



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 1

Neiva, 23 de enero del 2018

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Luis Fernando Suaza Ramírez, con C.C No. 1079181622 y Cristian Felipe Suaza Ramírez, con C.C No. 1079179962, autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado, titulado: Análisis de la calidad del agua y estrategias didácticas que contribuyen a la conservación del Río Frío en el municipio de Campoalegre – Huila; presentado y aprobado en el año 2018 como requisito para optar al título de Licenciado en Ciencias Naturales: Física, química y biología; 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:

Firma: _____

Luis Fernando Suaza Ramírez

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____

Cristian Felipe Suaza Ramirez

Vigilada Mineducación



TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: Análisis de la calidad del agua y estrategias didácticas que contribuyen a la conservación del río frío en el municipio de Campoalegre - Huila

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Suaza Ramírez	Luis Fernando
Suaza Ramírez	Cristian Felipe

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
----------------------------	--------------------------

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
León Cuellar	Vladymeer
Amórtegui Cedeño	Elías Francisco

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Licenciado en Ciencias Naturales: Física, Química y Biología

FACULTAD: Educación

PROGRAMA O POSGRADO: Licenciatura en Ciencias Naturales: Física, Química y Biología

CIUDAD: Neiva-Huila

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2018

NÚMERO DE PÁGINAS: 202



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

Diagramas ___ Fotografías **X** Grabaciones en discos ___ Ilustraciones en general **X**
Grabados ___ Láminas ___ Litografías ___ Mapas **X** Música impresa ___ Planos ___
Retratos ___ Sin ilustraciones ___ Tablas o Cuadros **X**

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

MATERIAL ANEXO:

PREMIO O DISTINCIÓN (*En caso de ser LAUREADAS o Meritoria*): **LAUREADO**

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

Español	Ingles
1. Calidad de agua	Water quality
2. Bioindicación	Bioindication
3. Macroinvertebrados acuáticos	Aquatic macroinvertebrates
4. Salida de campo	Field trip
5. Actitudes de conservación.	Conservation attitudes

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

El presente trabajo de investigación se divide en dos etapas, siendo la primera, la aplicación de los índices biológicos y contaminación al Río Frío de Campoalegre debido a la importancia del afluente por ser la fuente abastecedora para consumo humano del municipio. Por otro lado, en la segunda etapa se instó al cuidado ambiental del recurso hídrico en la comunidad escolar, a través de estrategias didácticas diseñadas en el aula y en campo con el fin de fortalecer las actitudes de conservación de la fuente hídrica. El diseño de investigación fue exploratorio secuencial (DEXPLOS) dado que la primera fase es cualitativa (colecta de macroinvertebrados y software ATLAS.TI) y la segunda fase cuantitativa (Índices biológicos y paquete estadístico SPSS). A nivel general, en las estaciones de alta y media montaña los índices biológicos e índices de contaminación mostraron que no presentan zonas de afectación, debido a los ecosistemas estratégicos que



se encuentran presentes, además, en las estaciones cercanas al municipio, por el aumento de las actividades antrópicas presenta zonas críticas, en especial después de la zona urbana. Seguidamente, las actividades lúdico-pedagógicas como la salida de campo fueron significativas en el desarrollo de actitudes de conservación y conocimiento en los estudiantes Campoalegrunos. Por lo tanto, se concluye que los índices biológicos y de contaminación dan un panorama amplio de la calidad del sistema que presenta el Río Frío, además el conocimiento de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos es aplicable en el contexto escolar.

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

This research work is divided into two stages. The first stage is the application of biological indexes and contamination to the Río Frío de Campoalegre due to the importance of the tributary as the source of supply for human consumption in the municipality. On the other hand, the second stage will show how the environmental care of the water resource in the school community was urged, through didactic strategies designed in the classroom and in the field in order to strengthen the conservation attitudes of the water source. The research design was exploratory sequential (DEXPLOS) since the first phase is qualitative (collection of macroinvertebrates and ATLAS.TI software) and the second quantitative phase (biological indexes and statistical package SPSS). At a general level, in the high and medium mountain stations the biological indexes and pollution indexes showed that they do not present areas of affectation due to the strategic ecosystems that are present. In addition, in the stations near the municipality, due to the increase of anthropic activities present critical zones, especially after the urban area. Then, the ludic-pedagogical activities such as the field trip were significant in the development of conservation and knowledge attitudes in Campoalegrunos students. Therefore, it is concluded that the biological and contamination indexes give a broad picture of the quality of the system that the Río Frío presents, and the knowledge of aquatic macroinvertebrate communities is applicable in the school context.

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: Juan Manuel Perea Espitia

Firma:



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	4 de 4
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

Nombre Jurado: Luz Adriana Cruz Herrera

Firma: 

Nombre Jurado: Julio César Gonzáles Gómez

Firma: 

**ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA Y ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS QUE
CONTRIBUYEN A LA CONSERVACIÓN DEL RÍO FRÍO EN EL MUNICIPIO DE
CAMPOALEGRE - HUILA**

**CRISTIAN FELIPE SUAZA RAMÍREZ
LUIS FERNANDO SUAZA RAMÍREZ**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE EDUCACIÓN
LICENCIATURA EN CIENCIAS NATURALES: FÍSICA, QUÍMICA Y BIOLOGÍA
NEIVA - HUILA
2018**

**ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA Y ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS QUE
CONTRIBUYEN A LA CONSERVACIÓN DEL RÍO FRÍO EN EL MUNICIPIO DE
CAMPOALEGRE - HUILA**

**CRISTIAN FELIPE SUAZA RAMÍREZ
LUIS FERNANDO SUAZA RAMÍREZ**

**Trabajo presentado como requisito de grado para optar al título de Licenciado en
Ciencias Naturales: Física, Química y Biología**

**Asesor:
VLADYMEER LEON CUELLAR.
Mg. en Ecología y Gestión de Ecosistemas y Dr. en Educación**

**Co-asesor
ELIAS FRANCISCO AMÓRTEGUI CEDEÑO.
Dr. (c) Didáctica de las Ciencias Experimentales**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE EDUCACIÓN
LICENCIATURA EN CIENCIAS NATURALES: FÍSICA, QUÍMICA Y BIOLOGÍA
NEIVA - HUILA
2018**

Nota de aceptación

Mg. Juan Manuel Perea Espitia
Presidente del Jurado



Dr. (c) Luz Adriana Cruz Herrera
Jurado



Mg. (c) Julio César González Gómez
Jurado

DEDICATORIA

Dedicamos el trabajo a Dios por permitirnos llegar hasta aquí y bendecirnos día a día.

Seguidamente a nuestro padre Ricardo Suaza; Madre(s) Patricia Ramirez, Yineth Garzón; hermanas Diana Suaza, Camila Suaza, Angy Suaza y sobrino Juan Esteban Suaza los cuales han sido una compañía y apoyo invaluable en nuestra vida.

Finalmente, a nuestros amigos por su amistad y motivación a seguir adelante y hacer las cosas cada día mejor.

Luis Suaza y Cristian Suaza

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a Dios que nos permitió una buena disposición para realizar este trabajo y a nuestra familia y amigos quienes nos brindaron un acogimiento y un apoyo muy significativo.

El presente proyecto de investigación se realizó en colaboración de entidades y personas que resaltaremos a continuación:

- Al Dr. Vladymeer León y Dr. Elías Francisco Amórtegui por ser el asesor y el co-asesor de la investigación, agradecemos por su tiempo y dedicación a construir este trabajo de investigación con nosotros y hacerlo realidad.
- Al decano de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Surcolombiana Dr. Jaime Polania y la coordinadora de laboratorios de Biología Olga, por permitirnos el trabajo con los equipos de laboratorio a pesar de las dificultades de horario.
- Al profesor de la universidad Nacional Dr. Gabriel Antonio Pinilla y al Biólogo Dr. Juan David Gonzales por la cooperación en la identificación de algunos macroinvertebrados acuáticos.
- A la profesora Hilda Dueñas por la cooperación en la identificación de las familias de plantas asociadas al cauce del Río Frío.
- Al Sr. Abel Caviedes, Sr. Dagoberto Motta, Sr Hernando Vargas y Sra. Diva Bonilla por la compañía brindada en el momento de hacer los muestreos, agradecemos por ser una gran ayuda y acercarnos a zonas de difícil acceso.
- A las directivas de la Institución Educativa Eugenio Ferro Falla por abrirnos sus puertas y permitirnos realizar la investigación pedagógica, igualmente al profesor Yolman Quintana que fue quien nos abrió el espacio durante sus clases.
- Al Mg Jonathan Andrés Mosquera, Mg Julio César González y Mg Francisco Medellín Cadena por su cooperación en la validación del cuestionario inicial.
- A todos los estudiantes del grupo 1101 por permitirnos enriquecer sus conocimientos y fomentar en ellos una conciencia ambiental en la cual tengan muy presente el cuidado y la conservación de los ecosistemas acuáticos. De igual

manera a la estudiante Stefany Fierro por ser un puente y nexo activo con el grupo de trabajo.

- A nuestras compañeras Angy Perdomo, Erika Bravo y Heidi Cardozo por la invaluable ayuda al momento de hacer la práctica de campo con los estudiantes del colegio Municipal.
- A los miembros del jurado, quienes dedicaron su tiempo revisando y aportando valiosas sugerencias para enriquecer el documento final del proyecto de investigación.
- Al semillero de investigación ENCINA - Enseñanza de las Ciencias Naturales - por el apoyo brindado y los buenos consejos por parte de coordinadores e integrantes.

RESUMEN ANALÍTICO EDUCATIVO (R.A.E.)

TIPO DE DOCUMENTO	TESIS DE GRADO
ACCESO AL DOCUMENTO	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA SEDE NEIVA – HUILA
TÍTULO DEL DOCUMENTO	ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA Y ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS QUE CONTRIBUYEN A LA CONSERVACIÓN DEL RÍO FRÍO EN EL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE - HUILA
AUTOR(ES)	LUIS FERNANDO SUAZA RAMÍREZ CRISTIAN FELIPE SUAZA RAMÍREZ
PUBLICACIÓN	Neiva (H) 2018
UNIDAD PATROCINANTE	INSTITUCIÓN EDUCATIVA EUGENIO FERRO FALLA
PALABRAS CLAVE:	CALIDAD DE AGUA, BIOINDICACIÓN, MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS, SALIDA DE CAMPO, ACTITUDES DE CONSERVACIÓN.

DESCRIPCIÓN

El presente trabajo consistió en la determinación de la calidad de agua de Río Frío Campoalegre mediante la bioindicación con macroinvertebrados bentónicos y complementados con parámetros fisicoquímicos, posteriormente, el diseño y la

aplicación de una salida de campo para generar aptitudes de conservación en los estudiantes de la Institución Educativa Eugenio Ferro Falla. Este estudio se implementó entre los meses de mayo a septiembre del 2017 y se llevó a cabo desde un enfoque mixto de manera secuencial y diseño exploratorio, el cual, implica una fase inicial de recolección y análisis de datos cualitativos seguida de otra donde se recaban y analizan datos cuantitativos.

FUENTES

- 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
- Amórtegui, E y Correa, M. (2012). Las prácticas de campo planificadas en el proyecto curricular de licenciatura de Biología. Universidad Pedagógica Nacional. Caracterización desde la perspectiva del conocimiento profesional del profesor de Biología. Primera edición. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Ángel, L., & Ríos, M. (2015). *Percepciones sobre educación ambiental de estudiantes de primer semestre de Ingenierías de la Fundación Universitaria los Libertadores de Bogotá*. (Tesis en maestría). Universidad de Manizales, Bogotá, Colombia.
- Arango, María Cecilia, Álvarez, Luisa Fernanda, Arango, Gloria Alexandra, Torres, Orlando Elí, & Monsalve, Asmed de Jesús. (2008). Calidad del agua de las quebradas la Cristalina y la Risaralda, San Luis, Antioquia. *Revista EIA*, 9: 121-141
- Castro, J. & Valbuena E. 2007. ¿Qué biología enseñar y cómo hacerlo? Hacia una resignificación de la Biología escolar. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 22: 126-145.

- Fernández, N., Solano, F., Ramos, G. (2003). ICATEST V1.0. Una herramienta útil en la valoración de la calidad del agua. *Revista Bistua*, 3: 88-95.
- Gutiérrez, S.I. (2017). *Biodiversidad de familias de macroinvertebrados acuáticos en 8 ambientes lóticos del norte del Huila*. (Tesis de maestría). Neiva, Huila. Universidad Surcolombiana. Facultad de Ingeniería.
- Hernández, R.; Fernández, C. Y Baptista, P. (2014) Metodología de la Investigación (6ª Edic). México: McGrall Hill.
- IANAS-UNESCO. (2015). Desafíos del agua urbana en las Américas: perspectivas de la academia de las Ciencias. 2015: IANAS.
- Ladrera, R., Rieradevall, M., & Prat, N. (2013). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos: una herramienta didáctica. *Ikastorratza. E-Revista de Didáctica I*: 1-18.
- Ramírez, A. y Viña, V. 1998. Limnología Colombiana. Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis. Bogotá: Panamericana.
- Roldán-Pérez, G. (1988). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.
- Roldán-Pérez, G. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: propuesta para el uso del BMWP/Col. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.
- Roldán-Pérez, G y Ramírez, J. (2008). Fundamentos de limnología neotropical. Segunda edición. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.

Rueda, J & Lopez, C. (2003). Valoración de la calidad biológica de los ríos. Claves de identificación para la enseñanza secundaria. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 17: 107-123

CONTENIDOS

Se presenta el planteamiento del problema y justificación, específicamente desde la importancia de la bioindicación para determinar la calidad del agua y su contribución a generar actitudes de conservación de los ecosistemas acuáticos. Luego se presentan los objetivos de la investigación. Posteriormente se presentan los antecedentes y el Marco teórico en donde se tiene en cuenta las investigaciones realizadas con macroinvertebrados bentónicos y la importancia de la salida de campo en la educación ambiental. Luego se expone la Metodología, con respecto al enfoque en el que se desarrollan las fases de investigación, el método e instrumentos de recolección de la información. Luego se presenta los Resultados de la investigación y su Análisis. Finalmente, el trabajo muestra los apartados de Conclusiones, Bibliografía y Anexos.

METODOLOGÍA

La investigación estuvo diseñada bajo un enfoque mixto, el cual es un proceso que recolecta, analiza y vincula datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio o una serie de investigaciones para responder a un planteamiento del problema, por lo que se utilizó técnicas cuantitativas y cualitativas, por eso, dependiendo del enfoque de la investigación y de la etapa de la investigación, las técnicas de recolección de la información son las siguientes: muestreo de campo y observación participante y un cuestionario que se aplicó tanto al inicio como al final del proceso formativo.

La metodología se desarrolló guiada bajo dos etapas que fueron la determinación de la calidad biológica del agua de Río Frío, divididas en tres fases que corresponde a *fase de reconocimiento de los sitios de muestreo* que consistió en la selección

estratégicas de las estaciones de referencia (5), *fase de métodos y procedimiento para el muestreo* que se relaciona con la toma de información en campo y la identificación de los macroinvertebrados bentónicos, por último *fase de análisis de datos* para la determinación de la calidad de agua mediante los índices biológicos y los índices de contaminación ICO. La segunda etapa correspondió al diseño y ejecución de estrategias didácticas guiada bajo tres fases que fueron *fase preliminar* que consistió en la elección y orientación de los estudiantes, así como la definición de la estación de referencia, la aplicación del cuestionario inicial y el desarrollo de la clase inicial, *fase de trabajo de campo* que consistió en el muestreo, la toma de datos de campo y la toma de fotografías, y por último *fase de trabajo de laboratorio* que consistió en la identificación de las muestras macroinvertebrados bentónicos recolectados, aplicación del cuestionario final.

CONCLUSIONES

La microcuenca del Río Frío, es un recurso hídrico muy importante para el municipio de Campoalegre, debido a que surte el acueducto municipal, por eso, esta corriente se debe priorizar para elaborar los planes de ordenamiento del recurso hídrico, para abordar un manejo integral para la preservación de la calidad, cantidad y preservación de la vida acuática de la microcuenca y así minimizar la contaminación en el cauce, ya que actualmente solo cuenta con la reglamentación de la distribución del caudal, pero cuando el cauce pasa por la bocatoma del acueducto, ubicada en el piedemonte, el nivel del caudal disminuye considerablemente en el periodo seco, por diversos usos que se le dan al agua en la zona baja de la microcuenca.

Asimismo, los resultados del índice BMWP/Col concuerdan con los índices de contaminación ICO, puesto que la calidad del Río Frío obtuvo los mayores puntajes en las estaciones ubicadas antes del casco urbano, indicando generalmente “ligeramente contaminada” (clase II), concordando con los resultados fisicoquímicos e índices de contaminación, al igual que la estación Viso, encontrando “calidad del agua crítica” o clase V. Por el contrario, el ponderado ASPT revela factores de contaminación que no

se registran en los resultados fisicoquímicos, ya que la calidad del agua de este índice oscilo entre la clase III “agua de calidad dudosa” y clase V “aguas de calidad critica”.

Por consiguiente, este comportamiento demostró que las actividades humanas afectan directamente la calidad del agua en todas las estaciones de muestreo, pero los ecosistemas acuáticos ofrecen resistencia ante los factores de contaminación en las estaciones E1, E2, E3 y E4, por el contrario, en la estación E5, la contaminación por las aguas residuales supera la autodepuración que ofrece el río a las condiciones no deseada de contaminación.

Por lo tanto, los resultados bióticos obtenidos a través de las comunidades bentónicas en este estudio demuestran que los macroinvertebrados acuáticos son buenos indicadores de la calidad del agua y que la metodología BMWP/Col es una herramienta fiable y puede ser utilizada para la evaluación ambiental de los sistemas acuáticos, ya que son métodos rápidos y no necesitan muchos costos.

En cuanto a las estrategias didácticas para generar actitudes de conservación en los estudiantes de la Institución educativa Eugenio Ferro Falla es de destacar que durante las clases previas a la salida de campo, los estudiantes tenían una concepción muy restringida en cuanto a la característica y calidad que debe presentar un río, así como la biodiversidad y problemáticas ambientales, ahora podemos afirmar que la gran mayoría de estudiantes al final de la salida de campo y las demás estrategias didácticas tienen una visión más amplia y enriquecida de la importancia de proteger los recursos hídricos, así como conocer las características ideales de un río para mantener la buena calidad del agua y la biodiversidad, principalmente de los macroinvertebrados, dado la relevancia para la bioindicación. El conocimiento de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos es aplicable en el contexto escolar, siendo fortalecido mediante la combinación de estrategias pedagógicas teórico prácticas con acciones lúdicas que fortalecen en los estudiantes temas ambientales contextualizados a su realidad social y ambiental.

INTRODUCCIÓN

Las investigaciones sobre la calidad de agua y el estado ecológico de los afluentes han tenido gran relevancia en las últimas décadas, debido a la gran contaminación derivada del manejo irregular e irresponsable del recurso hídrico, que desencadena consecuencias negativas para el ambiente (WWAP, 2007). Uno de los mayores afectados es el hombre, así como todos los demás seres vivos; por este motivo, es importante investigar sobre el estado de los sistemas hídricos y dar a conocer los trabajos investigativos en el ámbito social, con el fin de estimular actitudes de conservación; en ese sentido, Espejel & Flores, (2012) indican que estas actividades se deben concertar en un trabajo, para relacionar el conocimiento disciplinar con el conocimiento pedagógico, a través de estrategias que fortalezcan el proceso de enseñanza-aprendizaje en la población en general y en particular en escenarios del área de influencia de las instituciones educativas.

De acuerdo con lo anterior, se realiza la presente investigación con el fin de conocer la calidad biológica y los niveles de afectación del Río Frío, a partir de índices biológicos y contaminación que usan macroinvertebrados acuáticos y parámetros fisicoquímicas respectivamente, asimismo, a través de estrategias desarrolladas con estudiantes de secundaria, se buscan alternativas en la enseñanza de la ciencia, que abarcan temáticas ecológicas, biológicas, químicas y físicas, fomentando el conocimiento y actitudes de conservación en los estudiantes hacia la sostenibilidad de los recursos hídricos. Para lograr estas finalidades, se propone la realización de una práctica de campo como estrategia didáctica, dado que según Legarralde *et al.*, (2007) despierta en los estudiantes el interés por el conocimiento, porque interpreta en primera persona las situaciones ambientales y pone en práctica la teoría aprendida en clase, además se aprovecha la naturaleza como escenario principal para desarrollar los procesos de enseñanza-aprendizaje, y así, desarrollar sus sentidos.

El proyecto está dividido en dos etapas que comprenden: primero, el estudio disciplinar basado en la determinación de la calidad biológica del agua y parámetros

fisicoquímicos de uno de los afluentes más dinámicos e importantes del municipio de Campoalegre-Huila y segundo, corresponde a la construcción de una guía de campo a partir del uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua; de esta manera se busca generar actitudes de conservación en los estudiantes del grado undécimo de la Institución Educativa Eugenio Ferro Falla y determinar por medio de programas como el Atlas.ti (análisis cualitativos) y SPSS (análisis cuantitativo) si la salida de campo favorece los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales en los estudiantes Campoalegrunos en torno al Río Frío de su localidad.

El objetivo general de la investigación es determinar la calidad biológica del agua de la microcuenca del Río Frío de Campoalegre a través de macroinvertebrados bentónicos complementado con análisis fisicoquímico que contribuya a generar actitudes de conservación en estudiantes de la educación media de la Institución Educativa Eugenio Ferro Falla; la primera instancia del objetivo corresponde a la colecta de macroinvertebrados bentónicos (estos individuos se caracterizan por ser susceptibles a los cambios ambientales que presenta el sistema) que se encuentran en tres microhábitats asociados al cauce como: arenilla, gravilla y hojarasca, para posterior bioindicación a través de los métodos BMWP/Col, ASPT, EPT, índice de Dípteros e ICOBIO. Seguidamente, la investigación se complementa con los resultados de los análisis fisicoquímicos y los índices de contaminación ICO (ICOMI, ICOSUS, ICOTRO e ICOpH). El Río Frío Campoalegre debe presentar buenos resultados en los distintos índices aplicados, dado que sus aguas surten al acueducto municipal de Campoalegre.

Como segunda instancia, se realizó una práctica de campo con estudiantes de grado undécimo de la Institución Educativa Eugenio Ferro Falla para generar actitudes de conservación, por lo tanto, se visitó con los estudiantes la bocatoma del acueducto municipal, y se siguió la metodología correspondiente a la colecta de macroinvertebrados acuáticos y otras actividades, descritas en la guía de campo. Seguidamente en la fase de laboratorio se aplicaron las TICS mediante dos programas Android (Macroinvertebrados Río Frío y Lupa), para posterior resultado y análisis con los educandos. Los estudiantes que están terminando su educación secundaria, difundan

en sus familias actitudes de conservación para preservar y conservar la calidad de agua, debido a que es fuente de vida y de desarrollo sostenible para el municipio y generaciones venideras.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	xiii
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2 FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA INVESTIGACIÓN.....	5
2. ANTECEDENTES.....	6
2.1 USO DE MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES.....	6
2.2 USO DE MACROINVERTEBRADOS COMO HERRAMIENTA DIDÁCTICA.....	6
3. JUSTIFICACIÓN.....	14
4. OBJETIVOS.....	18
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	18
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
5. MARCO TEÓRICO.....	19
5.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	19
5.1.1 Microcuenca Río Frío.....	19
5.1.2 Localización Geográfica.....	20
5.1.3 Parámetros Climáticos.....	21
5.1.4 Zonas de vida.....	22
5.1.5 Erosión.....	23
5.1.6 Capacidad de usos de suelo.....	23
5.1.7 Usos y actividades.....	25
5.2 CALIDAD DE AGUA.....	25
5.2.1 Parámetros fisicoquímicos.....	25
5.2.1.1 Índices de contaminación (ICO).....	26
5.2.2 Parámetros biológicos.....	28
5.2.2.1 Macroinvertebrados acuáticos.....	28
5.2.2.2 Macroinvertebrados y su uso como bioindicadores.....	28
5.2.2.3 Características de los macroinvertebrados.....	29
5.2.3 Índices biológicos.....	29
5.2.3.1 Índices BMWP/Col.....	30
5.2.3.2 Índice ASPT.....	31
5.2.3.3 Índice EPT.....	31

5.2.3.4	Índice de Dípteros.	32
5.2.3.5	Índices de Contaminación Biótica.	32
5.3	ACCIÓN PEDAGÓGICA.	32
5.3.1	Lineamientos curriculares de Ciencias Naturales y educación ambiental.	33
5.3.2	Estándares básicos de Ciencias Naturales y educación ambiental.	33
5.3.3	Derechos básicos de Aprendizaje en las Ciencias Naturales	34
5.3.4	Educación Ambiental.	34
5.3.5	Práctica de Campo.	36
5.3.6	Utilización de los Macroinvertebrados como herramienta didáctica.	36
5.3.7	Tecnologías móviles en la educación.	37
6.	METODOLOGÍA.	38
6.1	ÁREA DE ESTUDIO.	38
6.1.1	Localización estaciones de muestro	39
6.1.2	Institución Educativa Eugenio Ferro Falla.	40
6.2	ALCANCE DEL ESTUDIO.	40
6.3	TIPO DE INVESTIGACIÓN.	41
6.4	ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN.	42
6.5	MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN.	44
6.6	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.	46
6.6.1	Técnica de recolección en Ecología.	46
6.6.2	Técnica de recolección en la Educación.	48
6.7	ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN.	49
6.7.1	ETAPA 1: DETERMINACIÓN CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA.	50
6.7.1.1	Fase I: Reconocimiento de los sitios de muestreo.	50
6.7.1.2	Fase II: Métodos y procedimientos para el muestreo.	55
6.7.1.2.1	Toma de datos hidrológicos y ambientales.	55
6.7.1.2.2	Toma de datos fisicoquímicos.	56
6.7.1.2.3	Muestreo de macroinvertebrados bentónicos.	56
6.7.1.3	Fase III: Análisis de datos.	57
6.7.1.3.1	Análisis de datos fisicoquímico.	57
6.7.1.3.2	Análisis y determinación taxonómica de macroinvertebrados.	59
6.7.1.3.3	Análisis de datos para determinación de índices bióticos.	60
6.7.2	ETAPA 2: INTERVENCIÓN DIDÁCTICA.	60

