figura 26 Listado de asistencia reunión Establecimiento Educativo río Negro.

#### 6.8 Socialización de los resultados con las Empresas Publicas de Rivera

En el mes de diciembre 2018 se llevó a cabo una reunión en las instalaciones de las Empresas Publicas de Rivera (EPR) con el fin de socializar el trabajo y dar a conocer los resultados. De esta participaron algunos funcionarios, el gerente y el ingeniero ambiental responsable del buen funcionamiento del río. Allí se dieron a conocer los objetivos del trabajo, los métodos utilizados, los resultados biológicos y de calidad del agua y otros aspectos de las condiciones del río. Finalmente, se hicieron recomendaciones sobre el manejo ambiental de la fuente, y se abrió un espacio de discusión y propuesta para acciones futuras.



Figura 27 Socialización trabajo Final Empresas Publicas de Rivera (EPR).

## 7. DISCUSION

En el presente trabajo se efectuó la primera evaluación hidrobiológica de río Negro de Rivera (Huila), pues en el Plan de Ordenamiento Territorial de ese municipio (POT de Rivera), los estudios se han enfocado en río Frio, afluente que abasteció a los pobladores del municipio hasta el año 1992. El documento más reciente es el diagnóstico ambiental, el cual de igual manera fue construido con base en río Frio (Diagnóstico ambiental del municipio de Rivera – Huila desarrollo económico (2016 – 2019)).

El estudio se realizó aguas arriba del punto de captación para el suministro; allí se determinaron tres estaciones en las cuales se tomaron muestras fisicoquímicas y biológicas en el mes de diciembre 2016, abril 2017 y julio 2017. Los resultados obtenidos permiten un análisis de las condiciones ambientales de la corriente y una interpretación de las características de la comunidad de invertebrados bentónicos, organismos que son poco conocidos en la región y que tienen gran significado ecológico en estos ecosistemas lóticos andinos; así mismo el estudio permitió aclarar dudas en los pobladores, a través de la educación ambiental.

Analizando los resultados físico químicos, no se presentan diferencias muy marcadas entre las tres estaciones y épocas de muestreo; así mismo se aprecia una relativa variación entre la primera y última estación, seguramente por el uso que le dan al agua en las fincas, así como posibles descargas de efluentes y aguas difusas y dispersas por la actividad agropecuaria asentada, también se puede atribuir a la natural transportación, sedimentación y acumulación de materiales y sustancias orgánicas e inorgánicas de fuentes mixtas (naturales y antrópicas) desde el punto de inicio al punto final.

Los parámetros fisicoquímicos analizados (Alcalinidad, Cloruros, Dureza Cálctica, Oxígeno disuelto, pH y sulfatos) arrojaron valores aceptables para el consumo humano y demás, de acuerdo a lo estipulado en la resolución 2115 (22 junio 2007) del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Por ejemplo, en el caso del Ph, los valores arrojados en todos los tramos y fechas, son considerados aptos para la supervivencia de organismos de flora y fauna (Ver figura 10). Sin embargo, se encontró que en la estación 2 y estación 3 prevalece una ligera acidez (pH 6,88), resultado que no pone en riesgo la salud de los consumidores, atribuyendo este valor al uso que se le da en este trayecto al suelo.

La dureza cálcica, conocida por cuantificar solo la dureza en los ríos por efecto del ión Calcio arrojó valores mínimos la estación uno –Punto de Inicio en diciembre de 2016, mientras que los máximos valores fueron reflejados en el mes de abril de 2017 (Ver figura 11), siendo aceptables para el consumo, puesto que al estar por debajo de 60 mg/L no representan riesgo para la salud. (Resolución 2115 de 2007 expedida por el Ministerio de Ambiente). Otro parámetro analizado corresponde a la alcalinidad, donde en la mayoría de las aguas naturales

superficiales están determinadas principalmente por el sistema carbonato. Para este caso se halló que el menor nivel corresponde a la estación 2, la cual fue tomada en diciembre de 2016, mientras que la de mayor valor correspondió al mes de abril de 2017 en la estación 1. Dicho esto, las probabilidades de que el agua esté en condiciones óptimas son mayores en las estaciones 1 del mes de abril.