6.7.2.1	Metodología para la caracterización de macroinvertebrados.....	61
6.7.2.1.1	Fase preliminar.....	61
6.7.2.1.2	Fase de obtención de información en campo.....	62
6.7.2.1.3	Fase de laboratorio.	62
7.	RESULTADOS	63
7.1	DESCRIPCIÓN DE LOS HÁBITATS EN EL RÍO FRÍO.....	63
7.2	CARACTERIZACIÓN PARÁMETROS HIDROLÓGICOS.....	65
7.3	RESULTADOS DE PARAMETROS FISICOQUIMICOS.	67
7.3.1	Temperatura.....	71
7.3.2	pH, alcalinidad y dureza.	72
7.3.3	Oxígeno Disuelto.	74
7.3.4	Conductividad.	75
7.3.5	Sólidos.	76
7.3.6	Turbidez.	77
7.3.7	Fosforo Total.	78
7.4	ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN ICO.	79
7.5	ABUNDANCIA DE LAS FAMILIAS ENCONTRADAS.....	82
7.6	ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS MACROINVERTEBRADOS.....	85
7.6.1	Orden Diptera.	86
7.6.2	Orden Ephemeroptera.	88
7.6.3	Orden Trichoptera.....	90
7.6.4	Orden Coleoptera.	92
7.6.5	Orden Odonata.	93
7.6.6	Orden Megaloptera.	94
7.6.7	Orden Plecoptera.....	95
7.6.8	Otros grupos taxonómicos.....	96
7.7	ÍNDICES ECOLÓGICOS.	97
7.7.1	Calidad biológica de las aguas del Río Frío de Campoalegre.	97
7.7.1.1	Índice BMWP/Col y su ponderado ASPT.....	97
7.7.1.2	Índice EPT	103
7.7.1.3	Índice de Dípteros	106
7.7.1.4	ICOBIO	108
7.8	ETAPA DIDÁCTICA.....	109

7.8.1	Análisis Cualitativo.....	109
7.8.1.1	Concepciones en el cuestionario inicial.....	109
7.8.1.2	Estrategias para fomentar actitudes de conservación ambiental.....	121
7.8.1.3	Clase Previa, introducción a las temáticas.....	123
7.8.1.4	Clase de desarrollo, salida de campo.....	124
7.8.1.5	Clase Final. Fase de laboratorio.....	126
7.8.1.6	Comparación de las concepciones.....	128
7.8.2	Análisis Cuantitativo.....	141
7.8.2.1	Hipótesis del investigador.....	141
7.8.2.2	Determinación del nivel de significancia ALFA.....	141
7.8.2.3	Resultados arrojados.....	141
7.8.2.4	Análisis estadístico.....	143
7.8.3	Material educativo.....	143
8.	ANÁLISIS.....	144
9.	CONCLUSIONES.....	157
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	161

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Antecedentes sobre los macroinvertebrados como bioindicadores.	7
Tabla 2. Antecedentes sobre los macroinvertebrados y su contribución a la enseñanza.....	11
Tabla 3. Capacidad de uso de suelos de cada vereda.	24
Tabla 4. Puntajes de familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col.	30
Tabla 5. Localización geográfica de las estaciones de muestreo.	39
Tabla 6. Zonificación ambiental de las estaciones de muestreo.....	50
Tabla 7. Índices de contaminación evaluados en Río Frío.	58
Tabla 8. Valoración de calidad del hábitat de Río Frío Campoalegre.	65
Tabla 9. Parámetros hidrológicos de Río Frío en el periodo de lluvias.	65
Tabla 10. Parámetros hidrológicos de Río Frío en el periodo intermedio.....	65
Tabla 11. Parámetros hidrológicos de Río Frío en el periodo seco.	66
Tabla 12. Estadísticos Descriptivos para los datos de caudal analizados.....	66
Tabla 13. Parámetros fisicoquímicos de Río Frío del primer periodo de muestreo.....	68
Tabla 14. Parámetros fisicoquímicos de Río Frío del segundo periodo de muestreo.	68
Tabla 15. Parámetros fisicoquímicos de Río Frío del tercer periodo de muestreo.....	69
Tabla 16. Estadísticos descriptivos de las variables fisicoquímicas de Río Frío.....	69
Tabla 17. Índices de contaminación promedio de los periodos de muestreo en el Río Frío.....	79
Tabla 18. Abundancia de Familias de Macroinvertebrados acuáticos del Río Frío.	83
Tabla 19. Órdenes de macroinvertebrados acuáticos encontrados en el Río Frío.	86
Tabla 20. Macroinvertebrados en la estación Esmero y puntaje BMWP/Col y ASPT	98
Tabla 21. Macroinvertebrados en la estación Pavas y puntaje BMWP/Col y ASPT	99
Tabla 22. Macroinvertebrados en la estación Palmar y puntaje BMWP/Col y ASPT	100
Tabla 23. Macroinvertebrados en la estación Piravante y puntaje BMWP/Col y ASPT	101
Tabla 24. Macroinvertebrados en la estación Viso y puntaje BMWP/Col y ASPT	102
Tabla 25. Índice EPT para cada periodo y estación de muestreo.	104
Tabla 26. Índice de Dípteros para cada periodo y estación de muestreo.....	106
Tabla 27. Índice biológico ICOBIO en el Río Frío Campoalegre	108
Tabla 28. Matriz de marco lógico en la educación ambiental dirigida a población escolar.	121
Tabla 29. Comparación de las tendencias en la subcategoría características del río.	128
Tabla 30. Comparación de las tendencias en la subcategoría problemáticas ambientales.	130
Tabla 31. Comparación de las tendencias en la subcategoría estrategias.	132
Tabla 32. Comparación de las tendencias en la subcategoría calidad de agua	134
Tabla 33. Comparación de las tendencias en la subcategoría problemáticas ambientales.	135
Tabla 34. Comparación de las tendencias en la subcategoría parámetros fisicoquímicos.....	137
Tabla 35. Comparación de las tendencias en la subcategoría biodiversidad.....	140
Tabla 36. Test de Shapiro-Wilk para el Pre-test y Post-test.	142
Tabla 37. Estadísticas de muestras emparejadas para los valores de pre y post-test.	142
Tabla 38. Prueba de muestras emparejadas para los valores del cuestionario inicial y final ..	143

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la microcuenca del Río Frío en el municipio de Campoalegre.....	20
Figura 2. Precipitación Media Mensual Multianual (mm)	21
Figura 3. Localización de las estaciones de muestreo en la microcuenca Río Frío.	39
Figura 4. Esquema del diseño exploratorio secuencial (DEXPLOS).....	46
Figura 5. Estación Esmero (Zona alta montaña).	53
Figura 6. Estación Pavas (Zona alta montaña).....	53
Figura 7. Estación Palmar (Media montaña).....	54
Figura 8. Estación Piravante (Zona baja).....	54
Figura 9. Estación Viso (Zona baja).	54
Figura 10. Trabajo de Campo en Río Frío de Campoalegre.....	57
Figura 11. Trabajo de laboratorio.	59
Figura 12. Caudal de las estaciones de muestreo en el Río Frío de Campoalegre.	66
Figura 13. Resultados fisicoquímicos evaluados para la temporada de lluvia.	70
Figura 14. Resultados fisicoquímicos evaluados para la temporada intermedia.	70
Figura 15. Resultados fisicoquímicos evaluados para la temporada seca.....	70
Figura 16. Variación de la temperatura del agua en el Río Frío de Campoalegre.....	71
Figura 17. Variación del pH en el Río Frío Campoalegre.	73
Figura 18. Variación de Dureza Total en el Río Frío Campoalegre.....	73
Figura 19. Variación de la Alcalinidad Total en el Río Frío Campoalegre.....	74
Figura 20. Variación del Oxígeno Disuelto Total en el Río Frío Campoalegre.	75
Figura 21. Variación de Conductividad en el Río Frío Campoalegre.	76
Figura 22. Valores de los sólidos disueltos, suspendidos y totales en el Río Frío.	76
Figura 23. Valores de la turbidez en el Río Frío Campoalegre.	77
Figura 24. Valores de Fosforo total en las estaciones de muestreo en el Río Frío.	78
Figura 25. Promedio Índice de contaminación en las cinco estaciones.	80
Figura 26. Índice de Contaminación por pH (ICOpH) en el Río Frío.	80
Figura 27. Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI) en el Río Frío.....	81
Figura 28. Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS) en el Río Frío.....	82
Figura 29. Proporción por cada orden de Macroinvertebrados	85
Figura 30. Dípteros colectados en el Río Frío de Campoalegre.	87
Figura 31. Familias representativas de Diptera en el Río Frío de Campoalegre.	88
Figura 32. Efemerópteros colectados en el Río Frío de Campoalegre.	89
Figura 33. Familias representativas de Ephemeroptera en el Río Frío de Campoalegre.....	90
Figura 34. Tricópteros colectados en el Río Frío de Campoalegre.....	91
Figura 35. Familias representativas de Trichoptera en el Río Frío de Campoalegre.	91
Figura 36. Coleópteros colectados en el Río Frío de Campoalegre.	92
Figura 37. Familias representativas de Trichoptera en el Río Frío de Campoalegre.	93
Figura 38. Odonatos colectados en el Río Frío de Campoalegre	94
Figura 39. Familias representativas de Odonatos en el Río Frío de Campoalegre.	94
Figura 40. Megalóptero colectado en el Río Frío de Campoalegre.....	94
Figura 41. Familia Megaloptera colectada en estaciones del Río Frío de Campoalegre.	95

Figura 42. Plecóptero colectado en el Río Frío de Campoalegre.....	95
Figura 43. Familia Plecoptera colectada en estaciones del Río Frío de Campoalegre.	96
Figura 44. Clase Insecta menos abundante.....	96
Figura 45. Otros macroinvertebrados colectados en el Río Frío de Campoalegre	97
Figura 46. Comparación de todas las estaciones en cuanto al método BMWP/Col.....	103
Figura 47. Comparación de todas las estaciones en cuanto al método ASPT.	103
Figura 48. Comparación de todas las estaciones en cuanto al método EPT.....	105
Figura 49. Índice de Dípteros en los diferentes periodos y estaciones de muestreo.....	107
Figura 50. Índice biológico ICOBIO en el Río Frío Campoalegre.....	109
Figura 51. Subcategorías encontradas en el cuestionario inicial.	110
Figura 52. Tendencia del cuestionario inicial. Subcategoría Característica del río.	110
Figura 53. Tendencia del cuestionario inicial. Subcategoría Problemáticas ambientales.	112
Figura 54. Tendencia del cuestionario inicial. Subcategoría Estrategias.	114
Figura 55. Tendencia del cuestionario inicial. Subcategoría Calidad de agua.....	115
Figura 56. Tendencia del cuestionario inicial. Subcategoría Procedimientos.	117
Figura 57. Tendencia del cuestionario inicial. Subcategoría Parámetros fisicoquímicos.	118
Figura 58. Tendencia del cuestionario inicial. Subcategoría Biodiversidad.	120
Figura 59. Clase previa compuesta por tres horas.	124
Figura 60. Salida de campo.	125
Figura 61. Clase de cierre.....	127

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

En los últimos años con el crecimiento demográfico y el aumento de la industrialización sin respetar los límites ambientales se afectan negativamente los recursos hídricos a nivel mundial, asimismo, esta situación se evidencia en Colombia con la contaminación y disminución paulatina de su reserva hidrográfica; por eso, es necesario conocer, conservar y proteger las fuentes hídricas sobre las cuales se sustenta la vida y el desarrollo sostenible del país. De acuerdo con (IANAS-UNESCO, 2015) muchos departamentos de la nación no poseen un buen manejo de los residuos orgánicos y sustancias químicas que generalmente se depositan en los ríos, por lo que es prioritaria investigar este fenómeno sobre todo en las fuentes hídricas abastecedoras del recurso para diversas zonas de uso y ocupación humana, para lo cual la determinación de parámetros fisicoquímicos y biológicos permite consolidar estudios sobre los cuales se basa la planificación y gestión ambiental e integral a nivel territorial.

Las corrientes hídricas en Colombia son vigiladas por Corporaciones Autónomas Regionales, del tal forma que centran esfuerzos para preservar la sostenibilidad de los afluentes (Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible, 2017); en efecto, una de las formas para cumplir este objetivo es con el análisis de la calidad del agua con la intención de que las condiciones biológicas, químicas y físicas sean las ideales para la preservación y desarrollo de la vida acuática. Sin embargo, muchos de los monitoreos a los afluentes se basan principalmente en pruebas fisicoquímicas, que aportan resultados momentáneos sobre el estado del agua que en consecuencia pueden variar con el tiempo por la presencia de actividades antrópicas, caracterizada por verter a los ríos diferentes tipos de contaminantes; por esta razón, es primordial aplicar metodologías que no arrojen resultados ocasionales, sino que den un panorama más íntegro acerca de la calidad de agua que se presenta a través del tiempo. (Alba-Tercedor, 1996; Lozano, 2005; Paredes *et al.*, 2005 y Barba-Álvarez, 2013).

Con relación a lo anterior, actualmente se vienen aplicando cada vez con más asiduidad y continuidad metodologías no solo basadas en datos fisicoquímicos, sino también, se tiene en cuenta las interacciones ecológicas organismo-entorno. Alba-Tercedor (1996) indica que los organismos vivos que habitan en los cursos del agua presentan adaptaciones evolutivas a unas determinadas condiciones ambientales, y presentan límites de tolerancia a las diferentes alteraciones de estas. Un ejemplo de organismos susceptibles a los cambios ambientales son los macroinvertebrados acuáticos, considerados en la actualidad como uno de los mejores bioindicadores de la calidad biológica del agua debido a su tamaño, amplia distribución y adaptación a diferentes variables fisicobióticas, que responden rápidamente a las variaciones de tipo ambiental Lozano, (2005); estos organismos se llaman macro porque según Carrera & Fierro, (2001) son grandes, puesto que miden entre 2 milímetros y 30 centímetros, invertebrados porque no tienen huesos, y acuáticos porque viven en los lugares con agua dulce.

En cuanto a los recursos hídricos el departamento del Huila, la Gobernación del Huila, (2009) declara que la región cuenta con uno de los sistemas hidrográficos más activos del país; en los límites con el departamento del Cauca se encuentra el Macizo Colombiano y es conocido como la estrella fluvial de Colombia, allí tienen lugar el nacimiento de la principal arteria fluvial del país (Río Magdalena), además, cabe resaltar que en el macizo Colombiano nacen ríos de gran importancia nacional (Río Cauca, Río Putumayo, Río Caquetá y el Río Patía); por otro lado, el Huila cuenta con otra zona de gran importancia regional denominada la estrella hidrográfica del Huila “La Siberia”, allí nacen importantes ríos de impacto departamental sobre todo la zona centro norte como lo son: el Río Las Ceibas, Río Neiva, Río Balsillas, Río Frío Campoalegre y Río Frío Rivera.

Para el municipio de Campoalegre ubicado en el departamento del Huila, uno de los afluentes con mayor dinámica e importancia es el Río Frío. Los habitantes aprovechan el recurso hídrico para distintas actividades como: el abastecimiento del acueducto municipal, riego para cultivos (predomina el café en la zona alta, cacao en la

zona media y arroz en la zona baja), actividad pecuaria, piscicultura, entre otros (SERCOIN, 2015). Con el fin de usar metodologías basados en el uso de los macroinvertebrados acuáticos y su uso como bioindicadores de la calidad biológica del agua, se busca evaluar el impacto ambiental o contaminación en el Río Frío, asimismo se busca complementar los resultados con pruebas fisicoquímicas.

Además del tipo de investigación disciplinar donde se va a determinar la calidad biológica y fisicoquímica de Río Frío a partir de índices de contaminación, estos estudios deben complementarse a nivel social, porque en última instancia, son los seres humanos quienes deterioran el medio ambiente y los recursos hídricos; por eso, a través de la juventud se puede generar cambios para poder conservar y proteger los recursos hídricos, de forma tal que los ríos y quebradas sean sostenibles; Rueda & López (2003) plantean que la labor de evaluación de la calidad de sus aguas puede incluirse como proyecto educativo en la enseñanza secundaria, y es de suma importancia para concientizar, evaluar y realizar un seguimiento y controlar un recurso tan imprescindible como el agua.

Por consiguiente, en el ámbito educativo, se trabajó con el grado undécimo de la Institución Educativa Eugenio Ferro Falla, la cual permite diseñar actividades lúdico-pedagógicas para los estudiantes. Jiménez *et al.*, (2009), declara que la importancia de trabajos prácticos en el aula y fuera de ella se ve reflejado en las respuestas activas de los estudiantes cuando el profesor planifica actividades no meramente expositivas. Por lo tanto, es conveniente aplicar actividades fuera del aula donde los estudiantes interaccionen con el medio que los rodea, además aprovechen los espacios acordes a la investigación como lo es el Río Frío de Campoalegre.

Asimismo, en el proceso educativo una problemática de la enseñanza-aprendizaje de la biología, según Castro y Valbuena (2007) son los contenidos que se deben enseñar en la escuela, dado el vasto universo que está implícito en la Biología, discriminar qué es lo esencial en ella resulta bastante complicado; para ello, se puede abordar esta cuestión mediante dos criterios: la clasificación de los seres vivos y la característica que

lo identifica; por otra parte, según Amórtegui y Correa (2012), el conocimiento biológico escolar emerge a partir de la integración y transformación de la Biología, la didáctica, el conocimiento del profesor y de los estudiantes, por eso, se tienen que integrar los contextos científicos y escolar mediante experimentación biológica, práctica de campo, entre otros.

No obstante, con el propósito que los estudiantes adopten actitudes de conservación se deben formular estrategias de acuerdo con las necesidades de los ecosistemas y el beneficio de las comunidades, para ello, todos tienen que comprometerse a tener actitudes hacia la conservación. Barón (2014) confirma que la escuela es una de las instituciones académicas en donde se construyen y entretienen saberes que forman seres humanos críticos y responsables, capaces de pensar y actuar por sí mismos, no solo mediante la enseñanza de conocimientos, sino también mediante la creación y fortalecimiento de actitudes que forjan las sociedades venideras. Una de las estrategias significativas son la salida de campo, cuya importancia radica en que los estudiantes aprenden en un entorno natural, donde desarrollan la curiosidad por aprender y la habilidad en la observación de los fenómenos naturales, además, son una herramienta fundamental para el profesor como estrategia de enseñanza.

Mendieta & Gutiérrez (2014), afirman que la problemática de generar actitudes de conservación es muy compleja, sin embargo, la Educación Ambiental se vislumbra como uno de los procesos llamados a la consolidación de las mismas, la cual generan herramientas metodológicas centradas en la adopción de actitudes frente al entorno que nos rodea, con el fin de modificar el comportamiento de la persona en su dimensión cognitiva y afectiva, por lo que es claro, el cambio de conductas y comportamientos no es un hecho fácil ni mucho menos espontáneo, debido a los problemas sociales, políticos, económicos y ambientales a nivel mundial, sino que avanza como parte de una intención colectiva que entiende que sobre toda actuación sobrevienen repercusiones, y que evidencia la necesidad de modificar hábitos a fin de re-significar las relaciones del ser humano con su ambiente.

1.2 FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA INVESTIGACIÓN

- ¿Cuál es la calidad del agua del Río Frío de Campoalegre según los macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores y las pruebas fisicoquímicas?
- ¿Cómo contribuye el desarrollo de una salida de campo para el estudio de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores, en la generación de actitudes de conservación en estudiantes del grado undécimo de la Institución Educativa Eugenio Ferro Falla del municipio Campoalegre, Huila?

2. ANTECEDENTES

A continuación, se presentan estudios y trabajos relacionados con el uso de macroinvertebrados acuáticos como Bioindicadores de la calidad de agua, asociados a los cauces de los ríos que se pueden tomar como referentes para el presente estudio, además las estrategias didácticas en base a estos organismos para difundir conocimientos ambientales y generar actitudes de conservación en la población escolar.

2.1 USO DE MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES

El uso de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad de agua se remonta a los siglos XIX y XX con el desarrollo del índice saprobio en Alemania, por Kolkwitz & Marsson en el año de 1908-1909 y se basa en la tolerancia a la contaminación de la especie indicadoras, asimismo, los “índices bióticos”, siendo el más conocido el BMWP (Biological Monitoring Working Party), desarrollado en 1970 en Inglaterra, el cual consiste en una puntuación a la familia de macroinvertebrados tolerantes e intolerantes a la contaminación (Roldán-Pérez, 1999); por otro lado, en Latinoamérica, los índices biológicos son muy utilizados para determinar la calidad de agua, adaptada a la fauna que se encuentra en esta región, pero la búsqueda de información sobre este tema es muy limitada. En la Tabla 1. se presenta los antecedentes a nivel internacional, nacional y regional del uso de macroinvertebrados como bioindicadores.

2.2 USO DE MACROINVERTEBRADOS COMO HERRAMIENTA DIDÁCTICA.

(Rueda & López, 2003) proponen que para poder mejorar en el futuro la calidad de las aguas, la educación debe jugar un papel fundamental y es muy necesario fomentar entre nuestro alumnado conocimientos relacionados con la conservación, mejora y uso sostenible del agua dulce, por esta razón en la Tabla 2. se presentan estudios y trabajos relacionados con el uso de macroinvertebrados como herramienta didáctica.

Tabla 1.

Antecedentes sobre el uso de los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua.

NIVEL	AUTORES	PRINCIPALES OBJETIVOS	ASPECTOS METODOLÓGICOS	PRINCIPALES HALLAZGOS
I N T E R N A C I O N A L	Oscoz, Leunda, Miranda y Escala. (2005)	Análisis de la evolución estacional de la calidad del agua del río Erro (Navarra), mediante los índices bióticos IBMWP y IASPT, y varios parámetros fisicoquímicos.	Estudio de la calidad de agua del río Erro mediante los índices IBMWP y IASPT y varios parámetros fisicoquímicos.	Los índices bióticos el río Erro tuvieron aguas de calidad buena o muy buena. A pesar de que se encontraron algunas alteraciones puntuales por obras en el cauce o cerca de núcleos urbanos, la capacidad de autodepuración del río Erro hacía que éstas fueran mínimas y muy localizadas. La alta calidad biológica hallada en el río hace que gran parte de los tramos estudiados en este río puedan ser utilizados en el futuro como tramos de referencia para ecorregiones similares.
	Paredes, Iannacone y Alvariño. (2005)	Analizar la composición faunística, riqueza de familia y calidad de agua con base en el índice Biological Monitoring Working Party modificado (BMWP´modf.) en el río Rímac.	Determinación de la composición faunística y calidad de agua mediante el (BMWP´modf.).	Se registraron 35 taxa de macroinvertebrados bentónicos y aguas abajo de esta afluente tenía calidad crítica o aguas muy contaminadas, con un puntaje (BMWP´modf.) de 29 puntos y de los análisis fisicoquímicos evaluados, la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) indico efectos de perturbación en el ecosistema acuático.
	Figueroa, Valdovinos, Araya y Parra. (2003)	Analizar la distribución espacial de la macrofauna bentónica en la cuenca y determinar la viabilidad de utilizar el Índice Biótico de Familias (IBF) para evaluación de la calidad de las aguas.	Determinación de la composición faunística y calidad de agua mediante el IBF.	Se observó una marcada tendencia a la disminución de riqueza específica desde la cabecera de la cuenca hacia aguas abajo, y se encontró que las abundancias, biomاسas y el IBF, presentaron una tendencia inversa a la riqueza específica. Sugieren que el IBF es un buen indicador de la calidad de las aguas de los ríos de cuencas agrícolas y ganaderas del sur de Chile.

Tabla 1. Antecedentes sobre el uso de los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua (continuación)

NIVEL	AUTORES	PRINCIPALES OBJETIVOS	ASPECTOS METODOLÓGICOS	PRINCIPALES HALLAZGOS
N A C I O N A L	CORTOLIMA y grupo de investigación de zoología Universidad de Tolima (2008)	Caracterizar la comunidad de Macroinvertebrados acuáticos en la cuenca del Río Lagunillas y en algunos de sus tributarios.	Determinación de la composición y características de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos	Desarrollo de inventarios faunísticos que permitan conocer la composición taxonómica de las comunidades, con el fin de analizar esta información junto con la obtenida de otros parámetros de los cuerpos de agua (por ejemplo variables fisicoquímicas), y así, determinar la calidad del agua en términos de potabilidad y de estado ecológico, esto con el fin de establecer las bases para una futura aplicación de estos organismos como bioindicadores de la calidad de los cuerpos de agua del departamento.
	Hernández y Ramírez (2016)	Evaluar la calidad del agua para el consumo humano, de acuerdo con estándares nacionales e internacionales de calidad, (Decreto 1594 de 1984) y la OMS (1996) para destinación como recurso para el consumo humano	Determinación de los índices de contaminación (ICO/Col), índice de calidad biológica BMWP modificado para Colombia y su ponderado ASPT	Los tramos evaluados, es apta para un tratamiento convencional para potabilización, sin embargo, con base en lo expresado en el artículo 42 (Decreto 1594 de 1984) y los resultados de los análisis microbiológicos, el Río Algodonal presenta restricciones para fines recreativos de contacto primario.
	Guerrero, Manjarrés y Núñez. (2003)	Estudiar algunos parámetros fisicoquímicos y las comunidades bénticas de macroinvertebrados bentónicos presentes en el sector de Pozo Azul (Cuenca del río Gaira, Colombia).	Determinación de la estructura de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y calidad de agua mediante el BMWP, adaptado por la Universidad del Valle.	El agua se caracterizó por estar saturada de oxígeno y por la ausencia de compuestos intermedios de la estabilización de la materia orgánica como nitritos y amonio, lo cual, se estableció para este caso un agua de óptima calidad y oligosaprobita, estado alcanzado luego de la estabilización frente a pesquerías alteraciones inducidas por las actividades del cultivo del café en la zona.

Tabla 1. Antecedentes sobre el uso de los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua (continuación)

NIVEL	AUTORES	PRINCIPALES OBJETIVOS	ASPECTOS METODOLÓGICOS	PRINCIPALES HALLAZGOS
R E G I O N A L	Sánchez y León. (2004)	Interpretar la calidad ambiental del río y de su biodiversidad, esencialmente de invertebrados y peces, cuyas actividades se pueden integrar en una visión general de la dinámica característica de ese ecosistema acuático.	Determinación de la calidad ambiental del río mediante índice BMWP e índices de contaminación como el ICOMI, ICOMO, ICOSUS e ICOTRO.	Analizaron aspectos de calidad de agua y composición e interacciones de la fauna acuática, principalmente invertebrados y peces que aprovechan las partículas orgánicas transportadas por el agua, encontrando que la calidad ambiental puede considerarse aceptable, pero existen limitaciones para algunos usos.
	Moreno, Trujillo y Murcia. (2015)	Evaluar el efecto de las actividades antrópicas sobre los macroinvertebrados que habitan en el afluente del canal La ovejera, como un mecanismo que permita adoptar políticas de mitigación para evitar el deterioro del medio ambiente.	Evaluación de la calidad del agua mediante el método BMWP/Col, en el afluente y efluente de un canal.	El efecto de las actividades antrópicas sobre las comunidades de macroinvertebrados que habitan en el afluente y efluente del canal La ovejera en la cual encontró una calidad de agua limpia en el afluente y calidad medianamente contaminada en el efluente, empleando el índice BMWP´Col, sugiriendo que las actividades antropogénicas están afectando las comunidades de macroinvertebrados y alterando el equilibrio ecológico.
	Suarez. (2016)	Determinar la calidad del agua de la microcuenca de la quebrada La Cruz a través de macroinvertebrados bentónicos complementado con análisis fisicoquímico.	Determinación de la calidad de agua mediante macroinvertebrados bentónicos y el BMWP/Col.	Teniendo en cuenta los parámetros fisicoquímicos y biológicos obtenidos, ambos coinciden en demostrar que la calidad del agua de la quebrada La Cruz se encuentra en buenas condiciones, lo que permitió hallar una gran cantidad de familias, lo cual muestra la riqueza de la fauna bentónica acuática con la que se cuenta en la actualidad.