El valor mostrado del oxígeno disuelto (OD), indica variaciones en las tres estaciones y los tres meses que se analizaron, arrojando mayores valores en las muestras del mes de diciembre de 2016, por lo cual este cambio se puede atribuir a los cambios de pendientes asumidos en cada zona muestreada y/o presencia de drenajes en forma cascada que aumentan el nivel de oxígeno. Siguiendo con nuestra discusión, los cloruros en el río indican un menor valor en la estación 2 de la recolecta que se hizo en el mes de diciembre 2016 arrojando un resultado de 0,9 mg/ L. El valor mayor que se identificó corresponde a el mismo muestreo del mes de diciembre pero en la estación 1, aclarando con certeza que ningún resultado llegó a el valor máximo permisible aceptable (250 mg/L Cl) por las normas colombianas. Otro parámetro analizado fueron los sulfatos (SO<sub>4</sub>), por su parte son considerados los principales constituyentes disueltos de la lluvia; su importancia se atribuye a que se encuentran inmersos en casi todas las aguas naturales. La presencia de esta molécula en el cuerpo humano en valores superiores a los permisibles en la norma correspondiente a 250 mg/L, podría llegar a provocar diarreas deshidratación y afecciones gastrointestinales en los pobladores, no obstante, es satisfactorio encontrar que los índices más altos solo se encontraron en el mes de abril 2017 siendo 6,00 mg/L en nuestros tres puntos de estudio, posiblemente por presencia de aguas residuales o de drenaje cumpliendo proceso de oxidación.

En la determinación del caudal se encontró una relativa estabilidad, ya que dicha práctica se realizó en el mes de diciembre de 2016 durante la recolección de las primeras muestras fisicoquímicas y biológicas aplicando el método de flotación, con la finalidad de determinar qué tan constante es la circulación del agua en los tramos señalados. Como resultado, el mayor caudal fue hallado en la Estación 1 cuyo valor fue de 1,28 M<sup>3</sup>/S. El mínimo fue arrojado en la Estación 2 correspondiente a 0,56 M<sup>3</sup>/S, y el valor de la Estación 3 fue de 0,821 M<sup>3</sup>/S. (Ver tabla 8).

Los rangos de la temperatura del agua fueron variados, atribuyendo esto a diferentes condiciones como luz solar, precipitación y evapotranspiración, además de condiciones tropicales y las marcadas estaciones de verano (sequía) e invierno (lluvias) que se presentaron en los meses de las recolectas, además de condiciones topográficas cambiantes desde la zona de nacimiento hasta el punto de captación por vegetación propia en la parte alta, e introducida en la parte baja; no obstante las temperaturas no superaron los 18°C; (10°C en la estación 1, y la máxima 18 °C en la estaciones 3). Las variaciones en la estación de muestreo interanual son típicas para las condiciones andinas colombianas, en las que la temperatura permanece estable a lo largo del año según Roldán y Ramírez (2008).

Referente al análisis de la composición y estructura de la comunidad de macroinvertebrados, se debe reconocer la poca literatura referenciada sobre estos organismos en la región, solamente se han realizado estudios en unas pocas corrientes y de menor intensidad en el registro (Sánchez, 1988; Sánchez y Perea, 1990; Sánchez et al, 2006; León, 2014). En estos estudios se ha registrado la predominancia de la clase Insecta dentro de los invertebrados de corrientes similares; y dentro de este grupo son muy abundantes los órdenes Ephemeroptera, Diptera, Trichoptera, Coleoptera, lo cual ocurre en varias microcuencas andinas de Colombia (Latorre et al, 2006; Reinoso et al, 2008).

Para el caso de río Negro, hay que mencionar que el presente estudio se realizó comparando tres muestras tomadas durante tres épocas diferentes del año (diciembre 2016, abril 2017 y julio 2017), esta estuvo representada por 41 especies, 9 órdenes y 27 familias. Siendo los órdenes Ephemeroptera, Trichoptera, Coleoptera y las familias Elmidae, Leptophlebiidae y Leptoceridae los de mayor riqueza y abundancia. Los géneros predominantes fueron Rhagovelia sp., Hexatoma sp., Leptohyphes sp., Leptonema sp., Smicridea sp. y Baetodes sp. Mientras que los de menor abundancia fueron Lachlania sp., Haplohyphes sp., Buena sp., Atopsyche sp. y Paltostoma sp. Es así como podemos observar organismos que son indicadores de muy buena calidad del ecosistema acuático como son los ubicados en las familias Perlidae, Ptilodactylidae, Psephenidae, Blepharidae y Oligoneuridae los cuales estuvieron presentes en la estación 2 y ello se refleja en el BMWP que se muestra como el de mejores condiciones ambientales. También se reportó otros organismos bastantes sensibles a los disturbios del ecosistema como son los ubicados en las familias Philopotamidae, Hydrobiosidae y Leptophlebiidae, indicándonos buenas condiciones ambientales en los sitios donde fueron reportados.

Por lo cual se puede reconocer que en el tramo denominada punto final, la abundancia de especies es mayor que en las anteriores estaciones, lo cual era de esperarse respecto a cambios del flujo hídrico, pues aguas abajo se ha evidenciado que se configuran condiciones diversas para el establecimiento de invertebrados acuáticos, los cuales colonizan variados espectros de hábitat acuáticos (Begin et al, 2006; Crisci et al, 2007). Según afirma Sánchez (1988), el aumento de diversidad aguas abajo se relaciona con la mayor estabilidad en condiciones ambientales y con el aumento de la productividad primaria al disminuir la velocidad de flujo y aumentar la radiación solar incidente.

Así mismo siguiendo con nuestro análisis. Podemos decir también respecto a la fauna béntica, que es importante tener en cuenta algunos organismos que son considerados como bioindicadores de la calidad del ecosistema acuático y que solo se reportan donde no hay o ha habido recientemente un disturbio o afectación negativa del ecosistema.

En las estaciones analizadas del Río Negro, se pudo evidenciar un ligero incremento en la diversidad en ese sentido, ya que valores mayores se encontraron en la estación 3 en dos de los

muestreos, lo cual se puede relacionar con mayor variedad de condiciones del hábitat, dado que se observó cierta ocurrencia de productores primarios como las algas.

Como se mencionó anteriormente se hicieron tres muestreos y en cada uno se tomaron los parámetros establecido, así como también especímenes de fauna bentónica; posterior a esto se realizó el comparativo con la Caracterización de Fauna Acuática en el río Magdalena (Sánchez et al. 2006), en el que se analizaron diferentes parámetros fisicoquímicos y se evaluó el índice de calidad del agua y fauna acuática. En éste de igual forma se seleccionaron tres estaciones de muestreo con ubicación tramo norte del río en el Huila, aguas abajo de la represa de Betania. El estudio afirma que los organismos que se desarrollan en un río como el Magdalena conforman conjuntos biológicos adaptados a las características del cauce y los flujos hídricos compartiendo esta similitud con las características en el río Negro; así mismo éste corrobora que la subsistencia de las especies depende de la disponibilidad de materia orgánica que puede ser transportada por el agua, depositada en el cauce y/o elaborado dentro del ecosistema. En los dos cuerpos de agua se encontraron órdenes de familias que coinciden de acuerdo al comparativo, dichas familias reportadas son Diptera, Trichoptera, Ephemeroptera, Coleoptera, Lepidoptera, Hemiptera, Odonata, Plecoptera y Megaloptera. Es así que los especímenes recolectados tanto para el río Magdalena como para río Negro, y de acuerdo a la implementación del método BMWP por familias que propone (Zamora-Muñoz 1997; Alba-Tercedor, 1996) indican que la calidad de agua es aceptable y buena.

Continuando con el análisis fisicoquímico, para el río Magdalena el estudio se concretó en alta medida hacia componentes ambientales de mayor incidencia sobre las comunidades bióticas tomando parámetros Temperatura, Ph, Oxígeno disuelto, Turbiedad, Color, Conductividad, Nitrógeno Total, Fosforo Total, Solidos Suspendidos, Solidos Disueltos, Solidos Totales, Alcalinidad Total, Dureza Total, DBO5, DQO, Cloruros, Coliformes Totales y Coliformes Totales. En río Negro la investigación estuvo orientada a determinar Alcalinidad, Cloruros, Dureza Cálctica, Oxígenos disueltos, pH, Sulfatos, Caudal y Temperatura. En los dos estudios la finalidad fue caracterizar las condiciones y la calidad del ambiente acuático por lo cual la estructura de drenaje de la cuenca del Magdalena hace que en éste se acumule el más elevado caudal de la región; esto conlleva a una capacidad ambiental alta refiriéndonos a su poder de dilución. En los procesos de transformación se presentó un equilibrio funcional el cual se reflejó en los valores de pH, Temperatura y Alcalinidad. En contraste con río Negro dichos parámetros varían en la medida en que el agua transcurre por el cauce del río y se expone a diferentes condiciones como luz solar, precipitación y evapotranspiración, además de condiciones tropicales y las marcadas estaciones de verano (sequía) e invierno (lluvias).

Los resultados obtenidos mediante el presente estudio permitieron determinar una relativa riqueza de la comunidad de invertebrados bénticos en río Negro, pues se encontró un número considerable de taxones de importancia en este tipo de corriente, pues muchos de ellos son indicadores de buena calidad del agua. En cuanto a la estructura de la comunidad y sus variaciones, los índices analizados y el tratamiento estadístico no mostraron diferencias

significativas entre las estaciones, lo que confirma la consideración de estabilidad a lo largo del río. Las referencias taxonómicas y de atributos ecológicos de esta comunidad constituyen por tanto una contribución al conocimiento de estos organismos en la región y el país, como también una información verídica y confiable para los habitantes de Rivera Huila.