Tabla 1. Antecedentes sobre el uso de los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua (continuación)

NIVEL	AUTORES	PRINCIPALES OBJETIVOS	ASPECTOS METODOLÓGICOS	PRINCIPALES HALLAZGOS
R E G I O N A L	León, (2014)	Establecer la composición y estructura de macroinvertebrados bentónicos y la calidad del agua de la microcuenca de la quebrada Los Micos.	Establece la composición de macroinvertebrados bentónicos y calidad biológica del agua mediante diferentes índices biológicos.	La presente investigación se orientó a establecer la composición de macroinvertebrados bentónicos y calidad biológica del agua de la microcuenca de la quebrada Los Micos, mediante identificación taxonómica y determinación de atributos ecológicos de dichos organismos, así como un análisis de variables fisicoquímicas y bacteriológicas.
	Gutiérrez, (2017)	Determinar la biodiversidad de las familias de macroinvertebrados acuáticos en 8 ambientes lóticos del Norte del Huila, que contribuya a su conocimiento general y preservación.	Estudio de la ecología de macroinvertebrados mediante muestreo, procesamiento y determinaciones taxonómicas en laboratorio	Para el norte del Huila se registraron 58 familias, agrupadas en 17 órdenes y 7 clases. Los resultados de este estudio dejan evidenciar que el Huila hospeda una inmensa diversidad de macroinvertebrados acuáticos, por lo que se hace necesario un mayor estudio en el departamento con el fin de ampliar el conocimiento taxonómico, ecológico y aplicado a la capacidad bioindicadora de estos organismos.

Tabla 2.

Antecedentes sobre el uso de los macroinvertebrados y su contribución a la enseñanza.

NIVEL	AUTORES	PRINCIPALES OBJETIVOS	ASPECTOS METODOLÓGICOS	PRINCIPALES HALLAZGOS
I N T E R N A C I O N A L	Ladrera, Rieradevall y Prat. (2013)	Repasar conceptos básicos sobre macroinvertebrados, indicadores biológicos, gestión de los recursos acuáticos y describir los principales materiales y programas existentes al respecto en la Península Ibérica. Se proponen ideas que mejoren la utilización de esta herramienta didáctica.	Revisión bibliográfica acerca de utilización de los macroinvertebrados como herramienta didáctica y algunos conceptos básicos.	La utilización de macroinvertebrados acuáticos en la educación secundaria presenta una serie de aplicaciones que la convierten en una herramienta didáctica de gran interés y potencial. El profesorado dispone de diversos materiales y programas educativos que le permiten y facilitan la utilización de esta herramienta en las aulas, pero se debe seguir trabajando en este tema, fundamentalmente en lo que se refiere a mejora y adaptación de los materiales existentes, formación del profesorado y coordinación de programas.
	Rueda & López. (2003)	Elaborar una sencilla clave de determinación de macroinvertebrados acuáticos, con la intención de facilitar la labor de los docentes y estudiantes de enseñanza secundaria.	Propuesta de una clave de determinación de los macroinvertebrados acuáticos para valorar la calidad de agua de los ríos.	Para utilizar índices de calidad utilizando macroinvertebrados acuáticos, se necesitan diferentes claves para su determinación, terminología científica y tras diez años de acumulación de información sobre el tema, elaboraron una sencilla clave de determinación de los macroinvertebrados para la enseñanza en secundaria.
	Darrigran, G., Vilches, A., Legarralde, T y Damborenea, C. (2007)	Diseñar metodologías de campo y laboratorio utilizando cálculos numéricos y análisis estadísticos.	Desarrollar estrategias para los análisis estadísticos evitando dificultades en el estudio de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos.	Las observaciones de campo provocan preguntas acerca del funcionamiento de la naturaleza. Muchas veces sólo es posible responderlas realizando un estudio en el campo, por ello, el muestreo de macroinvertebrados tiene que estar cuidadosamente planeado para que se pueda realizar una comprobación estadística de los resultados.

Tabla 2. Antecedentes sobre el uso de los macroinvertebrados y su contribución a la enseñanza (continuación).

NIVEL	AUTORES	PRINCIPALES OBJETIVOS	ASPECTOS METODOLÓGICOS	PRINCIPALES HALLAZGOS
N A C I O N A L	Moreno, F. (2012)	Realizar un análisis reflexivo, didáctico y teórico sobre la limnología y su implicación ambiental en el estudio de ecosistemas acuáticos.	Realización de un manual guía del docente para el estudio limnológico de ecosistemas acuáticos a través de las salidas de campo	Después de valorar las razones más frecuentes por las cuales las salidas de campo no se realizan con frecuencia, se encontró que el profesorado identifica los aspectos logísticos como obstáculos que lo desmotivan a realizarlas. Por esta razón, el manual incluye una serie de recursos que lo orientaran en la realización de estas prácticas de campo en forma sencilla. Además, algunos de estos recursos están disponibles en formatos fotocopiables.
	Cañon, (2015)	Diseñar un Programa Guía de Actividades (PGA) dirigido a los estudiantes del colegio departamental Sergio Camargo para la comprensión del concepto de bioindicación en un río de alta montaña.	Diseño de un material didáctico que favorezca un aprendizaje significativo del concepto bioindicación.	La organización y estructuración de las diferentes actividades propuestas en los módulos del PGA, permitió profundizar y ampliar el conocimiento disciplinar, pedagógico y didáctico de conceptos relacionados con la ecología, también contribuyó a afianzar la importancia de la planeación y como se interrelaciona un concepto estructurante como la bioindicación con otros conceptos trabajados en las ciencias.
	Morales, N. (2011)	Diseñar y ejecutar una propuesta metodológica para construir el concepto de bioindicador a partir del ciclo de indagación guiada con macroinvertebrados bentónicos.	Propuesta de una unidad temática a través del modelo didáctico de indagación.	Uno de los conceptos construido por los estudiantes fue el de bioindicador como organismo que se puede estudiar para determinar el nivel de contaminación de un ecosistema. Este trabajo demuestra la importancia de la implementación de nuevos enfoques en la enseñanza de las ciencias naturales.

Tabla 2. Antecedentes sobre el uso de los macroinvertebrados y su contribución a la enseñanza (continuación).

NIVEL	AUTORES	PRINCIPALES OBJETIVOS	ASPECTOS METODOLÓGICOS	PRINCIPALES HALLAZGOS
R E G I O N A L	León, V (2014)	Realizar actividades de educación ambiental teórico práctica dirigida a la comunidad escolar asentada en la micro-cuenca de la quebrada Los Micos.	Contribución en la formación ambiental para la conservación del recurso hídrico.	El conocimiento de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos es aplicable en el contexto escolar, siendo fortalecido mediante la combinación de estrategias pedagógicas teórico prácticas con acciones lúdicas que fortalecen en los estudiantes temas ambientales contextualizados a su realidad social y ambiental.
	Suarez, L. (2016)	Diseñar y aplicar estrategias de sensibilización ambiental realizables en el tiempo de ejecución de la investigación dirigida a los estudiantes del grado 1107 de la Institución Educativa Técnico Superior de Neiva.	Cronograma de actividades para sensibilizar a la población escolar sobre el cuidado del medio ambiente.	A través de la experiencia realizada se pudo determinar que el conocimiento sobre macroinvertebrados acuáticos y conservación de las fuentes hídricas es compartido con facilidad con la población escolar, lo cual se observó durante la realización de la jornada de sensibilización donde los estudiantes resaltaron en el nivel de motivación y participación en cada uno de los temas y actividades realizadas, esto se debió al dominio, conocimiento e ideas previas que tenían en cada uno de los temas desarrollados, sumándole la atracción que tenía cada estudiante por las distintas actividades realizadas haciéndose partícipes activos en cada una de ellas.

3. JUSTIFICACIÓN

Todo lo relacionado con el medio ambiente y calidad de agua tiene gran importancia hoy en día, tal como lo planeta IANAS-UNESCO, (2015) puesto que en muchas zonas de Colombia las distintas contaminaciones causadas por el hombre, caracterizadas por el uso excesivo de químicos y otros contaminantes tienen como destino final las fuentes hídricas, en este sentido de ideas el Río Frío de Campoalegre según SERCOIN, (2014) se trata del afluente utilizado para abastecer al acueducto municipal y finalmente los hogares del municipio, por lo que es necesario estar al tanto de la calidad del agua que presenta. Por lo tanto, es ineludible para el desarrollo sustentable de una región, conocer si los afluentes presentan zonas de afectación o por el contrario sus aguas conservan las condiciones físicas, químicas y biológicas que sustentan la calidad ambiental del ecosistema. Asimismo, el estudio es relevante a nivel social, debido a que como lo indica la Alcaldía de Campoalegre, (1999) este municipio es netamente agricultor y su economía se basa principalmente en la siembra del arroz y el café, por consiguiente, el eje para una seguridad alimentaria se fundamenta en salvaguardar los recursos hídricos existentes en la zona.

En consecuencia, la relación del hombre con los ecosistemas hídricos ha llevado al deterioro de la calidad del agua y su diversidad biológica, por consiguiente, algunas de las metodologías para precisar la calidad del agua se basan en el uso de organismos, estos procedimientos sencillos como se indican en los trabajos de Alba-Tercedor, (1996); Lozano, (2005); Paredes *et al.*, (2005) y Barba-Álvarez, (2013) se basan en coleccionar e identificar poblaciones relacionadas con los sistemas hídricos, para contrastar los resultados con índices de calidad biológica donde están determinados la tolerancia de los individuos a los niveles de contaminación del sistema, de igual forma, la aplicación de índices de contaminación, permiten relacionar la contaminación con los parámetros fisicoquímicas, con el fin de hacer un análisis completo e integral del área de estudio.

En efecto, para conocer la calidad del agua tal como se plantea en el trabajo de investigación, se trabajó con los macroinvertebrados bentónicos por los muchos

beneficios que presenta, además, por su gran aceptación por parte de los investigadores a los sencillos, pero eficientes procedimientos, tal como lo sugiere Roldán-Pérez (2003). Este tipo de investigación busca ser un impulsor de otros proyectos asociados a la microcuenca del Río Frío, con el fin de generar más conocimiento de tipo biológico, ecológico y fisicoquímico, además incentivar el monitoreo de la calidad de agua preservando la diversidad existente en la zona, dado que el único estudio es de SERCOIN, (2014). La avalancha ocurrida el 22 de febrero del 2017 afectó principalmente la flora y fauna asociada al río despojando al afluente de una ribera con cobertura vegetal, por lo que el actual trabajo representa una referencia del estado como se encuentra el sistema y la evolución que presenta.

En la actualidad, una de las problemáticas ambientales según Aragonés *et al.*, (2006) es la falta de conciencia hacia las fuentes hídricas, tales comportamientos se evidencian en el municipio por la disposición perjudicial de los residuos sólidos que van a dar a las orillas de los ríos y la mala distribución de las tuberías de aguas residuales que se depositan directamente al afluente, además la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) ubicada en el municipio recibió daños considerables después de la avalancha y actualmente se encuentran inoperable. Por lo anterior, es necesario programas que incentiven la conservación de los recursos hídricos del municipio de Campoalegre y trabajar con las futuras generaciones que abren posibilidades para el cambio y la preservación. Seguidamente, presentar un informe a las autoridades correspondientes para buscar la prevención, restauración, conservación y protección de este afluente.

Asimismo, como lo detalla la Alcaldía de Campoalegre, (1999), el curso principal de Río Frío cuenta con dos ecosistemas estratégicos muy importante, entre los que se encuentra, el Parque Natural Regional La Siberia, en la zona de nacimiento de este afluente y el Parque Natural Municipal “Luis Antonio Motta Falla”, localizado en la bocatoma del acueducto del municipio de Campoalegre, estos dos parques naturales son fundamentales porque “garantizan la oferta de bienes y servicios ambientales esenciales para el desarrollo humano sostenible” (Ministerio de Ambiente, 2017), puesto

que provee el agua potable a los habitantes del casco urbano, por eso, es esencial conocer la calidad del agua de este afluente con el fin de mantener el equilibrio de los procesos ecológicos y la captación del agua para consumo humano con el propósito de conocer el estado de estos ecosistemas estratégicos y así generar planes para su protección y conservación.

Por otro lado, un llamado al cambio, a preservar y cuidar toda la riqueza natural que tiene el Río Frío se puede hacer desde los colegios tal como lo establece la ley General de la Educación de 1994, por ello es ideal trabajar con las futuras generaciones en especial grados superiores donde se les instruya en el conocimiento acerca de la conservación del medio ambiente según Espejel & Flores, (2012). Un medio por el cual se puede buscar mentes activas en cuanto a la protección ambiental es a través de estrategias didácticas donde el estudiante se involucre y relacione con su entorno. Los investigadores y futuros docentes tal como lo plantea Amórtegui *et al.*, (2017) están en la necesidad, no solo de comunicar a los estudiantes los resultados y conclusiones de las investigaciones, si no de encaminar a los estudiantes por el camino de la problematización ambiental para crear en ellos una mentalidad crítica hacia la dinámica natural.

Una de las problemáticas actuales en la educación, como lo indica Oliva, (2010) es que no se fomenta la investigación ni se relaciona la teoría con la práctica, en consecuencia, los estudiantes pierden mucho interés en las clases, principalmente Biología y Ciencias Naturales dado a su amplio manejo de terminología, que no se maneja en la vida cotidiana. Amórtegui, (2014) propone que es importante que se reflexione sobre la forma en que se aborda la teoría y la práctica, partiendo de la idea de tratarlas como campos mutuamente constituyentes y relacionados. Por lo tanto, un escenario ideal donde se aprende son las salidas de campo, debido a que permite al docente aplicar la teoría vista en clase y llevarlo a al escenario real.

Por otro lado, como lo plantea el Ministerio Educación Nacional, (2016), en los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA), en el área de las Ciencias Naturales, pretende

que los profesores enseñe a los estudiantes en las instituciones educativas el análisis de las cuestiones ambientales actuales desde una visión ambiental, que se puede evidenciar en las estrategias didácticas y la salida de campo que se realizó con los estudiantes del grado undécimo, en la cual, se observó las problemáticas actuales del Río Frío para crear estrategias de conservación, a través de la colecta de macroinvertebrados.

Por lo mencionado anteriormente, los profesores que desempeñan la asignatura de biología deben hacer todo lo que está a su alcance para realizar su labor no solo desde un ámbito únicamente teórico, sino también desde un sentido práctico, dado que el medio presenta distintos escenarios naturales que permiten lograr ese objetivo. Rodríguez y Amórtegui (2012) aseguran que desde la enseñanza no es suficiente que el profesor posea dominio de un conocimiento disciplinar, sino que además se requiere de un conocimiento que le posibilite escoger y organizar los contenidos, así mismo de transformarlos en relación con el contexto en el cual se quiere enseñar. Por lo anterior, para generar las actitudes de conservación en los estudiantes una estrategia enriquecedora es la formulación y planeación de una práctica de campo, aprovechando la cercanía del afluente para desarrollar la salida, de manera que los estudiantes mediante sus propias observaciones propongan soluciones y generen sus posturas frente a la conservación del recurso hídrico.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL.

- Evaluar la calidad biológica y fisicoquímica del Río Frío de Campoalegre y su aplicabilidad en la generación de actitudes de conservación en estudiantes de la Institución Educativa Eugenio Ferro Falla del municipio de Campoalegre – Huila.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Establecer la calidad del agua según los índices biológicos BMWP/Col, ASPT, EPT, Índice de Dípteros e ICOBIO y los índices de contaminación ICO (ICOMI, ICOSUS, ICOTRO e ICOpH).
- Diseñar actividades teórico-prácticas de educación ambiental que contribuya a la generación de actitudes de conservación del Río Frío, en estudiantes de la Institución Educativa Eugenio Ferro Falla.

5. MARCO TEÓRICO

5.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

5.1.1 Microcuenca Río Frío.

La microcuenca del Río Frío pertenece a la cuenca de Río Neiva, correspondiente a la subzona hidrográfica 2110 de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM, 2015) y con base a los resultados de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (PNGIRH) realizada por esta misma institución, se priorizo este cuerpo de agua y se inició el proceso de planificación y ordenación de esta corriente (CAM, 2013). La microcuenca tiene un área de 56 km² y una red de drenaje sub paralela. (SERCOIN, 2014).

En la parte alta de la microcuenca de Río Frío, se localiza el Parque Natural Regional La Siberia, creado mediante el acuerdo número 014 de 2011 por el consejo directivo de la Corporación Autónoma Regional Del Alto Magdalena, ubicado al oriente del departamento del Huila en límites con el departamento del Caquetá, la cual hace parte de la zona de amortiguación del Parque Nacional Natural Cordillera de Los Picachos y abarcando territorios en cinco municipios del departamento del Huila: Tello, Neiva, Rivera, Campoalegre, y Algeciras, con una superficie de 28.354,25 hectáreas. La zona protegida de La Siberia es considerada la isla verde de la cordillera Oriental, se encuentra a una altura entre 1000 – 3150 m.s.n.m. (SERCOIN, 2015).

En la bocatoma del acueducto del municipio, en la parte media de la microcuenca de Río Frío, se localiza el Parque Natural Municipal “Luis Antonio Motta Falla”, creado mediante Acuerdo No 037 de 2008 del Concejo Municipal de Campoalegre con el propósito principal de preservar la cuenca del Río Frío. Este parque cubre un total de 2634 hectáreas. Posee un alto nivel de deforestación, procesos erosivos avanzados, derrumbes y contaminación por aguas residuales y agroquímicos, a pesar de su importancia para el municipio. (Instituto Alexander von Humboldt, 2016).

5.1.2 Localización Geográfica.

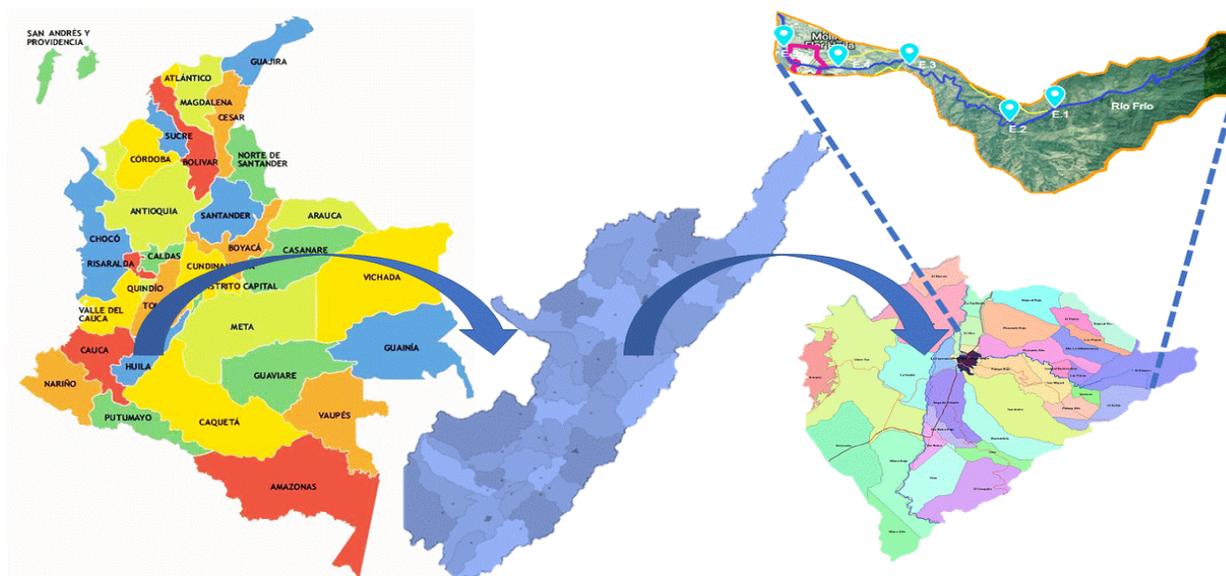


Figura 1. Ubicación de la microcuenca del Río Frío en el municipio de Campoalegre.

Fuente: Grupo de Investigación

El nacimiento del Río Frío según (SERCOIN, 2014), se localiza en jurisdicción del municipio de Campoalegre (Figura 1) en las estribaciones de la cordillera oriental, a los 2600 m.s.n.m. en la zona comprendida por la serranía denominada *Cresta de Gallo* y la serranía *Loma de los Perros* para luego desembocar en el Río Neiva a los 475 m.s.n.m. Tiene una longitud de 29.5 km; a lo largo de su recorrido recibe los siguientes afluentes: Quebrada El Roble, Manzanares, Monte bello, Vergel entre otros y recorre las veredas El Viso, Palmar bajo, San Miguel, Venecia, Alto Piravante, Guamal, Las Pavas y El Esmero. Este afluente según la Alcaldía de Campoalegre, (1999) recorre dos grandes paisajes:

- Abanicos Aluviales Coalescentes poco disectados (Fpa): Sobre el flanco occidental de la cordillera oriental, ocupando la zona de piedemonte se presentan extensas y continuas superficies de relieve plano, moderadamente inclinadas.
- Montañas denudacionales sobre el Macizo de Garzón (Dmg): Presenta un relieve montañoso, fuertemente fallado y escarpado, formando cimas y crestas alargadas, con laderas disectadas.

5.1.3 Parámetros Climáticos.

La microcuenca del Río Frío se encuentra en la zona tropical, y en dependencia de la altitud sobre el nivel del mar y la temperatura que afecta el clima, su cauce recorre las unidades climáticas que corresponde a cálido seco y cálido húmedo en la parte baja y frío y muy húmedo en la parte alta. En cuanto a la precipitación, la información se recopiló del estudio de SERCOIN, (2014); en la Figura 2 se aprecia los datos de las estaciones (cercanas al área de estudio) utilizadas para el análisis de la precipitación sobre la zona de estudio a nivel regional, donde se presentan valores medios mensuales multianuales y acumulados de todas las estaciones con valores de precipitación.

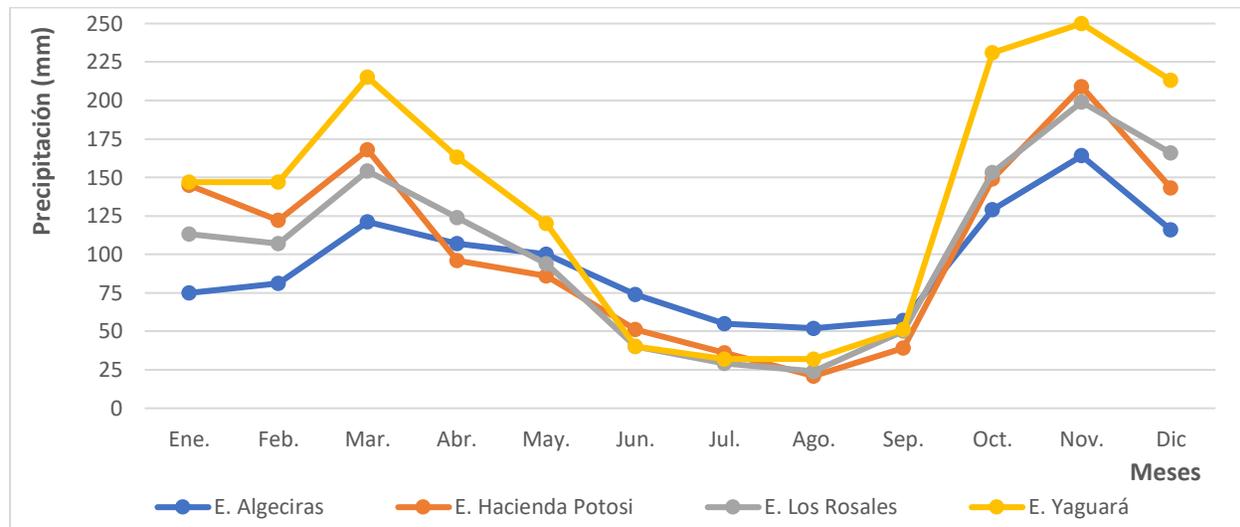


Figura 2. Precipitación Media Mensual Multianual (mm)

Nota: información comprendida entre 1970 a 2002.

Fuente: SERCOIN, 2014

Como se puede observar en la Figura 2, las estaciones analizadas presentan el mismo comportamiento general, evidenciando que la zona tiene una distribución temporal de la lluvia de tipo bimodal, comprendido por dos periodos de lluvias entre los meses de enero a marzo y de octubre a diciembre, con un periodo de menores precipitaciones entre abril y septiembre, el cual es un comportamiento típico de la zona montañosa andina como se describió en el marco climático general. (SERCOIN, 2014).