## 8. CONCLUSIONES

En el presente análisis, el conocimiento de la comunidad de invertebrados acuáticos en el río Negro y la identificación de algunas particularidades ecológicas se reconoce como una válida herramienta de gestión ecológica y ambiental tanto a nivel taxonómico y de bioindicación como en procesos de sensibilización ambiental.

Teniendo en cuenta que se realizaron muestreos en tres épocas diferentes del año, se logró establecer que durante estos tiempos los valores de los parámetros fisicoquímicos analizados son bastante aceptables cumpliendo con la norma establecida; así mismo se tiene como referencia que todos los valores se mantienen estables durante las fechas muestreadas, por lo cual la captación de agua está cumpliendo con los requisitos estipulados para agua de consumo.

Se identificó una diversidad de organismos propios de la fauna bentónica en este tipo de corrientes, los cuales se han adaptado a las condiciones de su entorno. Entre los aspectos ecológicos analizados, se destaca que las mediciones de índices como la diversidad reportan valores medios para los sitios de muestreo; siendo las estaciones 3 y 2 las que presentaron la mayor diversidad, uniformidad y riqueza de especies, mientras la estación 1 registró los menores valores para esos índices ecológicos. Esta variación puede ser explicada por el grado de desarrollo del río, junto con la intervención antrópica observada en la zona y las fluctuaciones en la condición física y química del agua, que muestran un ligero incremento o ampliación en las condiciones del hábitat aguas abajo con mayor oferta de sustratos naturales para los invertebrados.

El resultado del estudio también muestra una relativa riqueza de estos organismos en la región, lo mismo que su diversidad que corresponde al tamaño y desarrollo del río Negro, con valores parecidos a los de otras corrientes de similar tamaño, y a un nivel taxonómico de género que ha sido también en las investigaciones nacionales sobre macroinvertebrados bentónicos.

En últimas se puede afirmar de acuerdo a los resultados fisicoquímicos y biológicos, que el agua que abastece a los pobladores del municipio de Rivera es aceptable para el uso destinado a consumo humano, con el tratamiento exigido en sistemas de distribución urbana. Así mismo es importante resaltar las interacciones características del ecosistema y la incorporación de materia y energía en la corriente, como son los aportes de la cuenca del río y los efectos de la ocupación humana de su entorno, los cuales mantiene aún condiciones de calidad aceptables para los usos del líquido.

## 9. RECOMENDACIONES

El estudio arrojó un balance positivo para los consumidores del agua de río Negro, puesto que los especímenes hallados en su mayoría son indicadores de buena calidad del agua; no obstante, se hace necesaria la divulgación de la información contenida en el presente trabajo para así empezar a prevenir posibles futuras contaminaciones que alteren el ciclo biológico del recurso.

En ese sentido, es importante que los estudios futuros contemplen la conservación de las condiciones ambientales del río Negro, pues aunque la población de Rivera destaca la importancia del río Frío, es poco conocida la utilización del afluente superior del que se obtiene la captación del recurso hídrico.

La educación ambiental es fundamental para el desarrollo de las buenas prácticas ecológicas, por lo cual se recomienda considerar su inclusión ante las instancias administrativas y comunitarias para así lograr un trabajo mancomunado tal como se encuentra plasmado en la agenda XXI.

Se recomienda emprender investigaciones orientadas a medir la eficacia de la conversión tecnológica, medidas de producción más limpia y buenas prácticas en los sistemas productivos, y sus implicaciones en la estabilidad ecológica del ecosistema acuático.

Teniendo en cuenta que los resultados de este trabajo son el primer referente para río Negro, es importante establecer estudios que involucren cambios climáticos, con el fin de ampliar el conocimiento sobre componentes y funcionamiento de los sistemas acuáticos; así como también acciones encaminadas a la protección del PNR Siberia Ceiba en el cual se forma y desarrolla este cuerpo hídrico.

## BIBLIOGRAFIA

ALLAN, J. 1995. Stream ecology. Structure and function of running waters. Chapman & Hall. Londres. p. 388.

ALBA-TERCEDOR, J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV Simposio del agua en Andalucía (SIAGA), Almería. 2 (203-213).

BEGON, M., COLIN, R.T y J. HARPER. 2006. Ecology from individuals to Ecosystems. Fourth Edition. Blackwell Publishing. 746 p.

CARSI, M.; CHAMORRO, A.; CARRILLO, E.; VILLANUEVA, V.; SUÁREZ, E.; SANCHEZ, L. y MARTINEZ, J. 2000. Determinación de índices hidrobiológicos en estudios de bioindicación. [en línea] TAR INOVA-Tecnología Ambiental. Escuela universitaria politécnica, Sevilla España. [8-mar-04] disponible en: <http://www.us.es/grupo/TARINOVA/unisevilla/es>.

CASTILLO, M.; GONCALVES, J.F. y MORENO, P. 2003 Invertebrados acuáticos como bioindicadores. [en línea] Universidad Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciencias Biológicas, Departamento de Biología Geral, Laboratorio de Ecología de Bentos, CP. 486, CEP. 30.161-970, Belo Horizonte, MG, [citado marzo 2-2004] disponible en: <http://www.icb.ufmg.br/~bentos.callisto@icb.ufmg.br>

CRISCI, B. V. BISPO, P. & FROEHLICH, C. 2007. Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages in two Atlantic rainforest streams, southeastern Brazil. Revista Brasileira de Zoología, 24 (2):312-318.

DOMÍNGUEZ, E. & FERNANDEZ, H.R. 2009. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos, Sistemática y biología. San Miguel de Tucumán: Fundación Miguel Lillo. 656 p.

EMPRESAS PUBLICAS DE RIVERA. 2005. Informe de Estado del Acueducto Municipal. Rivera, Huila, 12 p.

ESCHENHAGEN, M.L. 2007. Las cumbres ambientales internacionales y la educación ambiental. Revista Oasis. Universidad Externado de Colombia. 12: 39-76.

ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL - EOT. MUNICIPIO DE RIVERA. 1999. Consejo Municipal de Planeación. Rivera, Huila. 430 p.

ESTEVEZ, F. Fundamentos de Limnología. 1998. 2ª Edición. Rio de Janeiro. Interciencia, 1998.

FIGUEROA, R.; ARAYA, E.; PARRA, O. y VALDOVINOS, C. 1998. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua. [en línea] Centro de Ciencias Ambientales, EULA-Chile, Universidad de Concepción, Chile. Casilla 160C, Concepción, Chile. [citado marzo 6-2004] disponible en: <http://www.unesco.org.uy/phi/libro/VIjornadas/4A.pdf>.

FUNDACION AMBIENTAL MOLECULA VERDE. 2016. Diagnóstico Ambiental del municipio de Rivera, Huila – Desarrollo Económico. Rivera. 43 p.

HELLAWELL, J. M. 1986. Biological indicators of freshwater pollution and environmental management, Elsevier, Applied Science Publ. London England. & New York. 546p.

IDEAM, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Boletines Informativos sobre monitoreo del Fenómeno del Niño abril a mayo de 2010. Consultado el 28 de septiembre de 2012 en: <http://www.pronosticosyalertas.gov.co/jsp/loader.jsf?id=894&lServicio=Publicaciones&lFuncion=loadContenidoPublicacion&lTipo=publicaciones&d=49700-p=4>

JARAMILLO, J.C. 2002. Importancia de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. Revista ingenierías. Universidad de Medellín. Ed. Marín Vieco Ltda. ISSN1692-3324 noviembre. 147 p.

JOHNSON, R.K, WIEDERHOLM, T, y D.M. ROSEMBERG, 1993, citado por: Zúñiga M.C. Los insectos como modelos biológicos en estudios de conservación, memorias I Congreso Colombiano de Zoología, 2001. Bogotá.

LATORRE, B.I., MONTAÑO, F.M., RINCON, H. M. E. 2006. Comunidad de insectos acuáticos del río Dulce (Villeta, Cundinamarca). Rev. U.D.C.A, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. Año 9 No 1; 151-161.

LEON, V. 2012. Composición y estructura de los macroinvertebrados bentónicos en la microcuenca de la quebrada Los Micos, Neiva Huila. Universidad Surcolombiana, Facultad de Ingeniería. Neiva. 138 p.

LONDOÑO, A.; NIETO, M.; TORO, J. y MORALES, I. 2001. Evaluación de la calidad ambiental del Río roble en el Departamento del Quindío. Revista de Investigaciones. Universidad del Quindío. ISSN 0121-795 No. 10. Colciencias

MARGALEF, Ramón. Limnología. Barcelona: Ediciones Omega S.A. 1983. 1010 p.

MEDINA, H Y MORALES, N. 1992. Plan para la protección, conservación y manejo de la zona de la Siberia y su declaratoria como Area de Manejo Especial. Universidad Surcolombiana, Facultad de Ingeniería. Neiva. 177 p.