5.1.4 Zonas de vida.

Las zonas de vida corresponden a un grupo de asociaciones vegetales dentro de una división natural del clima. El Río Frío, de acuerdo con las zonas de vida reportada por Holdridge, recorre las siguientes formaciones de bosque, el cual, tiene características diferentes que afectan el desarrollo de las comunidades de macroinvertebrados que habitan en el lecho, así como las condiciones del agua de este afluente (SERCOIN, 2015):

- **Bosque seco Tropical (bs-T):** La vegetación representativa de este tipo de bosque es el Caracolí (*Anacardium excelsum*), Iguá (*Pseudosamanea guachapele*), Payandé (*Pithecellobium dulce*), Dinde (*Chlorophora tinctoria*), Carbonero (*Calliandra sp*), Balso (*Ochroma lagopus*), Hobo o Jobo (*Spondia monbin*), Totumo (*Crescentia cujete*), Chaparro (*Curatella americana*), Guásimo (*Guazuma ulmifolia*), Chicható (*Muntigia calabura*), Capote (*Machaerium sp*), Amargoso (*Aspidosperma cuspa*), Tatamaco (*Bursera tomentosa*),
- **Bosque húmedo Premontano (Bh-PM):** Entre las especies vegetales más frecuentes encontradas están: Nacedero (*Trichanthera gigantea*), Mortiño (*Vaccinium meridionale*), Caucho (*Ficus sp.*), Guamo (*Inga sp.*), Laurel (*Nectandra sp.*), Balso (*Ochroma lagopus*), Arenillo (*Qualea acuminata*).
- **Bosque muy húmedo Premontano (bmh-PM):** Las vegetación común de esta zona es el Arenillo (*Qualea acuminata*), Cedro (*Cedrela sp.*), Cordoncillo (*Piper aduncum*), Guamo churimo (*Inga codonantha*), Lecha viva (*Brosimum utile*), Nogal (*Cordia alliodora*), Palo de Café (*Coffea arabagica; Coffea robusta*), Roble (*Quercus humboldtii*), Sueldo (*Commelina diffusa*), Pino ayuelo (*Retrophyllum rospigliosii*), palma chonta (*Bactris gasipaes*), palo de loro (*Prunus lusitánica*).
- **Bosque muy húmedo Montano Bajo (bmh-MB):** Entre los arbustos y árboles más comunes se encuentran: Cedrillo (*Brunellia sp*), Uvito de monte (*Cayandishia pubesens*), Yarumo blanco (*Cecropia tileincana*), Quina (*Cinchona pubesens*), drago (*Crotón magalenensis*) Borrachero (*datura arbórea*), Cobre (*Talauma sp*), Manzanillo (*Toxicodendron striatum*), canelo de paramo (*Drynis sp*), siete cueros

(*Tiboluchina lepidota*), Carate (*Visnia baccifera*), Encenillo (*Weinmannia pubesens*), Espino (*Xylosma specuferum*), Aliso (*Alnus acuminata*), Mayo (*Mariannia nobilis*), Tuno asmeraldo (*Miconia squanulosa*), Manzano (*Pouteria arguacoencium*), Aguacatillo (*Persea trysophila*), Limoncillo (*Siparuma lepidota*).

5.1.5 Erosión.

En el área urbana, el hombre es el principal agente de la erosión, porque la produce, la acelera, o la facilita cuando desarrolla sus actividades. Los procesos erosivos se presentan de manera generalizada en toda su área, especialmente en la zona montañosa, en donde se encuentran asociados a rocas ígneas y metamórficas muy alteradas con desarrollo de suelos arcillosos y areno arcillosos.

Los procesos que se presentan son generalmente erosión laminar, terracetos, surcos y cárcavas, cuya formación es favorecida por la baja resistencia de los suelos en los torrenciales aguaceros, la escorrentía superficial, la gravedad, los vientos, la deforestación, los incendios e inadecuadas técnicas de cultivo, que ocasionan el desgaste del horizonte superficial del suelo, despojándolo de la materia orgánica en la cual se encuentran las sustancias que nutren las plantas, demorando así, el proceso de renovación vegetal, y favoreciendo también, el incremento de la erosión y los costos en agroquímicos para mejoramiento del suelo, (SERCOIN, 2014).

A todos estos factores se les agrega las altas pendientes asociadas con las formas quebradas del relieve, la apertura antitécnica de vías (sin planes de manejo ambiental) y la explotación de recursos vegetales, que en conjunto aceleran los procesos erosivos que afectan la región, (SERCOIN, 2014).

5.1.6 Capacidad de usos de suelo.

Este sistema de clasificación de la tierra, se agrupan los suelos con base en su capacidad para producir plantas cultivadas, por largos periodos de tiempo sin que se

presente deterioro del recurso. Las clases por capacidad son ocho representado y/o agrupando unidades cartográficas de suelos que presentan el mismo grado relativo de limitaciones o riesgos, y a medida que se aleja de la clase I, disminuye el número de cultivos que se pueden producir, al mismo tiempo que aumentan las prácticas de conservación que deben realizarse para proteger el recurso suelo (ver Tabla 3.).

Tabla 3.

Capacidad de uso de suelos de cada vereda.

Clase	Veredas	Descripción
IIIsec	Palmar Bajo y El Viso	Los suelos de esta subclase son de relieve plano, ligeramente inclinado hasta fuertemente ondulado, con pendientes 0-12%, presentando en algunos sectores erosión de ligera a moderada. Aptos para: caña de azúcar, maíz, sorgo, tabaco, plátano y arroz.
VIsec	Parte baja de Piravante Alto	Los suelos de esta subclase son de relieve plano, ligeramente inclinado hasta fuertemente ondulado, con pendientes 3-7% y 12-25% presentando en algunos sectores erosión de ligera a moderada, aptos para: café, frutales, hortalizas y ganadería.
Vsh	El Viso	El relieve de esta subclase es plano y plano cóncavo. Con pendientes menores del 7% y en algunos sectores se presentan encharcamientos debido a su pobre e imperfecto drenaje natural siendo éste su mayor limitante, aptos para: arroz, sorgo y ganadería extensiva.
Vis-2	Palmar Alto	Se caracteriza por un relieve fuertemente quebrado, con pendientes de 25-50%, y sectores con procesos erosivos ligeros. Estas tierras cuentan con algunas prácticas de conservación. Pueden ser aptos para café, frutales, plátano, caña de azúcar y ganadería extensiva.
VIIIs	Piravante Alto, Guamal, Buenos Aires, El smero, Palmar Alto.	Estas tierras están afectadas por procesos de erosión laminar, desprendimientos y deslizamientos en grado moderado, sumándose esto a las pendientes fuertes que la caracterizan.

Fuente: Alcaldía de Campoalegre, 1999

5.1.7 Usos y actividades.

Esta corriente, y varios de sus primeros afluentes (sin nombre), es utilizada según SERCOIN, (2014) para el abastecimiento de los habitantes que residen en las veredas El Roble, El Esmero y Los Planes; todas ellas ubicadas en áreas aledañas al Complejo de Páramos Los Picachos. Posteriormente este río que atraviesa el municipio de oriente a occidente hasta desembocar en el río Neiva, abastece otra parte importante de la población incluyendo los habitantes del casco urbano de Campoalegre.

En el municipio de Campoalegre no aparecen registros de propiedad privada. Existen predios de propiedad del municipio de Campoalegre que han sido adquiridos para la conservación del recurso hídrico en las cuencas hidrográficas que surten de agua al municipio. (Instituto Alexander von Humboldt, 2016).

5.2 CALIDAD DE AGUA.

La calidad del agua según la Water Quality Assessment Citado en Campos, (2003), “es el grupo de concentraciones, substancia orgánicas e inorgánicas, composición y estado de la biota encontrada en los cuerpos de agua, esta calidad muestra variaciones espaciales y temporales debido a factores internos y externos que afectan el cuerpo de agua”.

5.2.1 Parámetros fisicoquímicos.

Según Sánchez *et al.*, (2007) proponen que, para entender mejor los parámetros fisicoquímicos utilizados en la evaluación de la calidad de agua, se describen brevemente cuales son y su importancia para el ecosistema o su posible efecto en el ser humano:

- Temperatura: la temperatura afecta directamente muchos de los procesos biológicos y fisicoquímicos, incluso a los nutrientes que se encuentra en el agua, pues afecta la solubilidad de muchos elementos, principalmente el oxígeno disuelto, Sánchez *et al.*, (2007).

- Oxígeno disuelto: la cantidad de oxígeno disuelto es una de las principales características para definir la salud del ecosistema (APHA. citado en Sánchez *et al.*, 2007). El oxígeno disuelto es vital para la mayoría de los organismos acuáticos.
- Potencial de hidrogeno (pH): el pH es una medida de la acidez o naturaleza básica (alcalinidad) de la solución. Es también una medida del balance de iones de hidrogeno [H⁺] y los iones hidroxilo negativo [OH⁻] en el agua, Sánchez *et al.*, (2007).
- Sólidos totales disueltos: los sólidos totales disueltos son las sustancias que no pasan a través de un filtro de 0,45 micras, pero que quedaran como residuo cuando el agua se evapora. La magnitud de TDS es la suma de los cationes, aniones y sílice disueltos en el agua. existe una relación estrecha entre la cantidad de TDS y la conductividad eléctrica, Sánchez *et al.*, (2007).
- Turbidez y transparencia: la turbidez (o la turbiedad) es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión. Las algas, los sedimentos en suspensión (arcilla, limos, partículas de sílice) y la materia orgánica en el agua pueden aumentar la turbidez hasta niveles peligrosos para ciertos organismos, Sánchez *et al.*, (2007).
- Alcalinidad: es la medida de la capacidad que presenta el agua como neutralizadora de ácidos. Esta característica depende de la concentración de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, los cuales remueven los iones de H⁺ y disminuyen la acidez del agua, es decir, aumenta el valor del pH. Medir la alcalinidad es importante para determinar la capacidad del agua de neutralizar los contaminantes ácidos provenientes de la lluvia o de los desechos municipales e industriales, Sánchez *et al.*, (2007).

5.2.1.1 Índices de contaminación (ICO).

Los índices de contaminación califican diferentes cualidades de las aguas y, por lo tanto, complementan el panorama ambiental de un curso hídrico. Los mismos han sido propuestos a partir de la experiencia acumulada en programas de monitoreo

hidrobiológicos, implementados por la industria petrolera en Colombia y en los resultados arrojados por estadísticas multivariadas. Los índices se desarrollaron con base en legislaciones de diversos países, acordes con las concentraciones de las distintas variables y los usos potenciales de las aguas. Los índices son de fácil estimación (matemática o gráficamente) y permiten puntualizar el tipo de problema ambiental existente, tal como se observa en la aplicación desarrollada. En virtud del reducido número de variables involucradas (8), la aplicación de estos índices representa claras ventajas económicas, por lo que sería muy importante vincularlos a la legislación ambiental nacional, (Ramírez *et al.*, 1997).

Torres, (2008) sostiene que los siguientes índices permiten cuantificar el grado de contaminación de las aguas respecto a su condición general y no a contaminantes específicos:

- Índice de contaminación por mineralización (ICOMI): Integra los siguientes parámetros: conductividad (como reflejo de los sólidos disueltos), dureza (por recoger los cationes de calcio y magnesio) y la alcalinidad (por relacionarse con los aniones de carbonatos y bicarbonatos).
- Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO): Conformado por la demanda bioquímica de oxígeno, coliformes totales y el porcentaje de saturación del oxígeno. Éstos en su conjunto recogen efectos distintos de contaminación orgánica, sin estar los unos correlacionados con los otros.
- Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS): Referente a los sólidos suspendidos totales. Pues los sólidos pueden hacer referencia sólo a compuestos inorgánicos.

De la misma manera, Fernández y Solano (2005) reportan los siguientes índices:

- Índice de contaminación por trofia (ICOTRO): Se calcula sobre la base de la concentración de fósforo Total.
- Índice de contaminación por pH (ICOpH): Se parte de los resultados del pH.

5.2.2 Parámetros biológicos.

Carpo (2007) ratifica que los bioindicadores son los organismos o comunidades en los que su existencia, características estructurales, su funcionamiento y sus reacciones, depende del medio en que se desarrollan y cambian al modificarse las condiciones ambientales del sistema.

Los macroinvertebrados son utilizados para monitoreos ambientales, por las siguientes razones: la estructura de la comunidad de macroinvertebrados refleja las condiciones ambientales de la corriente, pues tienen diferentes grados de tolerancia a los contaminantes; tienen ciclos de vida más o menos largos, por los que pueden reflejar cambios ambientales en el corto tiempo; el muestreo de asociaciones de macroinvertebrados tiene poco impacto en el detrimento de la biota residente, siempre que se mantenga al mínimo estrictamente indispensable y son relativamente abundantes en muchas corrientes de primer y segundo orden, en los cuales las asociaciones de peces son limitadas o no existen (Sánchez *et al.*, 2007).

5.2.2.1 Macroinvertebrados acuáticos.

Bajo el término macroinvertebrados se agrupan organismos que se pueden observar a simple vista; es decir, en términos generales, todos aquellos que tienen tamaños superiores a 0,5 mm de largo. Dentro de esta categoría están los poríferos, los hidozoos, los turbelarios, los oligoquetos, los hirudíneos, los insectos, los arácnidos, los crustáceos, los gasterópodos y los bivalvos (Roldán-Pérez y Ramírez, 2008).

5.2.2.2 Macroinvertebrados y su uso como bioindicadores.

El uso de macroinvertebrados como indicadores de calidad del agua se basa en el hecho de que dichos organismos ocupan un hábitat a cuyas exigencias ambientales están adaptados. Cualquier cambio en las condiciones ambientales del sistema acuático

se reflejará por tantos, en las estructuras de las comunidades que allí habitan, reflejando la calidad biológica del sistema.

Un río que ha sufrido los efectos de la contaminación es el mejor ejemplo para ilustrar los cambios que suceden en las estructuras de ensambles, las cuales cambian de complejas y diversas con organismos propios de aguas limpias, a simples y de baja diversidad con organismos propios de aguas contaminadas. La cantidad de oxígeno disuelto, el grado de acidez o basicidad (pH), la temperatura y la cantidad de iones disueltos (conductividad) son a menudo las variables a las cuales son más sensibles los organismos. Dichas variables cambian fácilmente por contaminación industrial y doméstica (Roldán y Ramírez. 2008).

5.2.2.3 Características de los macroinvertebrados.

Según Roldán-Pérez (2003), las razones por las cuales se consideran los macroinvertebrados acuáticos como los mejores indicadores son las siguientes:

- Son abundantes, de amplia distribución y fáciles de recolectar.
- Son sedentarios en su mayoría y, por tanto, reflejan las condiciones locales.
- Relativamente fáciles de identificar, si se compara con otros grupos.
- Presentan los efectos de las variaciones ambientales de corto tiempo.
- Proporciona información para integrar efectos acumulativos.
- Poseen ciclos de vida largos.
- Son apreciables a simple vista.
- Se pueden cultivar en el laboratorio.
- Responden rápidamente a los tenses ambientales.

5.2.3 Índices biológicos.

Prat *et al.*, (2009) certifica que los índices bióticos son una de las maneras más comunes de establecer la calidad biológica de los ríos. Se suelen expresar en forma de

un valor numérico único que sintetiza las características de todas las especies presentes. Habitualmente consisten en la combinación de dos o tres propiedades de la asociación: la riqueza de taxa y la tolerancia/intolerancia a la contaminación para los índices cualitativos, y estos junto a la abundancia (absoluta o relativa) para los índices cuantitativos.

5.2.3.1 Índices BMWP/Col.

Tabla 4.

Puntajes de familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col.

Familias	Puntaje
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blephariceridae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Griptopterygidae, Lampyridae, Odontoceridae, Perlidae, Polymitarcyidae, Polythoridae, Psephenidae.	10
Coryphoridae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gomphidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Limnephilidae, Oligoneuriidae, Philopotamidae, Platystictidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.	9
Atyidae, Calamoceratidae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydraenidae, Hydroptilidae, Leptoceridae, Naucoridae, Palaemonidae, Pseudothelpusidae, Trichodactylidae, Saldidae, Sialidae, Sphaeriidae.	8
Ancylidae, Baetidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Crambidae, Dicteriadidae, Dixidae, Elmidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydrobiidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Lestidae, Ochteridae, Pyralidae.	7
Aeshnidae, Ampullariidae, Caenidae, Corydalidae, Dryopidae, Dugesiidae, Hyriidae, Hydrochidae, Limnichidae, Lutrochidae, Lymnaeidae, Megapodagrionidae, Mycetopodidae, Pleidae, Staphylinidae.	6
Ceratopogonidae, Corixidae, Gelastocoridae, Gyrinidae, Libellulidae, Mesoveliidae, Nepidae, Notonectidae, Planorbiidae, Simuliidae, Tabanidae, Thiaridae.	5
Belostomatidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Ephyridae, Glossiphoniidae, Haliplidae, Hydridae, Muscidae Scirtidae, Empididae, Dolichopodidae, Hydrometridae, Noteridae, Sciomyzidae.	4
Chaoboridae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Stratiomyidae, Tipulidae.	3
Chironomidae (cuando no domina), Isotomidae, Culicidae, Psychodidae, Syrphidae.	2
Haplotaxida, Tubificidae	1

Fuente: Instituto Alexander von Humboldt. (Álvarez, 2005)

Según Roldán-Pérez y Ramírez (2008), el *Biological Monitoring Working Party* (BMWP) fue establecido en Inglaterra en 1970, como un método simple y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores. El método solo necesita llegar hasta el nivel de familia y los datos son cualitativos (presencia/ausencia). El puntaje va de 1 a 10, de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica.

El Instituto Alexander von Humboldt modificó algunos apartes del método propuesto por Roldán-Pérez (2003), debido a que algunas familias de macroinvertebrados acuáticos no tienen puntaje asignado, principalmente las familias de molusco y trichoptera, y otras se le han modificado su puntaje de bioindicación. También es importante aclarar que a algunas familias no se les ha asignado puntuación, debido a que los reportes son escasos y se conoce poco sobre su ecología. En la Tabla 4. se presenta la puntuación de las familias de macroinvertebrados acuáticos para la obtención del método BMWP/COL modificada (Álvarez, 2005).

5.2.3.2 Índice ASPT.

El puntaje promedio por taxón conocido como ASPT (Average Score per Taxon), también es un índice valioso para la evaluación de la calidad del agua. Se calcula dividiendo el puntaje total BMWP/Col por el número de los taxones calificados en la muestra, lo cual expresa el promedio de indicación de calidad del agua que tienen las familias de macroinvertebrados encontradas en un sitio determinado. Los valores ASPT van de 0 a 10 (Álvarez, 2005).

5.2.3.3 Índice EPT.

Carrera & Fierro (2001) enuncian que este análisis se hace mediante el uso de tres grupos de macroinvertebrados que son indicadores de la calidad del agua porque son más sensibles a los contaminantes. Estos grupos son: Ephemeroptera, Plecoptera y

Trichoptera. Para establecer el puntaje, se divide el total de EPT presentes con el total de Abundancia de Individuos.

5.2.3.4 Índice de Dípteros.

“El índice de dípteros se calcula dividiendo el número de individuos del orden Diptera por el número total de individuos colectados; los valores más altos determinan el enriquecimiento del agua con materia orgánica” (Arango *et al.*, 2008).

5.2.3.5 Índices de Contaminación Biótica.

Torres, (2008) manifiesta que el índice de contaminación biótico (ICOBIO) expresa la disimilitud de las comunidades de macroinvertebrados encontradas en las estaciones de muestreo. Tiene en cuenta los individuos de macroinvertebrados encontrados en cada una de las estaciones de muestreo mediante la comparación de pares de estaciones, que establece un valor de acuerdo con el número de familias comunes.

5.3 ACCIÓN PEDAGÓGICA.

En cuanto a la acción de intervención en la Institución Educativa Rueda & López, (2003) proponen que para poder mejorar en el futuro la calidad de las aguas, la educación debe jugar un papel fundamental y es muy necesario fomentar entre los estudiantes y comunidad educativa los conocimientos y valores relacionadas con la conservación, mejora y uso sostenible del agua dulce.

Para detener el deterioro ecológico de los ecosistemas fluviales sufridos en los últimos años, resulta fundamental introducir materiales que sirvan para formar a la ciudadanía en general, y los estudiantes de secundaria en particular, en el conocimiento de los ríos y los efectos de su degradación. Los educandos deben ser formados en esta área de conocimiento como futuros responsables que pueden llegar a ser de la gestión y conservación del medio, pero, sobre todo, como ciudadanos que van a interactuar con él. Por su parte, un aspecto importante e interesante de la introducción del estudio

de los ecosistemas fluviales en el aula es que permite la adquisición de conocimientos científicos básicos y la reflexión sobre cómo nuestras acciones diarias y la gestión del recurso afectan a la conservación de los espacios naturales (Ladrera, Rieradevall y Prat, 2013)

5.3.1 Lineamientos curriculares de Ciencias Naturales y educación ambiental.

La formación en ciencias naturales en la Educación Básica y Media debe orientarse a la apropiación de unos conceptos clave que se aproximan de manera explicativa a los procesos de la naturaleza, así como de una manera de proceder en su relación con el entorno marcada por la observación rigurosa, la sistematicidad en las acciones y la argumentación franca y honesta (Min. Educación, 2006).

En la concepción que orientó la formulación de los estándares de esta área, las herramientas conceptuales y metodológicas adquieren un sentido verdaderamente formativo si les permiten a las y los estudiantes una relación armónica con los demás y una conciencia ambiental que les insiste ser parte activa y responsable de la conservación de la vida en el planeta. Según la página de Colombia aprende la red del conocimiento (Min. Educación, 2006).

5.3.2 Estándares básicos de Ciencias Naturales y educación ambiental.

Los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales buscan que el estudiante desarrolle las habilidades científicas y las actitudes requeridas para explorar hechos y fenómenos; analizar problemas; observar su alrededor y obtener información; definir, utilizar y evaluar diferentes métodos de análisis, compartir los resultados, formular hipótesis y proponer las soluciones. Son aproximaciones a lo que haría un científico social o un científico natural para poder comprender, entender y conocer el entorno del mundo natural, físico, químico y social (Min. Educación, 2004).

La búsqueda está centrada en devolver a los niños, niñas y jóvenes el derecho de preguntar para aprender y la posibilidad de comprender y transformar su propio entorno, ese que le rodea. Según el ministerio de educación nacional, los estudiantes de grado undécimo, Explico la diversidad biológica como consecuencia de cambios ambientales, genéticos y de relaciones dinámicas dentro de los ecosistemas., para ello, deberá realizarse una serie de actividades para que al final del grado undécimo pueda alcanzar las siguientes competencias (Min. Educación. 2004):

- Explico diversos tipos de relaciones entre especies en los ecosistemas.
- Establezco relaciones entre individuo, población, comunidad y ecosistema.
- Explico y comparo algunas adaptaciones de seres vivos en ecosistemas del mundo y de Colombia.

5.3.3 Derechos básicos de Aprendizaje en las Ciencias Naturales

Los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA), son concebidos como un conjunto de aprendizajes estructurantes que han de aprender los estudiantes en cada uno de los grados y en su segunda versión incluyeron las ciencias sociales y ciencias naturales. Los DBA se organizan guardando coherencia con los Lineamientos Curriculares y los Estándares Básicos de Competencias (EBC). Su importancia radica en que plantean elementos para construir rutas de enseñanza que promueven la consecución de aprendizajes año a año para que, como resultado de un proceso, los estudiantes alcancen los EBC propuestos por cada grupo de grados. Por último, los DBA son una estrategia para promover la flexibilidad curricular puesto que definen aprendizajes amplios que requieren de procesos a lo largo del año y no son alcanzables con una o unas actividades, (Ministerio de Educación Ambiental, 2016).

5.3.4 Educación Ambiental.

Según la UNESCO, (1983) define la educación ambiental como el proceso de reconocer valores y clarificar conceptos con el objeto de desarrollar habilidades y

actitudes necesarias para comprender y apreciar las interrelaciones entre el hombre, su cultura y sus entornos biofísicos, además, incluye la práctica en la toma de decisiones y la auto formulación de un código de conducta sobre los problemas que se relacionan con la calidad ambiental”.

Asimismo, la educación ambiental tiene como meta, lograr que las comunidades académicas, civiles, gubernamentales, entre otras, tengan conciencia ambiental y por sus problemas conexos, y que cuenten con los conocimientos, aptitudes, actitudes, motivación y deseo necesarios para trabajar individual y colectivamente en la búsqueda de soluciones a los problemas ambientales actuales y para prevenir los que pudieran aparecer en lo sucesivo. (Novo, 1998 citado en Toro, 2005).

En cuanto a la normatividad, la ley 1549 de 2012 define a la educación Ambiental como un proceso dinámico y participativo, orientado a la formación de personas críticas y reflexivas, con capacidades para comprender las problemáticas ambientales de sus contextos, al igual que para participar activamente en la construcción de apuestas integrales, que apunten a la transformación de su realidad, en función del propósito de construcción de sociedades ambientalmente sustentables y socialmente justas.

Seguidamente, el Decreto 1743 de 1994 establece que de acuerdo con los lineamientos curriculares que defina el Ministerio de Educación nacional, todos los establecimientos de educación formal del país, en todos sus distintos niveles de preescolar, básica y media, incluirán dentro de sus proyectos educativos institucionales, proyectos ambientales, con miras a coadyuvar a la resolución de problemas ambientales específicos.

Finalmente, la Ley General de Educación de 1994 en cuanto a la educación Ambiental, propone La enseñanza de la protección del ambiente, la ecología y la preservación de los recursos naturales, dentro de una cultura ecológica y del riesgo y la defensa del patrimonio cultural de la Nación.

5.3.5 Práctica de Campo.

Desde la perspectiva del conocimiento profesional del profesor, las prácticas de campo son considerados estrategias de enseñanza, y en este sentido son un componente fundamental en el conocimiento didáctico del contenido (Valbuena, 2007).

La práctica de campo en las Ciencias Naturales es una estrategia trascendental en la enseñanza de estas y por ende en la Biología, que permiten relacionar la teoría con la práctica, favorecer el aprendizaje de diversos contenidos, y que además son una fuente de información directa de ejemplos y experiencias contextualizadas (Del Carmen y Pedrinaci, 1997).

Según Puentes (2008), citado en Rodríguez y Amórtegui (2012) un trabajo de campo cuya finalidad se centra en el desarrollo de habilidades es aquel que se base en el seguimiento de protocolos, en donde el estudiante manipula de manera hábil técnicas, métodos y materiales sin situarlos dentro de un contexto o problemas específicos.

De acuerdo con lo anterior, la idea es que cada una de las habilidades se ubique dentro de un contexto y un problema específico con el fin de que el estudiante les encuentre un sentido y aprenda cuando y en donde emplearlas. Es allí donde los protocolos cumplen una función importante para la recolección de información, respecto al tema a tratar, siendo estos indispensables para la realización de las prácticas de campo, dado de que se tendría más claro para donde se llevaría la investigación.

5.3.6 Utilización de los Macroinvertebrados como herramienta didáctica.

El uso de macroinvertebrados como indicadores biológicos tiene una gran tradición en ecología. El tema resulta de gran interés para tratar en la educación secundaria por diferentes motivos: i) permite una profundización del conocimiento de la fauna de nuestros ríos; ii) aborda el conocimiento del estado de conservación de los ecosistemas acuáticos cercanos al estudiantado, con el fin de identificar las diferentes

perturbaciones existentes en su comarca; iii) resulta una forma interesante de acercar la problemática de la degradación ambiental a nuestras aulas y ofrece espacios de reflexión y debate sobre la misma entre nuestro alumnado; y iv) permite al alumnado poner en práctica la metodología científica, escasamente abordada en las aulas, donde existe una clara predominancia de los contenidos teóricos (Ladrera, Rieradevall y Prat. 2013).