MERRITT, W. y CUMMINS, K. 1996. An introduction to the aquatic insects of North America. Third edition. Kendall / Hunt Publishing Company. Dubuque, Iowa. 862 p.

METCALF, J.L. 1989. Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrate communities: History and present status in Europe, Environmental Pollution, 60:101-139.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. 2007. Resolución Número 2115, 22 de 3 Junio de 2007.

NEEDMAN, J & NEEDMAN, P. 1982. Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces. Reverté, Barcelona, España.

OSPINA, R., RISS, W & RUIZ, L. 1999. Guía para la identificación genérica de larvas de quironómidos (Diptera: Chironomidae) de la Sabana de Bogotá. I. Subfamilia (p: 363-383). En: AMAT, G. ANDRADE, G. FERNANDEZ, F. Insectos de Colombia. Volumen II. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección Jorge Alvarez Lleras No 13. Bogotá, Colombia.

PINHEIRO, S.M., FERRAZ DE QUEIROZ, J. y BOEIRA, R.C. 2004. Protocolo de Coleta e Preparação de Amostras de Macroinvertebrados Bentônicos em Riachos. Comunicado Técnico 19. Brasil. Ministerio de Agricultura.

PINILLA, G. 1993. Ecología de pequeños lagos artificiales en la Microcuenca de la Quebrada La Playa (Caldas-Boyacá), Informe final. Tesis de maestría Fundación Universitaria Jorge Tadeo Lozano. Santafé de Bogotá, D.C.

POSADA, J & ROLDAN, G. 2003. Clave ilustrada y diversidad de las larvas de Trichóptera en el Nor-Occidente de Colombia. *Caldasia* 25 (1) 2003: 169-192.

RAMIREZ, A. y V. VIÑA. 1998. Limnología Colombiana. Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis. Impresión Panamericana. Bogotá, 293 p.

REINOSO, F. G., VILLA N, F.A., ESQUIVEL, H. E., GARCIA M, J.E. y VEJARANO, M.A. 2008a. Biodiversidad Faunística y Florística de la cuenca mayor del río Saldaña (subcuenca Anamichú) - Biodiversidad Regional Fase IV. Grupo de Investigación en Zoología, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.

RISS, W.; OSPINA, R. y GUTIERREZ, J.D. 2002. Establecimiento de valores de bioindicación para macroinvertebrados acuáticos de la Sabana de Bogotá. *CALDASIA* ISSN: 0366-5232. 24(1):135-156.

RODRIGUEZ, P. y WRIGTH. J.F. 1991 Description and evaluation of a sampling strategy from macroinvertebrate communities in Basque River (Spain). *Hydrobiología*. 213: 113 -124.

ROJAS, Jaime. 2008. Fundamentos de Calidad del agua. LAUS-Universidad Surcolombiana. Neiva, 333 p.

ROLDAN, G. 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Facultad de Ciencias exactas y naturales. ISBN 958-9129-02-8. Medellín Colombia.

- ROLDÁN, G. 1999. Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias exactas, físicas y naturales. Septiembre. 23(88)
- ROLDÁN, G. 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col. Editorial Universidad de Antioquia. Primera Edición. Medellín.170 p.
- ROLDÁN, G. y J. J. RAMIREZ. 2008. Fundamentos de Limnología Neotropical, 2a ed. Medellín: Accefyn, UCO, Universidad de Antioquia. 440 pp.
- ROMERO Jairo Alberto. 2002. Calidad del agua. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá. 410 p
- SANCHEZ, M. 1988. Estudio de dinámica ecológica en comunidades de insectos béticos del río Las Ceibas. Revista Entorno No. 2: 21-30.
- SÁNCHEZ, M. y J. PEREA. 1990. Calidad de agua y relaciones ecológicas en quebradas del sur del Huila. Rev. Entorno. No 4: 26-34.
- SANCHEZ, M.; LEON, V.; ROJAS, J; VARGAS, R. 2006. Calidad de agua, invertebrados y bioindicación en el río Magdalena en el norte del departamento del Huila. Revista Entornos No. 19: 114-121.
- SEGNINI, S. 2003. El Uso De Los Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. Ecotropicos 16: 45-63.
- UNESCO-PNUMA, 1997. Actividades de educación ambiental para las escuelas primarias. Programa Internacional de Educación Ambiental. Serie 21. Santiago de Chile, 99 p.
- ZAMORA, H. 1997. Evaluación rápida de la calidad ambiental en ecosistemas loticos mediante el análisis de sus macroinvertebrados. Revista de Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas. Ed. Germán Pachón Ovalle. Universidad INCCA de Colombia, Bogotá. 10 (1-2): 22-26.
- ZONNEVELDT, I.S. 1983. Principles of bioindication. Enviromental Monitoring and Assessment. Volume 3, Numbers 3-4 (1983), 207-217.

## ANEXOS

### ANEXO 1.

Métodos utilizados para los análisis fisicoquímicos:

#### a) Equipo para la toma de muestra



#### b) Tabla de métodos y análisis.

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	METODO
Alcalinidad	mg CaCO <sub>3</sub> /L	SM 20-2320-B
Cloruros	mg CL/L	
Dureza Cálctica	mg Ca/L	SM 20 4500 -Cl B
Oxígenos disueltos	mg O <sub>2</sub> /L	SM 20-4500-O C - y Winkler titulométrico
pH	Unidades de pH	SM 20 4500 - H+ B
Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> /L	SM 20 4500 - S04 D, E
Caudal	LPS	Aforo con flotación
Temperatura	°C	Electrométrico

**ANEXO 2.** Caracterización y valoración de calidad del hábitat (Cedula de campo).

<b>CEDULA DE CAMPO RÍO NEGRO</b>			
<b>OBJETO DE ESTUDIO:</b> Río Negro (Fuente abastecedora de agua para los pobladores del municipio).			
<b>MUNICIPIO:</b> Rivera - Huila		<b>DESCRIPCIÓN DEL SITIO:</b> Río Negro se encuentra a 1180 M.S.N.M. limitando al norte y oriente con el río Blanco, al sur la vereda El Tambillo, al occidente las veredas Agua Caliente y Las Juntas. Presenta paisaje montañoso, su relieve va de quebrado a fuertemente escarpado, su clima frío y muy húmedo, con temperatura que oscila entre 15° - 24° relativamente dependiendo la época del año.	
<b>FECHA DE REALIZACIÓN:</b> 03/09/2018			
<b>ESTA-CIÓN</b>	<b>CLASIFICACIÓN DE USOS DEL ECOSISTEMA</b>	<b>FAMILIA ENCONTRADAS</b>	<b>OBSERVACIONES BIOLÓGICAS</b>
1. Punto de inicio	<p><b>USOS PERMITIDOS:</b></p> <p>* Restauración ecológica y recuperación de áreas degradadas, Conservación de su hábitat, y corredores.</p> <p><b>USOS RESTRINGIDOS</b></p> <p>* Adecuación y ampliación de senderos</p> <p>* Actividades de rehabilitación y recuperación con especies</p>	Baetidae, Leptohiphidae, Leptophlebiidae, Libellulidae, Coenagrionidae, Pleidae, Notonectidae, Veliidae, Ptylodactylidae, Elmidae, Hydropsychidae, Helicopsychidae, Leptoceridae, Simuliidae, Ceratopogonidae, Tipulidae, Chironomidae	<p>* Estación que registra menores valores para los índices ecológicos.</p> <p>* Observación de menos grado de intervención antrópica</p> <p>* Mediana oferta de sustratos naturales.</p> <p>* Allí se encontraron Ptylodactylidae, Hydropsychidae y Leptohiphidae que son caracterizados por su sensibilidad a los disturbios del ecosistema indicándonos buenas condiciones ambientales para la estación 1.</p>
2. Punto intermedio:	<p>Introducidas.</p> <p>* El ecoturismo y recreación.</p> <p><b>USOS PROHIBIDOS</b></p> <p>* Actividades de Exploración, explotación minera y de hidrocarburos.</p> <p>* Extracción de madera, especies vegetales y de fauna.</p>	Oligoneuriidae, Baetidae, Leptophlebiidae, Libellulidae, Corydalidae, Pleidae, Veliidae, Ptylodactylidae, Psephenidae, Elmidae, Hydropsychidae, Philopotamidae, Simuliidae, Leptoceridae, Hydrobiosidae, Ceratopogonidae, Perlidae, Blephariceridae, Staphilinidae, Chironomidae,	<p>* En este tramo se observa deterioro de la calidad del recurso con respecto a la estación uno.</p> <p>* La presencia de organismos ubicados en las familias Perlidae, Oligoneuriidae, Blephariceridae, Psephenidae y Staphilinidae son indicadores de muy buena calidad del agua.</p>
3. Punto final:		Megascolecidae, Baetidae, Leptohiphidae, Libellulidae	* Estación que presenta mayor diversidad, uniformidad y