5.3.7 Tecnologías móviles en la educación.

Galar (2014) declara que en la situación en la que vivimos, donde los dispositivos móviles ganan una gran importancia y ejercen una gran influencia en todos los campos, en especial el educativo, hace que los docentes se tengan que formar adecuadamente, para conseguir que los estudiantes aprovechen todos los recursos que se les presenta y favorezcan sus potencialidades.

De la misma manera, Cacheiro *et al.*, (2016) aseveran que, dada la relevancia de esta funcionalidad de los recursos móviles en la sociedad, se hace necesario que el educador conozca las Apps, bien como herramienta de productividad para la gestión su propia labor, para la recomendación y aplicación de estas en determinadas áreas, sociales y culturales o sectores poblacionales, o para la creación de Apps para la resolución de situaciones concretas de su intervención socioeducativa.

Por ello, se presenta una relación ejemplificadora de estas herramientas con potenciales usos en el ámbito de la labor del educador que se ha dividido en dos grupos:

- Apps como herramientas de productividad en educación.
- Apps especiales u orientadas a áreas socioculturales o sectores poblacionales de intervención del educador.

Una vez conocido este recurso tecnológico por parte del educador corresponde a este adaptarlo a las circunstancias específicas del contexto de su acción socioeducativa (Cacheiro *et al.*, 2016).

6. METODOLOGÍA

A continuación se presenta la metodología que se desarrolló en el trabajo de investigación, en ella se encuentra el área y alcance del estudio, donde se explicita la bioindicación con macroinvertebrados y su contribución a fomentar actitudes de conservación a través de una salida de campo; el tipo de enfoque de la investigación fue mixto, para ello, las técnicas de recolección de información se guió por el diseño exploratorio secuencial, en la cual, primero se recolecta la información cualitativa y luego la cuantitativa; finalmente se presenta las fases de las dos etapas en las que se dividió el trabajo.

6.1 ÁREA DE ESTUDIO.

El departamento del Huila está localizado al suroccidente del país entre los 3°55'12" y 1°30'04" de latitud norte y los 74°25'24" y 76°35'16" de longitud al oeste del meridiano de Greenwich. Según los datos del instituto Geográfico Agustín Codazzi, la superficie del Departamento es de 19.900 Km² que representa tan solo un 1.8% de la superficie total del país. El departamento del Huila está dividido en 37 municipios, 4 corregimientos, 120 inspecciones de policía, así como, numerosos caseríos y sitios poblados.

Por otro lado, el municipio de Campoalegre está ubicado en el centro del departamento del Huila, es conocido como la capital Arrocerera del Huila y un lugar de gran importancia para el desarrollo integral de la región, cuenta con una temperatura promedio de 27°C y entre sus principales afluentes se encuentra el Río Magdalena, Río Neiva, Río Frío y las quebradas La Sardinata, La Caraguaja, entre otras fuentes hídricas. Según las coordenadas geográficas del IGAC el territorio del Municipio de Campoalegre se inicia al sur a los 2° 31' y termina a los 2° 47' de latitud norte y en el este inicia a los 75° 12' y termina a los 75° 26' de longitud oeste de Greenwich. En cuanto a la economía, este municipio se caracteriza por ser ampliamente dependiente del sector agricultor entre los cuales cuenta con cultivos de café, cacao maíz y arroz.



Figura 3. Localización de las estaciones de muestreo en la microcuenca Río Frío.

Fuente. Google Earth – Ajuste de Autores

6.1.1 Localización estaciones de muestro

Tabla 5.

Localización geográfica de las estaciones de muestreo.

E.	Nombre de la estación	Vereda de la estación	Ubicación Geográfica de la E.	Altitud (m.s.n.m)	Distancia estaciones		
					Estación	Km	
1	Esmero	Vereda El Esmero	02°40'13.7" N	1576	Nace	1	8,01
			075°14'10.6" E				
2	Pavas	Vereda Las Pavas	02°39'51.3" N	1376	1	2	2,22
			075°15.07.9" E				
3	Palmar	Vereda Palmar Bajo	02°41'25.1" N	701	2	3	7,91
			075°17'15.5" E				
4	Piravante	Vereda Alto Piravante	02°41'22.1" N	596	3	4	3,26
			075°18'46.1" E				
5	Viso	Vereda El Viso	02°41'54.9" N	516	4	5	2,74
			075°19'55.3" E				

Nota: "E" significa estación de muestreo.

En la primera etapa de investigación, se determinó la realización de muestreos en ámbitos espaciotemporales que tuvieron en cuenta estaciones ubicadas desde el

nacimiento hasta la desembocadura de Río Frío Campoalegre (Figura 3), en cinco sectores (Ver Tabla 5.), con gradientes altitudinales entre 1576 y 516 m.s.n.m., de las cuales, dos estaciones se encuentran en zona alta de la cordillera oriental, una en la zona media o piedemonte y dos en la parte baja (antes y después del casco urbano), de forma tal que se realizó un recorrido de reconocimiento de la microcuenca, a lo largo del eje de drenaje principal, sobre trayectos que reunieran condiciones similares de hábitats acuáticos, aunque con influencias externas diferentes en cuanto al uso del suelo contiguo a las orillas del afluente.

6.1.2 Institución Educativa Eugenio Ferro Falla.

Al norte del casco urbano del municipio, se encuentra la Institución Educativa Eugenio Ferro Falla, mejor conocido como el colegio Municipal, está ubicado en la Calle 29 N ° 6 - 44, con 50 años de brindar a la comunidad Campoalegruna una excelente gestión académica, este establecimiento educativo es de carácter mixto y en los últimos años se ha especializado en el área técnica, en convenio con el SENA. En cuanto a la pedagogía la Institución ha venido trabando una tendencia pedagógica apoyada en los principios tradicionales, y complementándolos con algunos paradigmas de la pedagogía moderna, por lo tanto, el colegio se ha inclinado por la pedagogía Conceptual.

6.2 ALCANCE DEL ESTUDIO.

El estudio para determinar la calidad del agua de Río Frío del municipio de Campoalegre comprende principalmente la colecta de macroinvertebrados bentónicos, en donde se identificó hasta el nivel taxonómico de familia, dado que los diferentes índices biológicos exigen hasta este nivel de clasificación. Además, se analizó las pruebas fisicoquímicas, a través de los índices de contaminación ICO.

En el contexto pedagógico, este estudio generó una guía de campo para que los estudiantes, mediante la observación directa de las condiciones de Río Frío y aplicando el método BMWP/Col a una de las estaciones de muestreo, contribuyan a generar y

fortalecer actitudes de conservación para preservar este afluente tan importante para el municipio.

6.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN.

El tipo de investigación en la determinación de la calidad del agua es básica, experimental y descriptiva porque según Soto (2011) se incrementa los conocimientos científicos y mediante actividades modifica la realidad con el propósito de crear el fenómeno mismo que se indaga, debido a que se busca entregar un soporte fidedigno sobre la calidad del agua de Río Frío, asimismo, Hernández y Ramírez (2016) expresan que dependiendo de la perspectiva del estudio en el orden secuencial de investigación, y de los objetivos planteados, requiere antecedentes de una fase exploratoria, porque se necesita investigar un fenómeno poco estudiado en la región desde una perspectiva innovadora, donde se considere el cuerpo de agua como ecosistema, además de identificar conceptos que generen preguntas y preparen el terreno para nuevos estudios. Por otro lado, es longitudinal porque de acuerdo con Bencomo *et al.*, (2010). el estudio se hace en un tiempo prolongado viendo la evolución del evento bajo estudio.

En cuanto al ámbito pedagógico, correspondiente a la salida de campo y actividades lúdico-pedagógicas, el tipo de investigación es aplicada porque “depende de la investigación básica, referente a los resultados y avances de este último, se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos que se adquieren” (Soto, 2011); por medio de la práctica de campo, los estudiantes se familiarizaron con el método BMWP/Col para determinar la calidad biológica del agua; igualmente, es una investigación de campo y exploratoria, porque, Soto (2011) manifiesta que este tipo de investigación se apoya en informaciones que provienen entre otras, de entrevista, cuestionarios, encuestas y observaciones y se realiza con el propósito de destacar los aspectos fundamentales de una problemática determinada y encontrar los procedimientos adecuados para elaborar una investigación posterior; por eso, después de la aplicación de la salida de campo se generó una guía para que los docentes puedan abordar esta temática en las instituciones educativas.

6.4 ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN.

Para el caso particular de la investigación, el enfoque planteado es mixto, que de acuerdo con Hernández *et al.*, (2014), este enfoque es un proceso que recolecta, analiza y vincula datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio para responder a un planteamiento del problema, en este caso, ¿Cuál es la calidad del agua del Río Frío de Campoalegre según los macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores y las pruebas fisicoquímicas? Y ¿Cómo contribuye el desarrollo de una salida de campo para el estudio de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores, en la generación de actitudes de conservación en estudiantes del grado undécimo de la Institución Educativa Eugenio Ferro Falla del municipio Campoalegre, Huila?, considerando a los estudiantes como un todo y corroborando los resultados con las variables estadísticas.

En la primera etapa de investigación, Prat *et al.*, (2009) confirma que los índices bióticos son una de las maneras más comunes de establecer la calidad biológica de los ríos. Se suelen expresar en forma de un valor numérico único que sintetiza las características de todas las especies presentes, habitualmente consisten en la combinación de dos o tres propiedades de la asociación: la riqueza de taxa y la tolerancia/intolerancia a la contaminación para los índices cualitativos, y estos junto a la abundancia (absoluta o relativa) para los índices cuantitativos.

Además, Aznar (2000) señala que la capacidad del agua para que se desarrolle vida en su seno, la convierte en un sistema complejo sobre el que habrá que realizar análisis tanto cualitativos como cuantitativos con objeto de conocer el tipo y grado de alteración que ha sufrido, y consecuentemente como se encuentran modificadas sus propiedades para usos posteriores. Puesto que la alteración de la calidad del agua puede venir provocada tanto por efectos naturales como por la actuación humana derivada de las actividades industriales, agropecuaria, doméstica o de cualquier otra índole, no es de extrañar que el análisis de los parámetros de calidad del agua se deba realizar a todo tipo de aguas, independientemente de su origen.

De acuerdo a lo anterior, este proyecto de investigación, va enfocados a resolver el problema del desconocimiento sobre el estado actual de la calidad del agua del Río Frío, porque la subjetividad de los pobladores es que las aguas de este afluente no están en condiciones adecuadas para el desarrollo de la vida, por otra parte, las condiciones del hábitat, las estaciones de muestreo y la disponibilidad de los sustratos para la colonización de los macroinvertebrados bentónicos, son elementos cualitativos de la investigación, pero, lo observado desde la óptica metodológica, es acercarse o bien, presentar la realidad objetiva sobre la calidad del agua de Río a una sociedad civil, por medio de la educación, igualmente, los índices biológicos (BMWP/Col, ASPT, EPT, Dípteros e ICOBIO), los índices de contaminación ICO (ICOMI, ICOSUS, ICOTRO e ICOPH) y la abundancia o números de familias de macroinvertebrados son elementos cuantitativos.

En la etapa educativa, el desarrollo de un enfoque mixto es compleja, debido a que se trabaja en el ámbito social, el cual no se puede interpretar a los estudiantes como objeto de estudio, puesto que cada uno tiene diferentes concepciones y motivaciones en el proceso de aprendizaje, con diferentes comportamientos que hace complicado asignarle un valor numérico a la opinión o información que tenga frente a una temática o problemática, por ello, De Armas (2001) describe que los enfoques cuantitativos en la ciencia pedagógica obtiene en el grupo o los grupos estudiados, los datos cuantificables como resultado inmediato, sin considerar el valor de las diferencias individuales, lo contextual, o los efectos poco usuales y tratan simular en el aula, las condiciones de laboratorio, aunque ha aportado mucho al conocimiento científico, sus técnicas han tenido gran desarrollo.

En contraparte, el enfoque cualitativo el investigador no aísla el objeto de estudio, sino que interacciona con él y se influyen mutuamente. El investigador trabaja en escenarios naturales, no manipula el contexto o los participantes para realizar la investigación, sino que actúa en situaciones reales, donde los sujetos se conducen tal como son. Ello exige trabajo de campo, entrar en contacto personal con los participantes y establecer con ellos relaciones empáticas intensas, no obstante, sus falencias a su

subjetividad, a la sobrecarga de los juicios valorativos del investigador, al énfasis en el descubrimiento frente al de la verificación, por no ser replicables, a su poca fiabilidad y poca validez externa y a su poca exactitud, precisión y rigurosidad (De Armas, 2011).

Por consiguiente, el mismo autor establece que los investigadores deben observar de forma sistematizada e interpretar eso que observan; esto incluye no sólo a los investigadores de las ciencias sociales, sino a los de las ciencias naturales, así como el método natural-empírico aporta a las áreas sociales, el método hermenéutico-interpretativista aporta a la comprensión del conocimiento en las áreas naturales.

Las diferencias realmente claras radican en la naturaleza distinta de sus objetos de estudio, en la naturaleza distinta de sus variables y en los objetivos particulares de cada investigación; del mismo modo, Bisquerra (1989) citado en De Armas (2011) plantea la posibilidad de llegar a una síntesis dialéctica entre los métodos cualitativos y cuantitativos, considerándolos como complementarios. Coincide con la idea de la necesidad de no solo explicar y comprender el fenómeno educativo, sino que además se deben introducir cambios encaminados a mejorar el sistema.

Hernández *et al.*, (2014) afirma que la formulación del planteamiento tiene tres momentos decisivos (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2012), aunque siempre se encuentra en evolución y puede ser modificada para adaptarse al estudio:

- a) Al inicio del estudio, producto de una primera evaluación del problema y la revisión de la literatura básica.
- b) Al momento de tomar decisiones sobre los métodos.
- c) Una vez que se tienen los primeros resultados e interpretaciones emergentes.

6.5 MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN.

Hernández *et al.*, (2014) aseveran que al elaborar la propuesta y concebir el diseño mixto, el investigador necesita tomar en cuenta los tiempos de los métodos del

estudio, particularmente en lo referente al muestreo, recolección y análisis de los datos, así como a la interpretación de resultados. En este sentido, los componentes o métodos pueden ejecutarse de manera secuencial o concurrente (simultáneamente).

Para nuestro estudio en particular, el método de investigación fue de manera secuencial, el cual, en una primera etapa se recolectan y analizan datos cuantitativos o cualitativos, y en una segunda fase se recaban y analizan datos del otro método (sea cuantitativos o cualitativos). Normalmente, cuando se recolectan primero los datos cualitativos, la intención es explorar el planteamiento con un grupo de participantes en su contexto, para posteriormente expandir el entendimiento del problema en una muestra mayor y poder efectuar generalizaciones a la población (Creswell, 2013, citado en Hernández *et al.*, 2014).

En esta investigación, primero se realizó un método cualitativo en las dos etapas (reconocimiento del hábitat en la primera y cuestionario y salida de campo a los estudiantes en la segunda), para luego, analizar los datos con un método cuantitativo (índices biológicos y paquete estadístico SPSS), por ello, Hernández *et al.*, (2014) certifica que los diseños que implica una fase inicial de recolección y análisis de datos cualitativos seguida de otra donde se recaban y analizan datos cuantitativos, se denomina Diseño exploratorio secuencial (DEXPLOS).

De acuerdo con el mismo autor, este diseño puede ser en la modalidad derivativa o comparativa, para este proyecto, se realizó la modalidad comparativa, puesto que en la primera fase se recolectan y analizan datos cualitativos para explorar un fenómeno, generándose una base de datos; posteriormente, en la segunda etapa se recolectan y analizan datos cuantitativos y se obtiene otra base de datos (esta última fase no se construye completamente sobre la plataforma de la primera, pero toma en cuenta los resultados iniciales), por lo cual, se puede dar prioridad a lo cualitativo o a lo cuantitativo, o bien, otorgar el mismo peso.

Este diseño de investigación DEXPLOS es útil para quien busca explorar un fenómeno, pero que también desea expandir los resultados. Una gran ventaja reside en que es relativamente más fácil de poner en marcha porque las etapas son claras y diferenciadas. Asimismo, resulta más sencillo de describir y reportar (Creswell, 2009, citado en Hernández *et al.*, 2014).

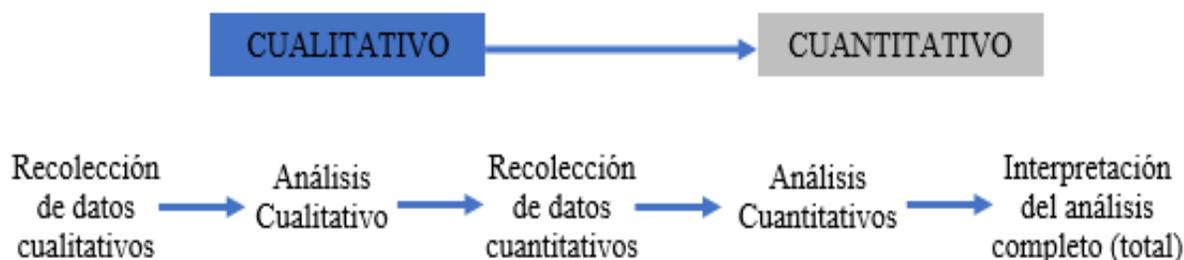


Figura 4. Esquema del diseño exploratorio secuencial (DEXPLOS).

Fuente: Hernández *et al.*, (2014)

6.6 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.

El método de la investigación es importante para llevar el desarrollo metodológico sin perder claridad y precisión en la formulación consecuente del problema, los objetivos y el desarrollo metodológico. La recolección de la información, al estar basado en un modelo mixto, trabaja con técnicas cuantitativas y cualitativas, por eso, dependiendo del enfoque de la investigación y de la etapa de la investigación, las técnicas de recolección de la información son las siguientes:

6.6.1 Técnica de recolección en Ecología.

El Departamento de Ecología de la Universidad de Alcalá (2005) describe que la obtención de datos empíricos implica realizar muestreos de campo o experimentos, en ambos casos habrá que determinar qué variables se van a medir, cómo se van a recoger los datos (es decir, qué tipo de muestreo o de experimento se va a llevar a cabo), y cuáles van a ser los análisis; para esta investigación la técnica consistió en el muestreo de campo.

Para realizar un muestreo de campo, como explica el autor anterior, se toma una muestra representativa de la población y sobre la muestra se toman las medidas y se comprueba la hipótesis con ayuda de los métodos estadísticos, que permiten cuantificar la probabilidad de cometer un error al extrapolar las conclusiones obtenidas sobre la muestra para el conjunto de la población. Para este estudio se realizó el muestreo que se presentan a continuación:

- Muestreo sectorizado o estratificado: se utiliza cuando la variable independiente, o factor, es de naturaleza cualitativa y permite dividir el universo de muestreo en estratos o sectores, que corresponden a cada uno de los niveles del factor. En cada estrato se toma un número similar de unidades para asegurar que quedan igualmente representados en nuestra muestra.

Este tipo de técnica, como lo indica el Departamento de las Ciencias en Construcción de la Universidad de Chile (2010) requiere de una observación por todos los medios de las variables directamente en su contexto natural, el cual se denomina la observación directa; asimismo, el Departamento de Ecología de la Universidad de Alcalá (2005) asegura que en esta clase de estudio observacional hay un escaso o nulo control de los factores ambientales, por lo tanto, las variables observables que se desea estudiar pueden tomar diferentes valores y se puede clasificar principalmente de dos formas:

- Independiente: Son las que el investigador considera responsables del fenómeno que se estudia (factores). Para este proyecto de investigación las variables independientes o cualitativas son: Composición de un volumen de la muestra, Tipo hábitat para hacer el muestreo, Ubicación de las unidades de muestreo, Tamaño poblacional de macroinvertebrados acuáticos (presencia/ausencia).

- Dependiente: Son las que el investigador mide para cuantificar el fenómeno estudiado, y comprobar si efectivamente son las variables independientes las responsables de dicho fenómeno. Las variables dependientes de este estudio son: Valores de los parámetros evaluados (Índices biológicos y de contaminación ICOs),

Número de familias de macro invertebrados encontrados (Volumen de la muestra), distancias entre unidades de muestreo.

6.6.2 Técnica de recolección en la Educación.

En la segunda etapa investigación se va a emplear el método de la observación participante y análisis de contenido cualitativo y cuantitativo. En cuanto a la fase cualitativa, Hernández *et al.*, (2014) sostienen que la recolección de los datos está orientada a proveer de un mayor entendimiento de los significados y experiencias de las personas. El investigador es el instrumento de recolección de los datos, se auxilia de diversas técnicas que se desarrollan durante el estudio. Es decir, no se inicia la recolección de los datos con instrumentos preestablecidos, sino que el investigador comienza a aprender por observación y descripciones de los participantes y concibe formas para registrar los datos que se van refinando conforme avanza la investigación.

López-Barajas, (2004) manifiesta que la observación participante se orienta hacia los grupos, las comunidades y la organizaciones e implica una inmersión en la vida y la cultura del grupo social, aunque se advierte de la necesidad de mantener una cierta distancia profesional para la objetividad de la observación, se trata en realidad de adoptar una doble perspectiva que permite percibir la realidad <<desde adentro>>, y <<desde fuera>>, es decir, los hechos de la realidad, y los fenómenos de la percepción subjetiva que el grupo tiene, por lo tanto, se va a manejar este tipo de observación donde el investigador procede a recopilar la información sin dirigirse a las personas implicadas en la investigación, de esta manera se busca observar las respuestas de los estudiantes a las actividades en la guía de campo mediante el análisis de contenido.

El análisis de contenido busca determinar las distintas posturas y respuestas que tienen los estudiantes a priori y posteriori para compararlas y determinar si hubo un cambio positivo de las ideas previas y si se cumple con el objetivo de incentivar actitudes de conservación de los ecosistemas acuáticos en los estudiantes.

Es así como se cita el método de análisis de contenido en investigación, que Según Andreu (2002), el análisis de contenido en un sentido amplio, es una técnica de interpretación de textos, ya sean escritos, grabados, pintados, filmados..., u otra forma diferente donde puedan existir toda clase de registros de datos, transcripción de entrevistas, discursos, protocolos de observación, documentos, videos,... el denominador común de todos estos materiales es su capacidad para albergar un contenido que leído e interpretado adecuadamente nos abre las puertas al conocimientos de diversos aspectos y fenómenos de la vida social.

De acuerdo con Hernández Bonnett citado en Hernández *et al.*, (2016) “En una investigación se pueden combinar técnicas cuantitativas y cualitativas para recabar información, que impliquen cuestionarios, observaciones y entrevistas”, en este caso, se utilizó un cuestionario de caracterización de ideas previas que consistió en preguntas abiertas validados por expertos en el área de las Ciencias Naturales (ver anexo 2), el cual, como lo explica el autor anterior “un cuestionario consiste en un conjunto de preguntas respecto de una o más variables a medir”, esta se analizó además del análisis de contenido cualitativo, con el análisis de contenido cuantitativo.

El Análisis de contenido cuantitativo es una técnica para estudiar cualquier tipo de comunicación de una manera “objetiva” y sistemática, cuantifica los mensajes o contenidos en categorías y subcategorías, y los somete a análisis estadístico, (Hernández *et al.*, 2014).

6.7 ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN.

A continuación, se presenta con más detalles las dos etapas de la investigación, que fueron expuestas anteriormente, que corresponden a la determinación de la calidad del agua de Río Frío, a través de índices biológicos y de contaminación, y a las estrategias didácticas (como las salidas de campo) para fomentar actitudes de conservación en los estudiantes del grado undécimo de la Institución Educativa Eugenio Ferro Falla:

6.7.1 ETAPA 1: DETERMINACIÓN CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA.

Las estaciones se muestrearon desde el mes de mayo del año 2017 hasta el mes de agosto del 2017; en ese año, la temporada de lluvias se prolongó debido a un débil fenómeno de la Niña que perduró hasta el mes de mayo (IDEAM, 2017).

6.7.1.1 Fase I: Reconocimiento de los sitios de muestreo.

Como se mencionó en el apartado área de estudio, se seleccionaron estratégicamente (5) zonas de referencia, ubicadas a distancias aleatorias en el gradiente de Río Frío, las estaciones de muestreo van desde la confluencia del Parque Natural Regional La Siberia (a ocho kilómetros de su nacimiento) hasta aguas arriba de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (a dos kilómetros de la desembocadura). Las delimitaciones de las zonas de muestreos, se hizo de acuerdo con el mapa de zonificación ambiental de la CAM (1999), con algunas modificaciones, debido a la creación del Parque Natural Municipal “Luis Antonio Motta Falla”, en la parte media de microcuenca. En la Tabla 6., se presenta las delimitaciones ambientales de las zonas de muestreo.

Tabla 6.

Zonificación ambiental de las estaciones de muestreo.

Estación de muestreo	Zonificación Ambiental	Vereda
1	Área forestal protectora (Confluencia Parque Natural Regional La Siberia)	El Esmero
2	Área de producción agropecuaria moderada (Zona cafetera)	Las Pavas
3	Área de producción agropecuaria baja (Parque Natural Municipal “Luis Antonio Motta Falla”)	Palmar Bajo
4	Área forestal productora protectora (Bosque Cacaotero)	Alto Piravante
5	Área de producción agropecuaria intensiva (Cultivo de arroz)	El Viso

Fuente. CAM, (1999) – Ajuste autores.

Cabe resaltar que el 22 de febrero del 2017 ocurrió una avenida torrencial de Río Frío Campoalegre, Montoya *et al.*, (2009) certifica que el aumento del caudal en un cauce con volúmenes excepcionales, en el cual, el fluido además de agua contiene una mezcla de escombros compuesta por suelo, roca y material vegetal. Este fenómeno está restringido a cauces relativamente pequeños de ríos de montaña, por ende, en el Río Frío de Campoalegre como consecuencia afectó la vegetación ribereña de las estaciones de muestreo.

Por la razón anterior, la cobertura vegetal, compuesta por árboles y plantas de mayor tamaño es escasa y dispersa, de manera que, la disponibilidad de hojarasca en el lecho del río para la colonización de macroinvertebrados acuáticos era deficiente. Por eso, las estaciones de muestreo estaban dominada por plantas pioneras, por lo que, según Valverde *et al.*, (2005) refiere que todo proceso de sucesión ecológica, después de un disturbio, deja espacios libres para ser colonizados por nuevas plantas, generalmente de baja estatura y ciclos de vida cortos, denominados especies pioneras, seguidamente, prosiguen plantas de mayor complejidad estructural y ciclos de vida un poco más largas, tales como hierbas perennes o arbustos. A continuación, se detallan las estaciones muestreadas en el afluente.

- **Estación 1:** Zona alta de la microcuenca, en confluencia del Parque Natural Regional La Siberia (ver Figura 5), con altura de muestreo: 1576 m.s.n.m.; bosque ripario fragmentado con influencia de predios cafeteros que no permite bosques de galería anchos, el cual, está a cuatro metros de la orilla del afluente, dominado por rocas de diferente tamaños, por lo que las familias de plantas pioneras predominantes consiste en Convolvulaceae, Urticaceae, Asteraceae, Heliconiaceae (platanillo), Dennstaedtiaceae (helechos), Melastomataceae, Amaranthaceae, entre otras. Las dos márgenes presentan pendiente alta: por el margen derecho hay deslizamiento del terreno; en el margen izquierdo, presenta bosque de galería, sin embargo, no hay cobertura vegetal total en el cauce.

- **Estación 2:** Cauce de Río Frío en la zona cafetera (ver Figura 6) que presenta una altura de muestro de 1376 m.s.n.m.; esta estación tiene un fuerte impacto antropogénico, en consecuencia, el bosque ripario es escaso y en parches, alejado de la orilla del afluente, de modo similar a la estación anterior, pero la diferencia es que no se encuentran plantas pioneras en la rivera rocosa cercana al Río Frío. La margen derecha posee una pendiente alta con deslizamientos de tierra, por el contrario, en la margen izquierda hay algunos asentamientos humanos porque la pendiente es propicia para esta actividad.

- **Estación 3:** Ubicada en la bocatoma del acueducto municipal, en el sector medio de la microcuenca (ver Figura 7), con altura de muestreo: 701 m.s.n.m.; esta parte del río está en zona de bosque protegido, por lo que tiene buena cobertura vegetal, pero con árboles esporádicos en la orilla, debido a la avenida torrencial, el bosque de galería está a diez metros en la margen derecha y seis metros en la margen izquierda; no hay presencia de actividades humana en la cercanía del afluente; la pendiente en esta estación es suave y al igual que las demás estaciones, las plantas pioneras dominante son las Asteraceae, Acanthaceae, Rubiaceae, Muntingiaceae, Fabaceae (Inga), Cyperaceae (Cyperus), Malvaceae.

- **Estación 4:** Área forestal productora protectora (ver Figura 8), anterior al casco urbano del municipio de Campoalegre, en la parte baja de la microcuenca, con altura de muestreo: 596 m.s.n.m.; no tiene influencia de bosque de galería, por intervención humana con predios dedicados a ganadería bovina extensiva y la agricultura, sin embargo, en la orilla del cauce hay pastizales y arboles dispersos y solitarios. Esta zona presenta tomas de agua para uso del acueducto municipal y de predios agropecuario, que reducen el caudal significativamente. Pendiente suave, la ribera del río está compuesto por rocas de tamaño medio y la vegetación y plantas pioneras presente son las Gramineas, Cyperaceae (cyperus), Malvaceae (guásimo). En la margen derecha hay predios potrerizados y la margen izquierda está dedicada al cultivo del arroz.

- **Estación 5:** Después de su paso por el casco urbano (ver Figura 9), el afluente recibe agua residuales de casa aledañas al río y de algunas alcantarillas, el cual, se refleja con la presencia de espuma café y sedimentación amarillenta, con altura de muestreo: 516 m.s.n.m.; por la ampliación urbana (barrios de invasión) en la margen derecha y las parcelas dedicadas principalmente al cultivo de arroz en la margen izquierda, no hay presencia de bosque ripario, en su lugar, hay árboles dispersos por todo el sector; en esta zona hay disminución del caudal por el desvío a predios agropecuarios. Pendiente suave, con playas de arena y algunas plantas pionera como el Polygonum, Verbena, Solanaceae, Commelinaceae, Asteraceae.



Figura 5. Estación Esmero (Zona alta montaña).



Figura 6. Estación Pavas (Zona alta montaña).



Figura 7. Estación Palmar (Media montaña).



Figura 8. Estación Piravante (Zona baja).



Figura 9. Estación Viso (Zona baja).

6.7.1.2 Fase II: Métodos y procedimientos para el muestreo.

Las técnicas de muestreo se relacionan con la toma de información en campo (en los tres periodos de investigación correspondientes a mayo-junio y agosto) de los distintos aspectos, tales como: Datos hidrológicos y ambientales, fisicoquímicos (del afluente), macroinvertebrados bentónicos, parámetros biofísicos y condiciones de habitabilidad acuática de cada sector de muestreo.

6.7.1.2.1 Toma de datos hidrológicos y ambientales.

En virtud de la topografía del terreno, se incluyó la toma de datos *in situ* de parámetros morfométricos del cauce relacionados con la velocidad promedio del flujo, sección transversal para cálculo del caudal y diferentes profundidades en distintas secciones; para la toma de caudal, se utilizó el método del flotador. Las condiciones de habitabilidad y descripción general de los sectores de muestreo, se hizo previamente con un recorrido preliminar de reconocimiento, y en los días de muestreo en el mes de mayo del 2017, un reporte descriptivo y semicuantitativo a partir de ficha de registro en campo de Chará (2004), citado en León, (2014). 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. En cuanto a parámetros de importancia en la determinación física de características ligadas al hábitat, se tuvieron en cuenta la velocidad y tipo de sustrato.

El parámetro de velocidad de corriente cambia según la temporada de muestreo, y es variable según las condiciones del hábitat; por lo que se tuvieron en cuenta condiciones de homogeneidad entre sustratos y velocidad de la corriente para cada microambiente, estación y temporada de muestreo. En general, los sectores muestreados correspondieron a flujos con velocidad alta y baja, en donde se destacan pendientes altas y bajas.

6.7.1.2.2 Toma de datos fisicoquímicos.

Se realizaron los muestreos a partir de mayo de 2017 (periodo de lluvias), junio del 2017 (periodo intermedio) y agosto del 2017 (periodo seco), tomando un muestreo aleatorio en las cinco estaciones definidas. Para realizar el muestreo fisicoquímico, las muestras de agua colectadas se introdujeron a un frasco plástico de 500 mL (Figura 10) para cada estación de muestreo, el cual, se sumerge rápidamente en a contracorriente y posteriormente se refrigeran en neveras de poliestireno con placas de congelación eutéctica en un periodo no superior a 24 horas.

La información fisicoquímica fue realizada para los tres muestreos en el Laboratorio DIAGNOSTICAMOS de la ciudad de Neiva (acreditado por el IDEAM de acuerdo con la resolución 0834/2016) en la división ambiental. La temperatura se midió in situ con un termómetro digital calibrado en grados centígrados; las demás variables que incluyen el pH, oxígeno Disuelto, conductividad, alcalinidad, dureza total, fosforo total, sólidos totales, sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos totales y turbidez, se analizaron posteriormente en el laboratorio en mención.

6.7.1.2.3 Muestreo de macroinvertebrados bentónicos.

Se delimitó en cada estación un transecto de 10 m; se hizo un muestreo cuantitativo por medio de la red surber de dimensiones 30,5 cm x 30,5 cm con ojo de malla de 200 micras (ver Figura 10), teniendo en cuenta realizar tres repeticiones para cada uno de los tres tipos de sustratos encontrados, correspondientes a hojarasca, gravilla y arena. De esta manera, para la colecta de los macroinvertebrados se introduce el marco vacío de la red surber en el fondo del río y el otro marco que contiene la malla se pone en contra de la dirección de la corriente, inmediatamente se remueve el material del fondo y por la acción de la perturbación y la corriente los organismos bentónicos quedan atrapados en la red. Seguidamente se separa los macroinvertebrados de cualquier material, teniendo en cuenta a los organismos que quedan atrapado en la red Surber.

La muestra compuesta fue almacenada posteriormente en frascos plásticos de 500 ml debidamente rotulados, y con alcohol al 96% para su preservación; se hicieron 3 réplicas por sustrato para la obtención correspondiente de tres muestras compuestas por sustrato y por estación de muestreo; los procedimientos llevados a cabo para la preparación, colecta y disposición de muestras de macroinvertebrados bentónicos, se realizaron teniendo en cuenta lo propuesto por Pinheiro *et al.*, (2004).



Figura 10. Trabajo de Campo en Río Fío de Campoalegre

Nota: a) Colecta de agua en recipiente para las pruebas fisicoquímicas, b) colecta de macroinvertebrados con ayuda de la red Surber, c) separación de sustrato y d) toma de datos hidrológicos.

6.7.1.3 Fase III: Análisis de datos.

6.7.1.3.1 Análisis de datos fisicoquímico.

Los datos obtenidos se analizaron mediante índices de contaminación en variaciones espaciotemporal teniendo en cuenta las condiciones ambientales presentes

en cada muestreo, y la determinación de índices de contaminación (ICOS) establecidos por Ramírez y Viña (1998) (ver Tabla 7.).

Tabla 7.

Índices de contaminación evaluados en Río Frío.

Nombre	Ecuación del indicador				Descripción
ICOMI	$ICOMI = \frac{1}{3} (I_{\text{Conductividad}} + I_{\text{Dureza}} + I_{\text{Alcalinidad}})$				Índice de contaminación por mineralización.
I.Conductividad	$I_{\text{Conductividad}} = \log_{10} \frac{\text{Conductividad} - 3,26}{1,34}$ $I_{\text{Conductividad}} = 10^{\log I_{\text{Conductividad}}}$				Índice de conductividad. Conductividad mayor a 270 $\mu\text{S/cm}$, tiene un índice = 1.
I.Dureza	$I_{\text{Dureza}} = \log_{10} \frac{\text{Dureza} - 9,09}{4,40}$ $I_{\text{Dureza}} = 10^{\log I_{\text{Dureza}}}$				Índice de dureza. Dureza mayor a 110 mg/L, tiene un índice = 1; Dureza menor a 30 mg/L, tiene un índice = 0
I.Alcalinidad	$I_{\text{Alcalinidad}} = -0,25 + 0,005 \text{ Alcalinidad}$				Índice de alcalinidad. Alcalinidad mayor a 250 mg/L, tiene un índice = 1 Alcalinidad menor a 50 mg/L, tiene un índice = 0
ICOSUS	$ICOSUS = -0,02 + 0,003 \text{ Sólidos Suspendidos}$				Índice de contaminación por sólidos suspendidos. Sólidos Suspendidos mayor a 340 mg/L, tiene un índice = 1; Sólidos Suspendidos menor a 10 mg/L, tiene un índice = 0
ICOpH	$ICOpH = \frac{e^{-31,08+3,45pH}}{1 + e^{-31,08+3,45pH}}$				Índice de contaminación por pH.
ICOTRO	Oligotrofia <0,01	Mesotrofia 0,01-0,02	Eutrofia 0,02-1,00	Hipereutrofia >1,00	Índice de contaminación por trofia

Fuente. Adaptada de Fernández *et al.*, (2005).

Se implementó el Software ICATEST V1.0 Fernández *et al.*, (2004), por medio del cual fue posible llevar a cabo un análisis comparativo entre estaciones y periodos de muestreo a partir de la aplicación de los índices de contaminación propuestos por Ramírez y Viña (1998-1999), como fueron: ICOMO (índice de Contaminación por Materia

Orgánica), ICOMI (índice de Contaminación por mineralización); ICOSUS (índice de Contaminación por Sólidos suspendidos), ICOpH (índice de Contaminación por pH).

Luego, se hizo un análisis de correspondencia canónica para relacionar los parámetros fisicoquímicos con parámetros biológicos obtenidos, siendo una técnica multivariante representada en un espacio geométrico de pocas dimensiones en donde se pueden visualizar posibles proximidades entre el conjunto de parámetros considerados, condicionado por una serie de variables predictoras.

6.7.1.3.2 Análisis y determinación taxonómica de macroinvertebrados.

Las muestras de macroinvertebrados acuáticos que se recogieron en cada una de las estaciones de la microcuenca Río Frío, se llevaron a los laboratorios de biología de la Universidad Surcolombiana, donde fueron separados de cualquier tipo de material a través de coladores y tamices de 250 micras (ver Figura 11), se limpiaron y pusieron en recipientes de 8 mL con alcohol al 93% debidamente rotulados.



Figura 11. Trabajo de laboratorio.

Nota: a) Identificación taxonómica por medio de estereoscopio Leica y b) Separación de organismos para posterior identificación

Las identificaciones de las taxas fueron hasta el nivel de familia lo cual se realizó con la ayuda de herramientas como: Estereoscopio marca Leica EZ4HD (ver Figura 11), equipo de disección para manipulación de macroinvertebrados, caja Petri, libros, artículos y descripciones de claves taxonómicas disponibles como, Machado y Rincón (1989), Domínguez & Fernández (2009) y Roldán-Pérez (2012) entre otros.

6.7.1.3.3 Análisis de datos para determinación de índices bióticos.

Una vez obtenida la identificación taxonómica de todos los macroinvertebrados, se hizo el conteo de cada individuo, obteniéndose el número de individuos de cada taxón por orden, sustrato y estación; posteriormente se hallan las proporciones de individuos a partir de su abundancia relativa a nivel familias.

Se determinaron índices ecológicos ligados a la presencia/ausencia de organismos bioindicadores, porcentaje de presencia de algunos grupos de organismos (como los Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera y Diptera), para establecer el estado de calidad del agua se aplicó el índice BMWP/Col, ASPT, EPT, Dípteros e ICOBIO.

6.7.2 ETAPA 2: INTERVENCIÓN DIDÁCTICA.

La buena organización de una salida es fundamental para conseguir los objetivos propuestos. Es conveniente planificar de manera conjunta con otros profesores las salidas. Para ellos es importante realizar un inventario de los lugares y aspectos que se consideran más importantes. Las actividades fuera del aula pueden realizarse conjuntamente entre el profesorado de distintas áreas, de tal forma que se facilite la relación entre contenidos de diferentes tipos. Amórtegui (2011).

En la planificación de una actividad de campo debe distinguirse una primera fase antes de salir, en la que deben centrarse los objetivos y forma de trabajo durante la salida y proporcionar la información y técnicas que serán necesarias. También es de gran importancia la fase posterior de la salida, que ha de permitir sistematizar y relacionar las

observaciones e informaciones recogidas, estudiar el material y elaborar conclusiones generales (Del Carmen y Pedrinaci, 1997). Además de lo anterior, es importante que el docente demarque el itinerario, los costos de la salida y la obtención de los permisos (Alarcón y Piñeros, 1989).

6.7.2.1 Metodología para la caracterización de macroinvertebrados.

El muestreo con los estudiante se realizó el 21 de septiembre del 2017 en la estación Palmar que se localiza en la bocatoma del acueducto municipal y está ubicada en el Parque Natural Municipal Luis Antonio Motta Falla a 5 Km de distancia aproximadamente de la Institución Educativa, así que se gestionó el permiso en la Empresa Municipal del Acueducto de Campoalegre (EMAC), encargada de proteger esta área, asimismo, se tramitó el préstamo del autobús municipal en la Alcaldía de Campoalegre y se gestionó la salida de campo con el Rector de la Institución educativa el Especialista Roberto Sánchez , el cual, otorgó el permiso con el debido proceso establecido por la institución educativa, como la autorización de los padres de familia, el permiso de la Empresas Municipal del Acueducto de Campoalegre (EMAC) e igualmente el seguro por cada estudiante. La salida de campo quedo dividida de la siguiente manera:

6.7.2.1.1 Fase preliminar.

Con el fin de incentivar la conciencia ambiental en las futuras generaciones del municipio de Campoalegre, En esta fase, a los estudiantes seleccionados se les realizará un cuestionario inicial el cual fue validado (ver anexo 2), además de actividades introductorias al tema para socializar con los estudiantes temas relacionados a: ¿Qué son los macroinvertebrados acuáticos?, ¿Cuál es la importancia de los organismos en la bioindicación?, ¿Qué es calidad biológica del agua?, ¿Cuáles son las principales causas de contaminación en los ríos de Campoalegre?, entre otros, además se explica la metodología adecuada para la colecta de los organismos en el Río Frío, debido a que en la programación del área de Ciencias Naturales no imparte esta temática y la información que tiene los estudiantes es deficiente para el desarrollo de la salida de campo.

6.7.2.1.2 Fase de obtención de información en campo.

Con el fin de determinar la calidad biológica del agua por parte de los estudiantes, es necesario apoyarse en la toma de algunos datos tales como la altitud y las coordenadas geográfica de la zona, mediante la aplicación móvil GPS status, el cual, seguidamente, se ubicaron a los cinco grupos de trabajo en distintas zonas del río, para que no hubiera interferencia entre ellos, en un transecto de diez metros, donde se tuvieron en cuenta la disponibilidad de sustratos o microhábitats. Para la recolección de macroinvertebrados acuáticos se le entrego a cada grupo una red Surber, el cual, la introdujeron en tres sustratos que corresponde a arenilla, gravilla y hojarasca durante un minuto, seguidamente, fue almacenada en frascos plásticos de 500 ml debidamente rotulados, y con alcohol al 96% para su preservación, además, se midieron algunos datos hidrológicos como la velocidad de la corriente, mediante el método del flotador, la sección transversal, la profundidad y el caudal. La salida de campo se produjo desde las 8:00 am hasta las 11:30 am en horas de la mañana.

6.7.2.1.3 Fase de laboratorio.

El material colectado fue trasladado por parte de los grupos de trabajo al Laboratorio de Química de la Institución Educativa, para que los estudiantes identifiquen los macroinvertebrados mediante dos aplicaciones Android, las cuales son: Lupa (Play Store) por la necesidad de que la institución no contaba con equipos para la identificación de organismos macroscópicos y Macroinvertebrados Río Frío (diseñado por los autores) (ver anexo 4) en el cual, aparecen los registros fotográficos de los individuos colectados en la etapa anterior, explicitando la familia a que pertenece, posteriormente, después de identificados, se reúne los datos de todos los grupos para calcular el método BMWP/Col y así, determinar la calidad biológica de esa estación de muestreo por parte de ellos. Del mismo modo se aplicó un juego de mesa didáctico (ver anexo 5), en el cual los estudiantes reforzaban los contenidos vistos en clase.

7. RESULTADOS

7.1 DESCRIPCIÓN DE LOS HÁBITATS EN EL RÍO FRÍO.

En la estación 1 en la vereda El Esmero, el uso actual del suelo están dedicadas a actividades agrícolas como el cultivo de café y áreas protegidas para re-vegetalización natural del bosque aledaño a las riberas del río (debido a la cercanía de un área protegida), por otra parte, aunque presenta abundante vegetación en la orilla, no cubre el lecho del río, a causa de la avenida torrencial ocurrida en el mes de febrero (al igual que en todas las estaciones de muestreo), por lo que en la sucesión ecológica presenta plantas pioneras. De los tres sustratos establecidos para la investigación (arenilla, gravilla y hojarasca), el que se encontró en menor medida fue el de hojarasca, por la razón explicada anteriormente (avenida torrencial del Río Frío); el afluente posee combinaciones de profundidad y velocidad que forman corrientes bajas-rápidas y bajas –lentas. En ambas riberas presenta proceso de erosión manifiesto (deslizamiento de tierra), por lo que hay deposición de sedimentos, compuesta principalmente por rocas. Hay predominio de material rocoso (con rocas de gran tamaño en las orillas de río debido a la avenida torrencial).

La estación 2 en la vereda Las Pavas, en la zona cafetera, hay cambio de bosque natural por cultivos principalmente de café y con presencia de asentamientos humanos en la ribera del río; presenta algunos procesos erosivos en la margen derecha del cauce, debido a la inestabilidad de los bancos por la alta pendiente y la falta de vegetación, con caminos de tránsito humano y ganaderos permanente. Esta estación sufrió los mayores estragos a causa de la avenida torrencial, dejando la orilla inmediata del río carente de árboles y plantas causando una disminución notable, en comparación con las demás estaciones, de materia orgánica (hojarasca). En el cauce se dan corrientes bajas-rápidas, bajas –lentas y profundas-rápidas, con profundidades de más de 60 cm.

La estación 3, en la vereda Palmar Bajo, en el sector de la bocatoma del acueducto municipal, tiene un aumento del bosque de galería en la ribera del río, puesto

que esta zona está protegida por el municipio, aun así, hay árboles esporádicos en las orillas, principalmente en la margen derecha; no presenta influencia de actividades humanas; tiene sustratos disponibles para la colonización; posee combinaciones de profundidad y velocidad que forman corrientes bajas-rápidas, bajas-lentas y profunda-rápida, con profundidades superiores a 50 cm; por estar en la sección media de la microcuenca o piedemonte, la pendiente se suaviza, a pesar de eso, presenta proceso de erosión debido a deslizamientos, depositando sedimentos al cauce del río, compuestas por rocas de gran tamaño.

En la estación 4, en la vereda Alto Piravante, se observa una disminución en el cauce debido a que hay mayor influencia de cultivos permanentes y potreros, ya que utiliza las aguas del río para este propósito; esta estación se encuentra en la zona llana de la microcuenca, cercano al casco urbano; disminuye la profundidad y la anchura del río, por lo que aumenta la formación de aguas con zonas de lenticas, presentando solo una combinación que corresponde a bajas-lentas. Presenta rocas grandes y alta presencia de algas bentónicas, principalmente en el periodo intermedio; arboles dispersos en las orillas y proceso de erosión en los bancos por falta de protección vegetal, que se compone principalmente de gramíneas y presencia de troncos caídos en la orilla.

En la estación 5, en la vereda El Viso, a 2 km de la desembocadura de Río Frío al río Neiva, siguen las actividades agropecuarias, en especial, el cultivo de arroz, además de la expansión de la zona urbana en la ribera del río. Márgenes desprovistas de vegetación riparia y presenta un cauce similar a la estación anterior, observando solo una combinación de profundidad y velocidad que corresponde a bajas-lentas; las orillas del río forman playas de arena desprovista de rocas, arboles dispersos y una alta contaminación con la presencia de espuma y sedimento amarillento por el vertimiento de aguas residuales al afluente; no presenta procesos de erosión.

En cuanto a las condiciones de habitabilidad, la aplicación de la ficha de campo (Anexo 1) permitió evaluar la calidad del hábitat (ver Tabla 8.).

Tabla 8.

Valoración de calidad del hábitat de Río Frío Campoalegre.

Calidad Hábitat Río Frío	Esmero	Pavas	Palmar	Piravante	Viso
Periodo de Lluvias	13,7	13,1	13	8,8	5,9
Periodo Intermedio	13,7	13,1	13	7	4,6
Periodo Seco	13,5	12,9	12,7	7	4,6

Fuente: Autores

7.2 CARACTERIZACIÓN PARÁMETROS HIDROLÓGICOS.

Los resultados de los parámetros en las cinco estaciones de muestreo a lo largo de Río Frío, durante los tres periodos de muestreo, se muestran en las Tabla 9., Tabla 10. y Tabla 11..

Tabla 9.

Parámetros hidrológicos de Río Frío en el periodo de lluvias.

ESTACIÓN	Amplitud promedio (m)	Profundidad promedio (m)	Velocidad de la corriente (m/s)	Caudal (m ³ /s)
Esmero	5,47	0,30	0,55	3,28
Pavas	5,20	0,38	0,72	3,89
Palmar	4,71	0,32	0,43	2,20
Piravante	4,32	0,16	0,21	0,93
Viso	4,08	0,24	0,20	0,87

Fuente: Autores

Tabla 10.

Parámetros hidrológicos de Río Frío en el periodo intermedio.

ESTACIÓN	Amplitud promedio (m)	Profundidad promedio (m)	Velocidad de la corriente (m/s)	Caudal (m ³ /s)
Esmero	4,33	0,26	0,50	2,47
Pavas	5,16	0,37	0,68	3,71
Palmar	4,67	0,29	0,41	2,10
Piravante	3,71	0,04	0,09	0,34
Viso	1,47	0,06	0,09	0,13

Fuente: Autores

Tabla 11.

Parámetros hidrológicos de Río Frío en el periodo seco.

ESTACIÓN	Amplitud promedio (m)	Profundidad promedio (m)	Velocidad de la corriente (m/s)	Caudal (m ³ /s)
Esmero	3,87	0,23	0,43	1,94
Pavas	4,73	0,34	0,66	3,47
Palmar	4,52	0,28	0,41	2,02
Piravante	3,53	0,03	0,07	0,28
Viso	1,26	0,06	0,08	0,11

Fuente: Autores

Los estadísticos descriptivos para efectos de confiabilidad de los datos de caudal tomados en los tres muestreos se muestran a continuación:

Tabla 12.

Estadísticos Descriptivos para los datos de caudal analizados.

DATO	Rango	Valor Máximo	Valor Mínimo	Media Aritmética	Desviación estándar	Varianza
Caudal (m ³ /s)	3,78	3,89	0,11	1,84	1,30	1,69

Fuente: Autores

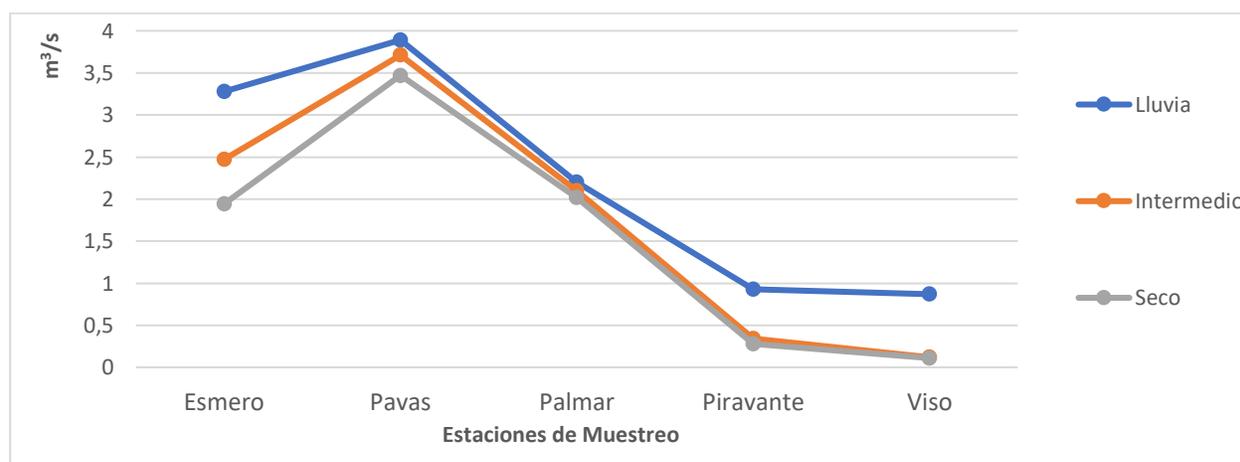


Figura 12. Caudal de las estaciones de muestreo en el Río Frío de Campoalegre.