	<p>* Quemadas e incendios.</p> <p>* Actividades agropecuarias con fines comerciales y/o de subsistencia Cultivos, ganadería, zonas de pastos, construcción de vías (Cedula de campo PNR Siberia Ceibas; CAM 2015)</p>	<p>Leptophlebiidae, Perlidae, Coenagrionidae, Naucoridae, Pleidae, Elmidae, Psephenidae, Veliidae, Ptylodactylidae, Hydropsychidae, Leptoceridae, Philopotamidae, Simuliidae, Ceratopogonidae, Tipulidae, Chironomidae.</p>	<p>riqueza de especies.</p> <p>*De acuerdo a los resultados y su comparación con las tres estaciones, la estación tres presenta mayor grado de intervención antrópica pero aún se encuentran condiciones aceptables de sustrato para los invertebrados</p>
--	---	---	--

ANEXO 3. FOTOGRAFÍAS DE ALGUNOS TAXONES DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS ENCONTRADOS EN RÍO NEGRO



Coenagrionidae (*Argia* sp.)



Hydropsychidae (*Leptonema* sp.)

Hydropsychidae (*Leptonema* sp.)



Philopotamidae (*Chimarra* sp.)



Elmidae (*Phanocerus* sp.)

Curculionidae (izquierda: *Lissorhoptrus* sp, derecha: larva)



Leptophlebiidae (*Farrodes* sp.)



Baetidae (*Baetodes* sp.)



Leptohyphidae (*Trycorithodes* sp.)



Chironomidae (*Polypedilum* sp.)



Tipulidae (*Hexatoma* sp.)



Veliidae (*Rhagovelia* sp.)



Pleidae (*Paraplea* sp.)



Notonectidae (*Notonecta* sp.)



Megascolecidae (cf. *Amyntas* sp.)

# ANEXO 4. Plegables

### EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AGUA DE RIO NEGRO EN RIVERA HUILA POR MEDIO DE INDICADORES FISICOQUIMICOS Y BIOLÓGICOS

Septiembre 2018

### QUE ES RIO NEGRO

Es el cuerpo hídrico mas importante de Rivera

1. Abastece de agua a los pobladores del municipio.
2. Para mantener viva la vida vegetal y animal.
3. Para la higiene humana, y animal.
4. Fuente de alimentación con los peces.
5. Fines recreativos.
6. Produce tierras fértiles.
7. Puede ser un medio de transporte (humano, mercancía...).
8. Si está cerca o es parte de una ciudad, puede ser parte de un recorrido turístico.
9. Los ríos nos proporcionan beneficios como agua para riego.

### QUIENES VIVEN EN EL RÍO?

### COMO LO ANALIZAMOS

### QUE ENCONTRAMOS

*Chironomidae (sp.)*  
*Polydora (sp.)*  
*Hydracarina (sp.)*  
*Hydracarina (sp.)*  
*Hydracarina (sp.)*  
*Hydracarina (sp.)*

### QUE ENCONTRAMOS

*Chironomidae (sp.)*  
*Ephemeroptera (sp.)*  
*Baetis (Baetis sp.)*  
*Ephemeroptera (sp.)*  
*Chironomidae (sp.)*  
*Baetis (Baetis sp.)*  
*Baetis (Baetis sp.)*  
*Baetis (Baetis sp.)*

*Palaemonetes (sp.)*  
*Stomatopoda (Stomatopoda sp.)*  
*Hydracarina (sp.)*

### Y ESO QUE QUIERE DECIR?

Prevalcen las aguas ligeramente contaminadas en diciembre de 2016, Julio de 2017, y primera recolecta del mes de abril de 2017; las cuales son categorizadas como aguas aceptables puesto que sus intervalos están de 61-100 de acuerdo a BMWWP. Para el caso de la estación 2 y estación 3 del mes de abril de 2017, estas fueron reconocidas como aguas buenas de acuerdo a su significado son muy limpias

### AGUAS MUY LIMPIAS

Familias familias Perleidae, Ptilodactylidae, Psephenidae, Blepharidae y Oligoneuridae !  
Aguas muy limpias

↓

Pero así mismo hay organismos que nos indican que el agua esta sucia debido a uso de detergente, con químicos de cultivos, con basuras, con materia fecal y en algunos puntos hasta con animales muertos.

### ACCIONES PARA CUIDAR MI RÍO

1. No tirar basura al río.
2. No lanzar vidrios al agua.
3. Colaborar en campañas de limpieza al río
4. Contarle a los papitos en la casa lo que aprendieron acá para que ellos también lo cuiden

\*gracias

## YO CUIDO MI RIO



Estudio de la calidad del agua del rio Negro, Rivera H. 2018

## YO CUIDO MI RIO



Estudio de la calidad del agua del rio Negro, municipio de Rivera H. 2018