La toma de datos hidrológicos para calcular el caudal por medio del método flotador, se realizaron en los periodos de lluvia (23 mayo - 30 mayo), intermedio (26 junio

- 30 junio) y seco (31 julio- 4 agosto), el cual, en el mes de mayo las lluvias estuvo por encima del promedio histórico, por eso, en este mes se hizo el muestreo para el periodo de lluvias; en el mes de junio, se presentó un decrecimiento de las precipitaciones en gran parte de la región andina; por último, el mes de agosto, las precipitaciones estuvieron cercanas al promedio histórico, es decir, este mes hace parte de la segunda temporada de poca precipitación en el país, especialmente en la región andina, todo esto, según el reporte del IDEAM (2017). Si bien comparar el comportamiento meteorológico y pluviométrico en periodos de muestreo no es un objetivo de esta investigación, es importante exponer el argumento para interpretar los niveles de los caudales.

En el método del flotador este parámetro osciló de 3,89 m³/s en la estación Pavas hasta los 0,87 m³/s en la estación Viso en el muestreo del periodo de lluvias; asimismo, en el periodo intermedio se obtuvieron resultados entre 3,71 m³/s y 0,13 m³/s; por último, en el periodo seco, correspondió a valores entre 3,47 m³/s y 0,11 m³/s. Esto significa, que el caudal disminuyó a medida que transcurría los periodos de muestreo (lluvia-intermedio-seco), igualmente, disminuye mientras desciende de la parte alta (estación Esmero y Pavas) a la parte baja (estación Piravante y Viso), debido a la captación de agua por parte del acueducto municipal y el sector agropecuario.

En referencia a las estaciones de muestreo, el mayor caudal se registró en el periodo de lluvias en la estación 2, con 3,89 m³/s; en tanto que el menor valor correspondió a la estación 5 con 0,11 m³/s.

7.3 RESULTADOS DE PARAMETROS FISICOQUIMICOS.

Los datos fisicoquímicos del presente estudio se especifican en las siguientes tablas, en la cual en la Tabla 13. se presentan los resultados de la época de lluvias, en la Tabla 14. se ilustran los resultados de la temporada intermedia y por último se presentan los resultados que corresponden a la temporada seca de cada una de las estaciones de muestreo.

Tabla 13.

Parámetros fisicoquímicos de Río Frío del mes de mayo durante el primer periodo de muestreo en temporada de lluvias.

Parámetros	Unidad	E.1	E.2	E.3	E.4	E.5	P.	D.E
Temperatura	°C	13,7	18,1	19,8	28,9	29,3	21,96	6,88
Ph	Unidades	7,44	7,25	7,07	5,39	6,4	6,71	0,83
Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L	9,41	8,23	8,33	8,39	7,26	8,32	0,76
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	31,51	32,12	41,01	41,81	99,38	49,17	28,4
Alcalinidad	mg CaCO ₃ /L	33,6	40,95	50,45	50,4	135,4	62,16	41,5
Conductividad	µS/cm	138,3	168,3	100,8	110,5	342,1	172	98,6
Sólidos Disueltos	mg/L	69	84	48,6	55	48,2	60,96	15,3
Sólidos Suspendidos	mg/L	38,3	36,5	18,6	10,3	22,9	25,32	11,93
Sólidos Totales	mg/L	107,3	120,5	67,2	65,3	71,1	86,28	25,72
Turbiedad	NTU	5,65	10,2	12,6	9,44	16,1	10,80	3,87
Fosforo Total	mg P/L	0,08	0,07	<0,2	<0,2	0,94	0,36	0,5

Fuente: Laboratorio Diagnosticamos división ambiental.

Tabla 14.

Parámetros fisicoquímicos de Río Frío del mes de junio durante el segundo periodo de muestreo en temporada de transición.

Parámetros	Unidad	E.1	E.2	E.3	E.4	E.5	P.	D.E
Temperatura	°C	14,3	18,4	20,3	29,2	29,9	22,42	6,86
Ph	Unidades	7,51	7,53	7,59	7,5	6,85	7,39	0,3
Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L	8,44	8,66	8,86	9,74	4,99	8,13	1,82
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	<5	31,6	35	64,8	208,8	85,05	83,8
Alcalinidad	mg CaCO ₃ /L	36,55	41,93	49,45	78,5	227,9	86,86	80,48
Conductividad	µS/cm	656,68	769,83	435,35	1358,7	3939,6	1432	1442
Sólidos Disueltos	mg/L	312,4	400,5	215	617,3	2188,6	746,7	819,6
Sólidos Suspendidos	mg/L	78,1	267	41,3	42	232,8	132,24	109,1
Sólidos Totales	mg/L	390,5	667,5	256,3	659,3	2421,4	879	880,1
Turbiedad	NTU	6,73	9,8	16,2	3,37	50,8	17,38	19,27
Fosforo Total	mg P/L	<0,2	<0,2	0,27	0,18	0,64	0,36	0,24

Fuente: Laboratorio Diagnosticamos división ambiental.

Tabla 15.

Parámetros fisicoquímicos de Río Frío del mes de agosto durante el tercer periodo de muestreo en temporada seca.

Parámetros	Unidad	E.1	E.2	E.3	E.4	E.5	P.	D.E
Temperatura	°C	14,2	18,4	20,6	30,1	30	22,66	7,12
Ph	Unidades	6,91	7,09	7,04	7,73	6,93	7,14	0,33
Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L	8,84	9,15	8,32	9,89	7,17	8,67	1,01
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	28,8	44,8	40,2	63,4	153,2	66,08	50,27
Alcalinidad	mg CaCO ₃ /L	37,63	41,93	52,68	93,53	175,23	80,2	57,53
Conductividad	µS/cm	102,91	80,67	127,74	170	174	131,06	40,93
Sólidos Disueltos	mg/L	52,5	29,67	101,33	149,5	278	122,2	98,58
Sólidos Suspendidos	mg/L	7,5	25,3	10,67	2,5	18	12,79	8,97
Sólidos Totales	mg/L	60	54,9	112	152	296	134,98	98,46
Turbiedad	NTU	4,65	6,31	4,92	3,98	21,2	80,21	7,31
Fosforo Total	mg P/L	0,17	0,12	0,12	0,11	0,31	0,16	0,08

Fuente: Laboratorio Diagnosticamos división ambiental.

Tabla 16.

Estadísticos descriptivos de las variables fisicoquímicas de Río Frío.

PARAMETROS	Rango	Valor Máx.	Valor Mín.	Media	Error Estándar	Desviación Estándar	Varianza
Temperatura	16,4	30,1	13,7	22,34	1,60	6,23	38,85
Ph	2,34	7,73	5,39	7,08	0,14	0,56	0,32
Oxígeno Disuelto	4,9	9,89	4,99	8,37	0,30	1,17	1,37
Dureza Total	180	208,8	28,8	65,45	13,79	51,61	2664,58
Alcalinidad	194,3	227,9	33,6	76,41	14,55	56,38	3179,52
Conductividad	3858,93	3939,6	80,67	578,36	248,02	960,61	922784
Sólidos Disueltos	2158,93	2188,6	29,67	309,97	136,08	527,07	277804
Sólidos Suspendidos	264,5	267	2,5	56,78	20,17	78,14	6106,8
Sólidos Totales	2366,5	2421,4	54,9	366,75	150,75	538,87	340914
Turbiedad	47,43	50,8	3,37	12,13	2,96	11,49	132,17
Fosforo Total	0,87	0,94	0,07	0,27	0,07	0,26	0,06

Fuente: Laboratorio Diagnosticamos división ambiental.

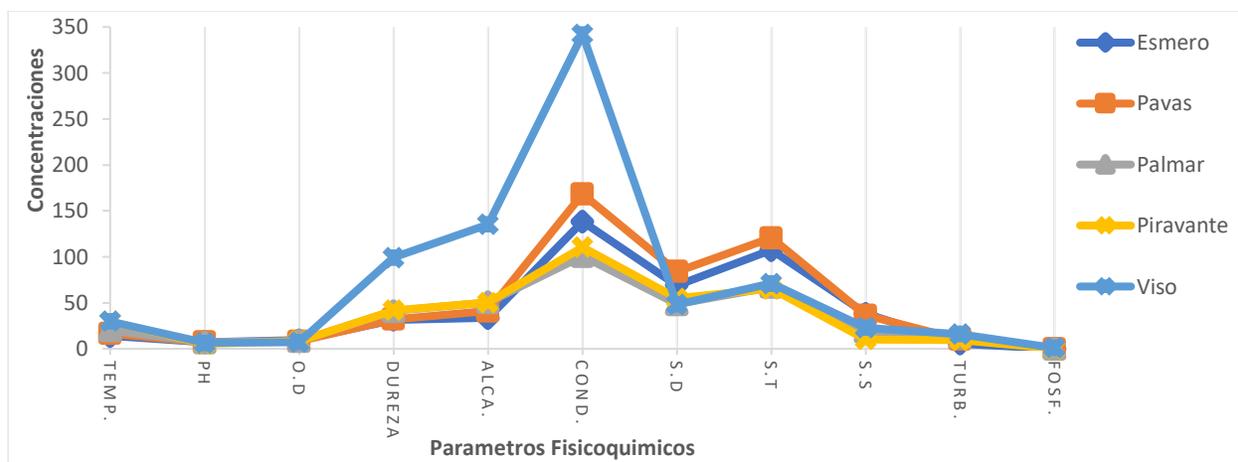


Figura 13. Resultados fisicoquímicos evaluados para la temporada de lluvia.

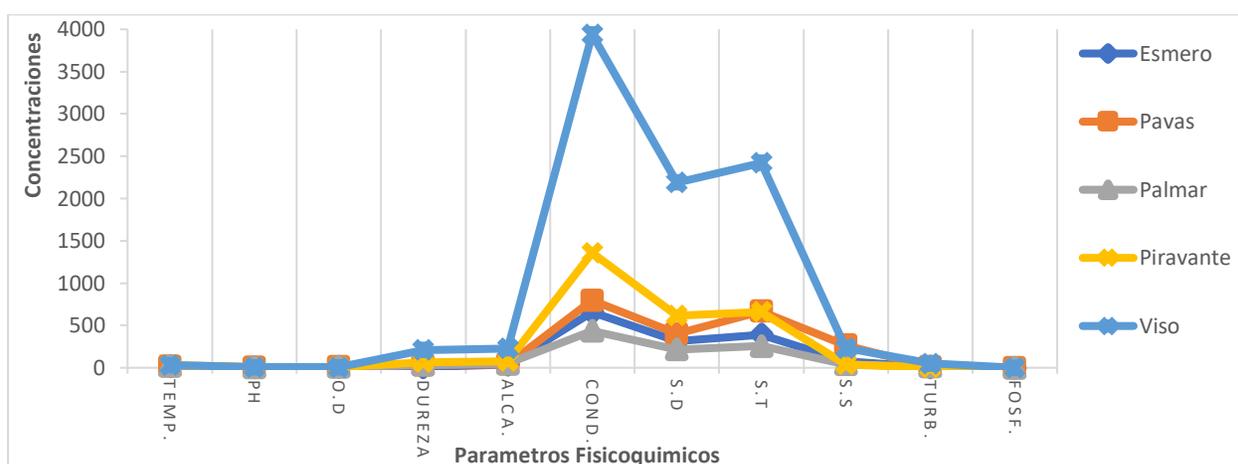


Figura 14. Resultados fisicoquímicos evaluados para la temporada intermedia.

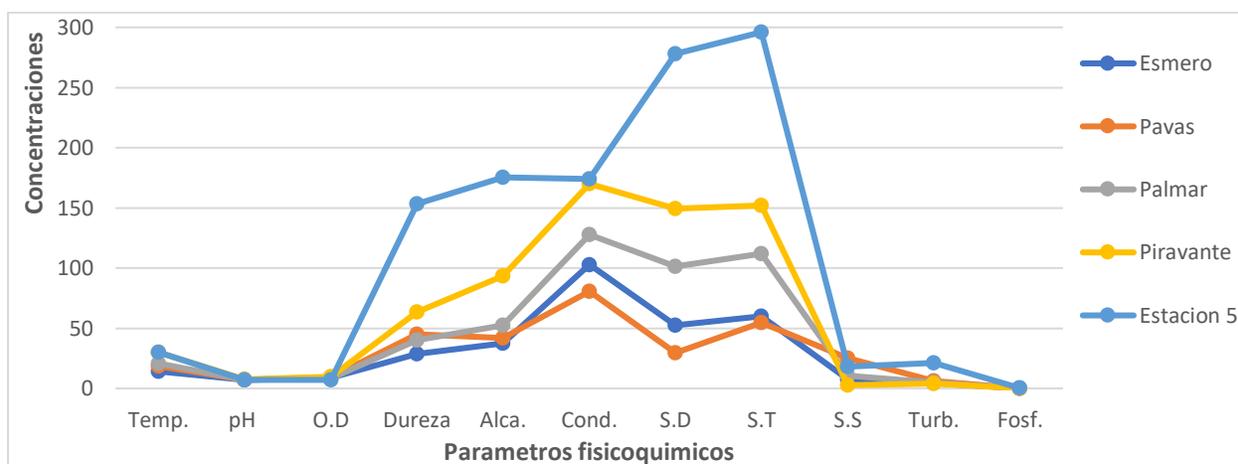


Figura 15. Resultados fisicoquímicos evaluados para la temporada seca

7.3.1 Temperatura.

Como se puede observar en la Tabla 16., la temperatura del agua varió entre 30,1 °C y 13,7 °C, obteniendo el mayor valor en la estación Piravante (antes del casco urbano) en el periodo seco (correspondiente al mes de agosto), mientras que el menor valor se dio en el muestreo de lluvias (correspondiente al mes de mayo) en la estación Esmero (zona alta de muestreo); asimismo, la temperatura media de los periodos de muestreo de lluvia, intermedio y seco son los siguientes respectivamente son 21.96 °C, 22.46 °C y 22.66 °C.

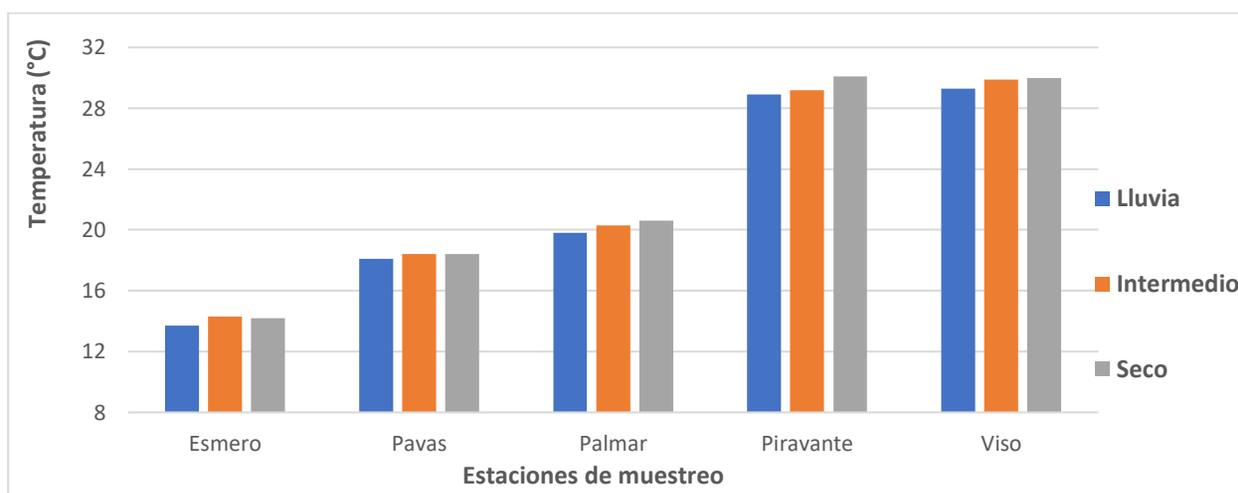


Figura 16. Variación de la temperatura del agua en el Río Frío de Campoalegre.

De lo indicado anteriormente, se puede ver que este parámetro presenta diferencias espacio-temporales, porque a medida que cambia del periodo de lluvias al periodo seco, la temperatura aumenta, asimismo, como lo confirman Roldán-Pérez y Ramírez (2008) “a medida que se desciende, el agua va adquiriendo gradualmente más temperatura”, a pesar que el cauce principal de la microcuenca no tiene cobertura vegetal que permite que las temperaturas se mantengan estables, no es una causa directa de la variación de temperatura, así que las derivaciones del flujo para uso humano y agropecuario, pueden tener efecto en el aumento de la temperatura aguas abajo, al reducirse el flujo hídrico.

7.3.2 pH, alcalinidad y dureza.

Estos parámetros se agrupan por la relación que hay entre ellos, considerando que la presencia o ausencia de metales alcalinotérreos, (medidos por la dureza) y los carbonatos y bicarbonatos (medidos por la alcalinidad), afecta directamente el pH. Según los datos obtenidos durante los periodos de muestreo, se presenta una variación de estos parámetros a lo largo de la microcuenca; el pH presentó poca variabilidad de acuerdo a la varianza de 0.32, se obtuvieron valores en el periodo lluvia y periodo seco entre 5.39 y 7.73 respectivamente, ambos valores se registraron en la estación Piravante, por el impacto de las actividades antropogénicas que afecta este punto de muestreo, principalmente por los desechos agropecuarios, además, a medida que pasaba de periodo de lluvia al periodo seco, el pH aumentó, de modo similar, este comportamiento se observó en la estación Viso que se localizan en la parte baja de la microcuenca.

Al contrario de lo sucedido en la parte baja de la microcuenca, en la región montañosa y piedemonte (estación Esmero, Pavas y Piravante) el pH descendió en el periodo seco (Figura 17); por lo tanto, los mayores registros de pH se dieron en la zona alta y media de la microcuenca y los valores bajos en la parte baja de la misma. Por otro lado, a excepción de la estación Piravante en el periodo de lluvias, los otros puntos de muestreo están en los rangos óptimos para la vida y permanencia de organismos de flora y fauna, que según Roldán-Pérez y Ramirez oscila entre 6 y 9 en aguas naturales.

En cuanto a la dureza total (ver Figura 18), presentan datos similares en cuanto a los valores mínimos descritos en las estaciones de la zona alta y media de la microcuenca del Río Frío, mientras los máximos en la zona baja del afluente. La dureza varía entre el valor máximo de 153,2 mg CaCO_3/L en la estación Viso (zona baja) y el valor mínimo fue <5 mg CaCO_3/L en la estación Esmero (zona alta). En general, el valor indica aguas blandas y poco productivas en las estaciones que están antes del casco urbano (Estación Esmero, Pavas, Palmar y Piravante), y moderadamente dura, muy dura y productiva en la estación ubicada después del casco urbano (Estación Viso), de

acuerdo con la clasificación de la Organización Mundial de la Salud (Alvarado, 2009; Roldán-Pérez y Ramírez, 2008).

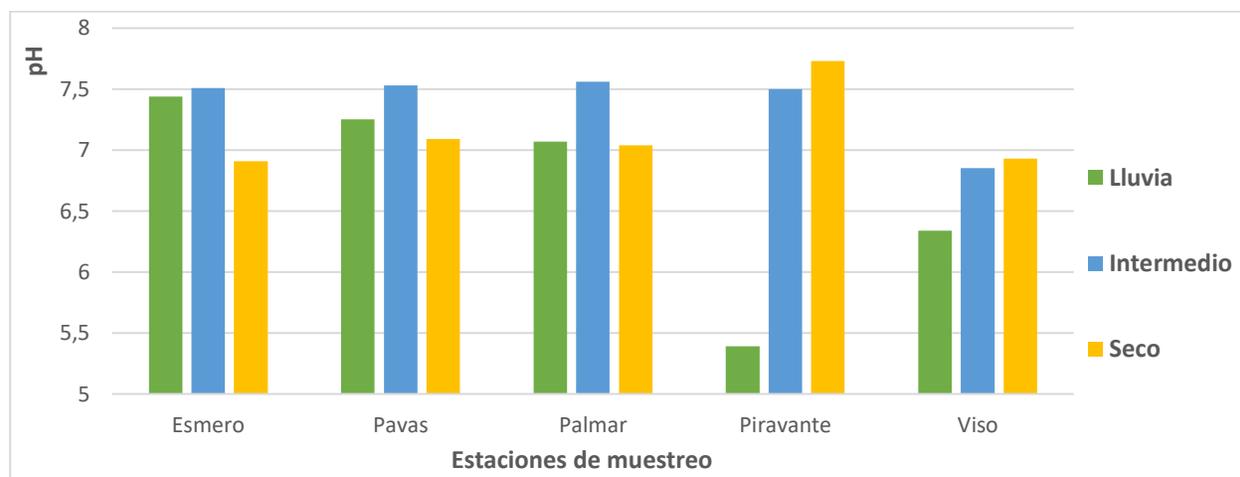


Figura 17. Variación del pH en el Río Frío Campoalegre.

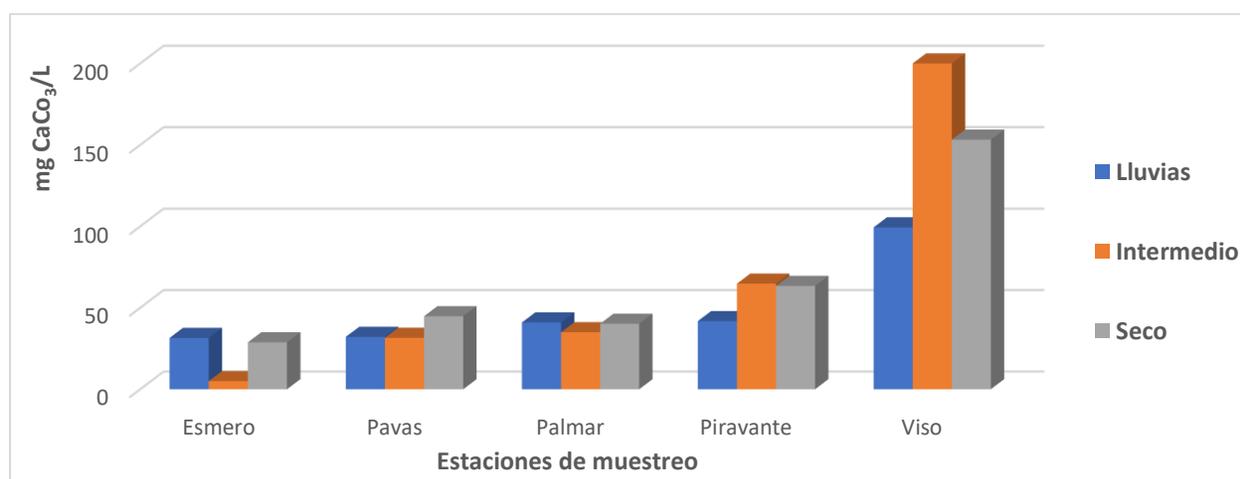


Figura 18. Variación de Dureza Total en el Río Frío Campoalegre.

Por último, la alcalinidad presenta valores similares en los periodos de muestreo en las estaciones localizadas antes del casco urbano (Esmero, Pavas, Palmar y Piravante), por el contrario, el punto de muestreo (Viso) ubicado después del casco urbano presenta gran variabilidad en sus datos. El valor mínimo (33,6 mgCaCO₃/L) se presentó en la estación Esmero (periodo de lluvias), mientras que el valor máximo (227,9 mgCaCO₃/L) se obtuvo en la estación Viso (periodo intermedio).

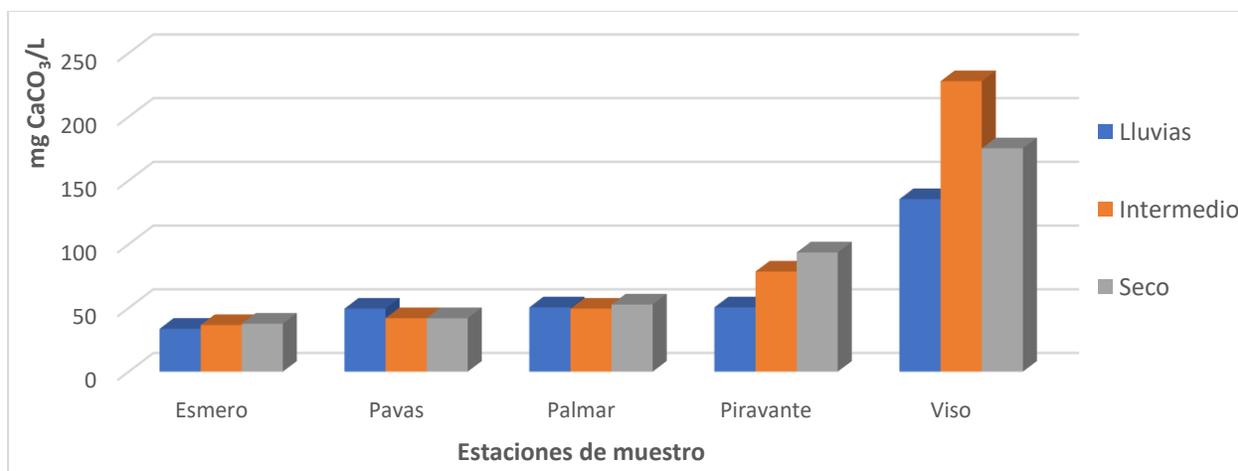


Figura 19. Variación de la Alcalinidad Total en el Río Frío Campoalegre.

7.3.3 Oxígeno Disuelto.

El oxígeno disuelto, los valores oscilaron entre 9,89 mg/L, en la E4 y 4,99 mg/L en la estación la E5 (parte bajan de la microcuenca); aunque teóricamente el oxígeno disuelto en zonas de altitudes bajas y altas temperaturas tiende a disminuir, en el punto de muestreo E4 hubo un aumento progresivo en los periodos de muestreo, dado a las actividades antropogénicas, adicionando nutrientes al agua, produciendo un crecimiento de algas que aumentaron el nivel de oxígeno. Por otro lado, las demás estaciones de muestreo muestran comportamientos normales en la concentración, indicando una leve reducción a medida que se avanza aguas abajo por el cauce principal, motivado por el cambio de altitud, pues a mayor altura, menor temperatura, y por ende mayor solubilidad del oxígeno, si se tiene en cuenta que la primera estación se encuentra a 1576 msnm y la última a 516 msnm (gradiente altitudinal de 1060 m). Asimismo, el valor mínimo registrado en le estación Viso, se debe a la sobrepoblación de macroinvertebrados, puesto que la gran cantidad de individuos demanda un mayor consumo de oxígeno.

Estos valores demuestran que presentaron poca variabilidad entre los periodos de muestreo con un promedio entre las estaciones de 8,37 mg/L que indican que los registros de Oxígeno disuelto se consideran de óptima calidad siendo un indicativo de buena capacidad de re-oxigenación de Río Frío.

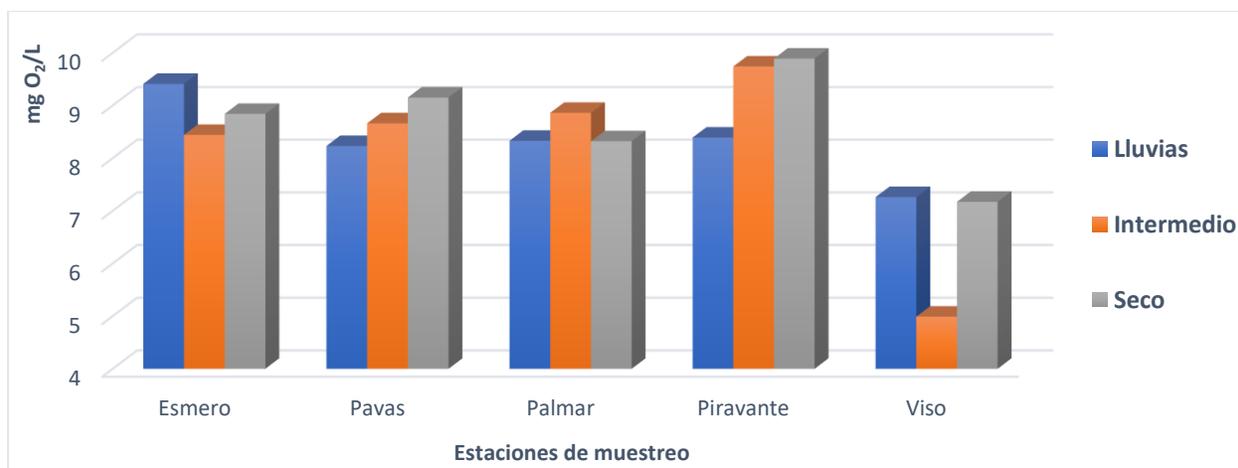


Figura 20. Variación del Oxígeno Disuelto Total en el Río Frío Campoalegre.

7.3.4 Conductividad.

En términos generales, en el periodo intermedio hubo un crecimiento significativo en los valores de la conductividad respecto a los periodos de lluvias y seco, a causa de factores diversos, como la erosión, actividades humanas o aguas residuales. Por otra parte, la conductividad presentó los valores más altos en la parte baja de la microcuenca (E4 y E5), principalmente en el Viso (E5) con valores que alcanzaron los 3939,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$, debido a las aguas residuales desechadas por su paso en el casco urbano, puesto que este tipo de descargas aumenta la concentración de iones, y así, en todos los periodos de muestreo; y los valores más bajos se dieron en la estación Pavas con 80,67 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Cuando la altitud disminuye, aumenta la temperatura y la conductividad, porque aumenta la concentración de iones progresivamente a medida que llegan a los valles por efectos de la erosión, el arrastre de sedimentos y las escorrentías provocadas por lluvias (Roldán-Pérez y Ramirez, 2008), las estaciones E1, E2 y E5, se ajustaron a este comportamiento; en cambio, en las estaciones E3 y E4 ocurrió lo contrario, esto se debe, a que el agua fluye más lentamente, acumulando mucha materia orgánica a lo largo del trayecto (Palmar) y así en muchos ríos neotropicales estos valores aumentan drásticamente, por la actividad agrícola carentes de control (Piravante).

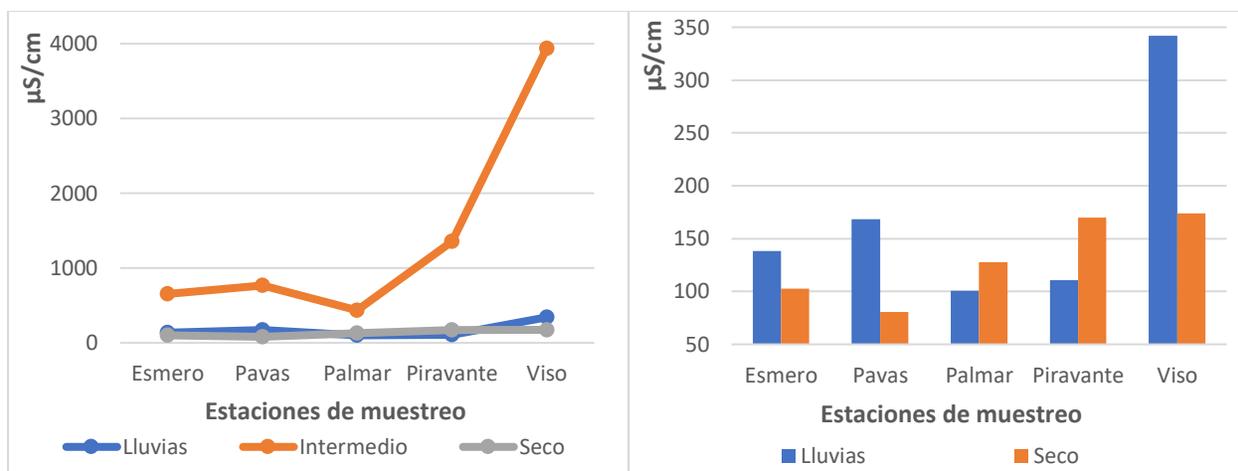


Figura 21. Variación de Conductividad en el Río Frío Campoalegre.

Nota: Derecha todos los periodos e izquierda periodo de lluvia y seco.

7.3.5 Sólidos.

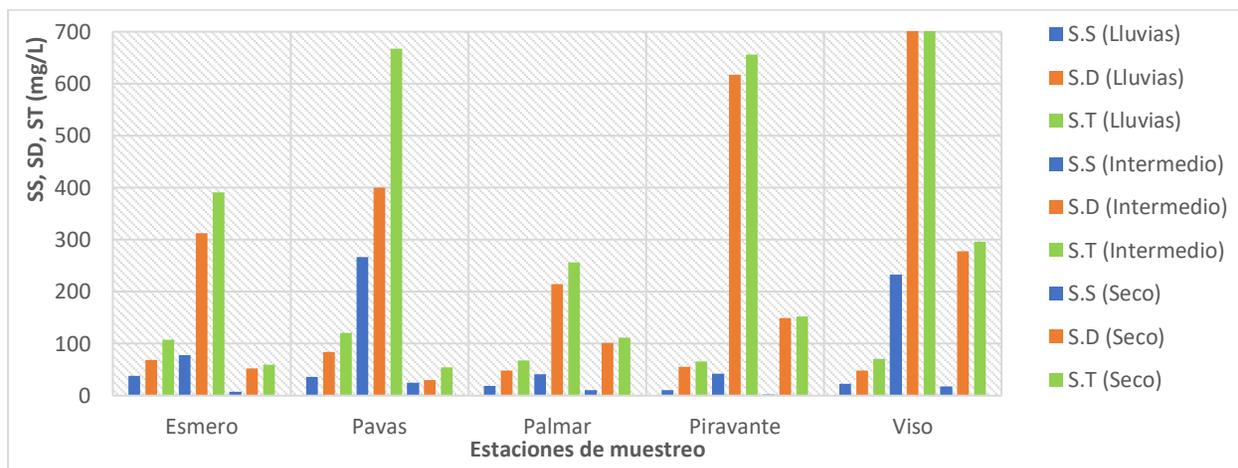


Figura 22. Valores de los sólidos disueltos, suspendidos y totales en el Río Frío.

Los sólidos totales al estar relacionado con la materia orgánica en suspensión y los iones disueltos en el agua al igual que la conductividad, se observó el mismo comportamiento que este último parámetro, siendo variable entre las estaciones de muestreo; en general, los valores de sólidos totales oscilaron en el periodo de muestreo de lluvias entre 120.5 mg/L y 71.1 mg/L, y en el periodo de muestreo seco, entre 54.9 mg/L y 296 mg/L, por eso se evidencia un incremento a lo largo del cauce del Río Frío, principalmente en el periodo seco, por diversos motivos, entre los que se encuentra las

características del hábitat (pendiente y deslizamiento) en la parte alta de la microcuenca y aumentando la concentración de sólidos por las actividades antropogénicas (agricultura, aguas residuales) en las estaciones de la parte baja de la microcuenca, porque todos estos factores aumentan los sólidos debido al arrastre y acumulación de sedimentos, en los procesos erosivos y el uso que se da a las aguas.

7.3.6 Turbidez.

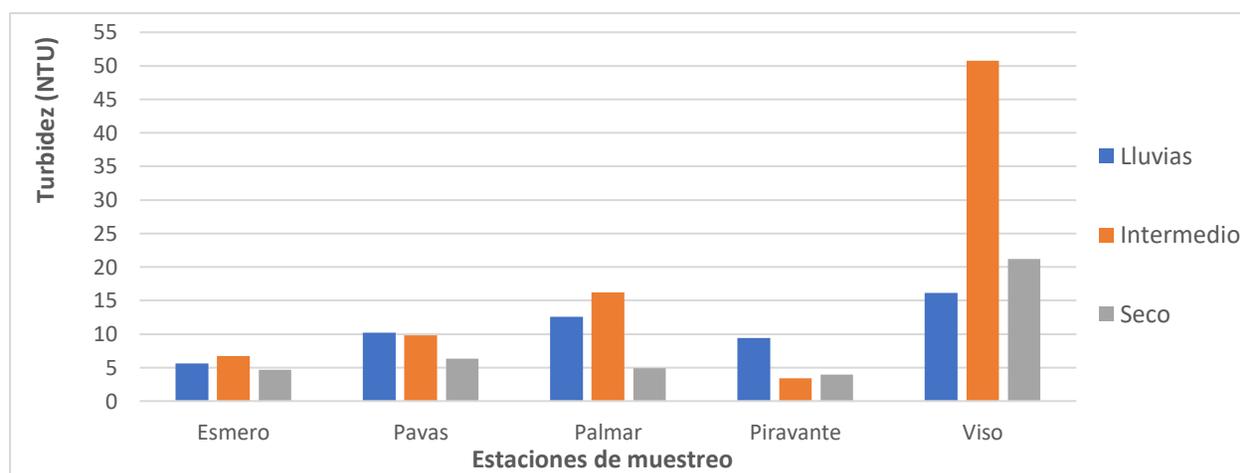


Figura 23. Valores de la turbidez en el Río Frío Campoalegre.

En los distintos periodos de muestreo, los resultados muestran un mayor nivel de turbiedad en el periodo de lluvias, esto se debe por el arrastre de sedimentos en esta época del año, variando entre 16,1 NTU en la estación Viso y 5,65 NTU en la estación Esmero, mientras los valores más bajos se obtuvieron en el periodo seco (que son resultados normales para estos ríos de montaña), por el poco arrastre de material en suspensión, pero en la estación Viso, sucedió lo contrario, esto se debe a la disminución considerable del caudal, estas partículas en suspensión quedaron estancadas, evidenciada por la presencia de sedimento a simple vista, impidiendo el paso de la luz. En el periodo intermedio, por la variabilidad de los sólidos suspendidos arrojo el mayor resultado de turbiedad en la estación Viso con 50,8 NTU y el valor mínimo (en el mismo periodo) en la estación Piravante con 3,37 NTU, esto influenciado por la disminución drástica de caudal en las dos estaciones pero con diferentes aportes de contaminantes a su alrededor, debido a que la contaminación difusa por la agricultura no produce mucha

sedimentación, en cambio la contaminación puntual de las aguas residuales aumentan la concentración de materia orgánica en suspensión.

7.3.7 Fosforo Total.

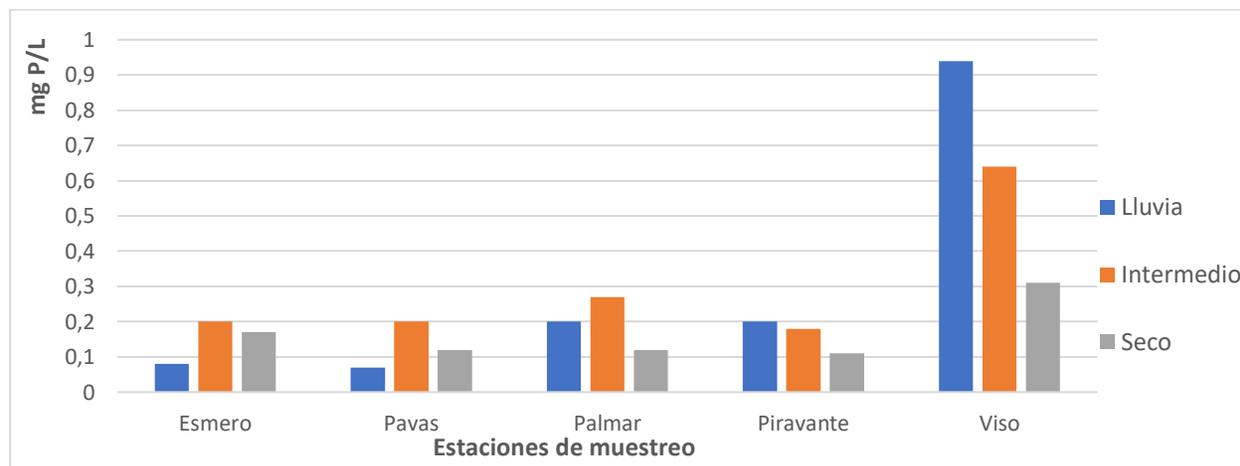


Figura 24. Valores de Fosforo total en las estaciones de muestreo en el Río Frío.

La concentración de fósforo a lo largo de los periodos de muestreo tuvo un mínimo en la estación Pavas con 0,07 mg P/L durante el muestreo de lluvias; mientras que el valor más alto (al igual en el periodo de lluvias), fue en la estación Viso con 0,94 mg P/L. Este parámetro se mantuvo poco variable en la mayoría de las estaciones de muestreo, no así en la estación Viso, puesto que arrojó los mayores valores en los tres periodos de muestreos, motivado por la influencia de su paso por el casco urbano de Campoalegre.

En términos generales, el comportamiento de las variables entre las estaciones y periodos de muestreos en la parte alta y media de la microcuenca fueron poco variables, en cambio en la estación de la parte baja, estos parámetros son muy cambiantes, por la contaminación difusa de cultivos y sobre todo la contaminación puntual en el casco urbano del municipio que se caracteriza por los desechos de las aguas residuales, aportando gran cantidad de materia orgánica y iones que alteran principalmente los parámetros fisicoquímicos como los sólidos y la conductividad, disminuyendo las condiciones de habitabilidad en la supervivencia de la micro biota del río.

7.4 ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN ICO.

Tabla 17.

Índices de contaminación promedio de los periodos de muestreo en el Río Frío.

ESTACIÓN	INDICE	LLUVIA	INTERMEDIO	SECO	PROMEDIO
E S M E R O	ICOpH	0,004	0,006	0,001	0,003
	ICOMI	0,13	0,33	0,09	0,18
	ICOSUS	0,30	1	0,16	0,48
	ICOTRO	Eutrofia	Eutrofia	Eutrofia	
P A V A S	ICOpH	0,002	0,006	0,001	0,003
	ICOMI	0,17	0,33	0,07	0,19
	ICOSUS	0,34	1	0,14	0,49
	ICOTRO	Eutrofia	Eutrofia	Eutrofia	
P A L M A R	ICOpH	0,001	0,007	0,001	0,003
	ICOMI	0,09	0,33	0,12	0,15
	ICOSUS	0,18	0,74	0,31	0,41
	ICOTRO	Eutrofia	Eutrofia	Eutrofia	
P I R A V A N	ICOpH	0,20	0,005	0,012	0,07
	ICOMI	0,10	0,40	0,27	0,25
	ICOSUS	0,17	1	0,43	0,53
	ICOTRO	Eutrofia	Eutrofia	Eutrofia	
V I S O	ICOpH	0,008	0,002	0,001	0,003
	ICOMI	0,64	0,96	0,72	0,77
	ICOSUS	0,19	1	0,68	0,62
	ICOTRO	Eutrofia	Eutrofia	Eutrofia	

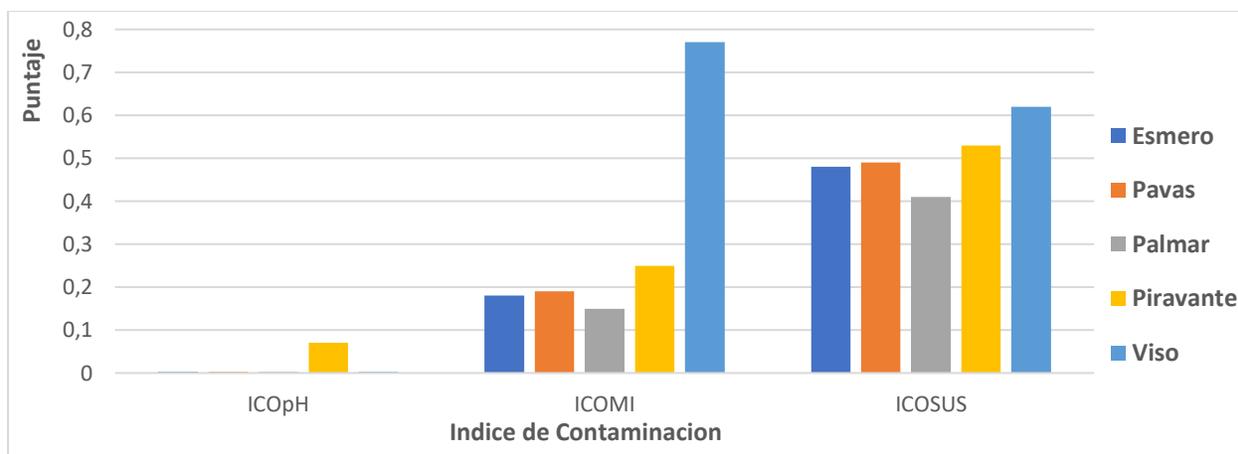


Figura 25. Promedio Índice de contaminación en las cinco estaciones.

El ICOpH (Índice de contaminación por pH) muestra valores cercanos a cero (0) en la mayoría de las estaciones de muestreo, excepto en el punto de muestreo Piravante con un valor de 0.2, lo que indica un grado de “contaminación baja”, esto motivado por las humanas relacionada con la agricultura, ya que los fertilizantes y fugacidad tiene la capacidad de variar el pH. En general, las estaciones de muestreo arrojan valores de ninguna y baja contaminación según la clasificación establecido por Ramirez y Viña (1998).

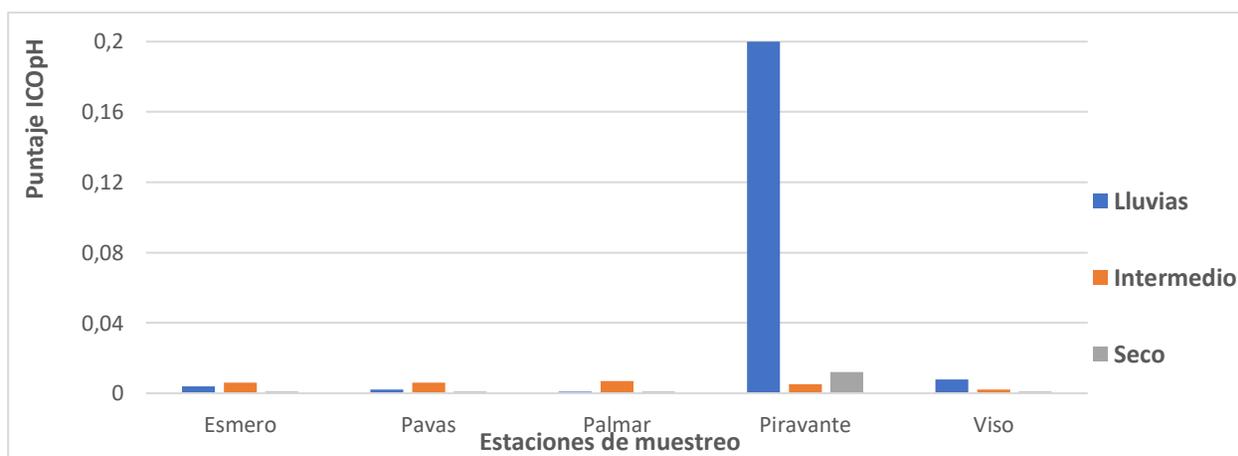


Figura 26. Índice de Contaminación por pH (ICOpH) en el Río Frío.

El ICOMI (Índice de contaminación por mineralización) muestra valores poco variables, que oscilan entre los rangos de 0-0.4, en los tres periodos de muestreo en las

estaciones de muestreo ubicadas en la parte alta y media de Río Frío (indicando ninguna y baja contaminación por mineralización); mientras que las estaciones ubicadas en la parte baja de la microcuenca, este rango vario entre 0.4-1 que en general indica contaminación media y muy alta; resumiendo el promedio de este índice de contaminación estos valores reciben calificaciones de ninguna y media en las estaciones de muestreo ubicadas antes del casco urbano, mientras recibe una calificación alta en la estación después del casco urbano, debido a las aguas residuales vertidas directamente en el río sin ningún tipo de tratamiento, aumentando los iones en el agua.

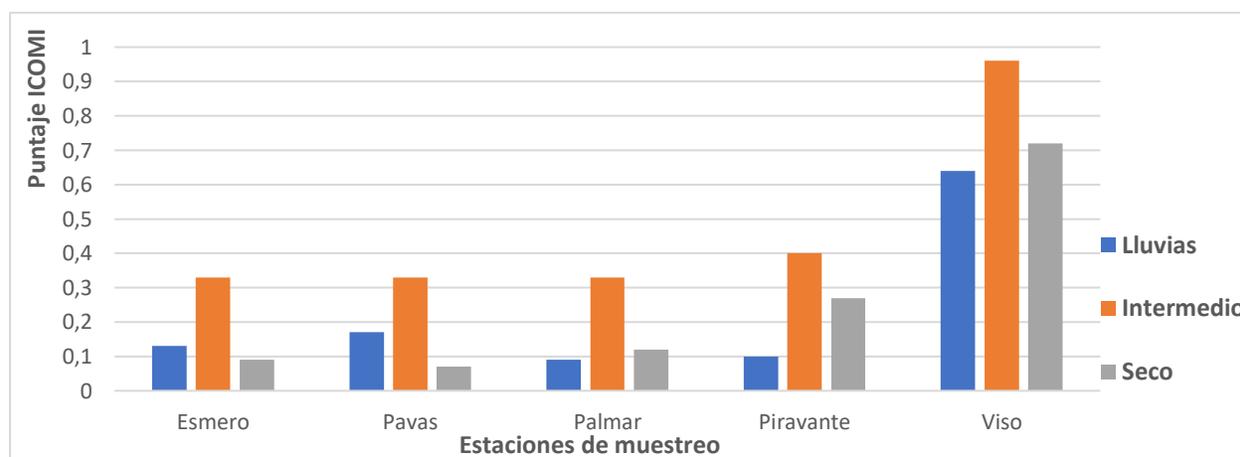


Figura 27. Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI) en el Río Frío

El Índice de Contaminación Trófico (ICOTRO), dio numéricamente valores en todas las estaciones que indican eutrofia, principalmente en la estación Piravante, observando crecimiento de algas bentónicas producto de la escorrentía agrícola ubicada a pocos metros de la orilla del río, arrojando nutrientes al agua, entre ellos el fosforo, que propicia el crecimiento acelerado de vegetación acuática en el río. Este índice se calcula sobre la base de la concentración de Fosforo Total, en la Figura 24, se evidencia que en la estación Viso, obtuvo el mayor valor del índice.

El índice de contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS), presenta valores bajos en todas las estaciones en el periodo de lluvias, los cuales se dan entre 0-0.4, se clasifican en el rango de ninguna y baja contaminación según la clasificación de Ramírez y Viña (1998); en cambio, en el periodo seco, se incrementa a medida que

desciende la altitud, variando entre los rangos de 0-0.8, que va desde ninguna contaminación hasta contaminación alta. Asimismo, en todas las estaciones de muestreo, aumento la contaminación en alto y muy alto en el periodo intermedio, posiblemente esto se deba por las intervenciones antrópicas (actividad agrícola, pecuaria y el vertimiento de aguas residuales domésticas) que modifican el equilibrio iónico del agua. Según Hernández y Ramirez, (2016). “Esta condición de contaminación por sólidos suspendidos repetidos en todas estaciones, significa que el río no se alcanza a recuperar completamente del aporte constante proveniente de los vertimientos de aguas residuales y domésticas”.

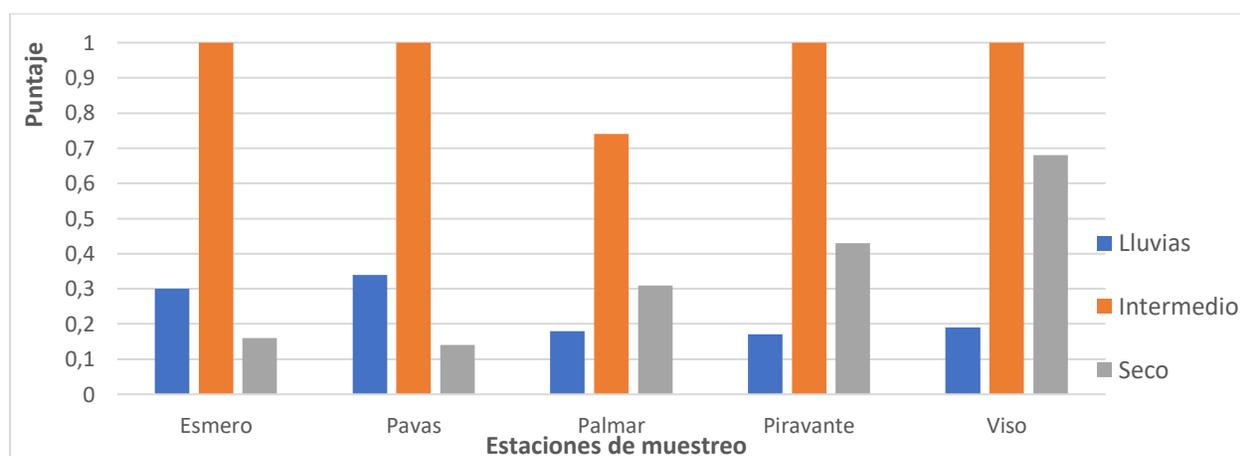


Figura 28. Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS) en el Río Frío.

7.5 ABUNDANCIA DE LAS FAMILIAS ENCONTRADAS.

La fauna de macroinvertebrados encontrada en el Río Frío Campoalegre, durante los periodos de muestreos mayo-junio-agosto se encuentran en la Tabla 18., en la que aparece la clasificación taxonómica de familia y la cantidad de individuos muestreadas por periodo.

En el registro, los grupos de individuos identificados en el Río Frío corresponden a los Phyla Arthropoda, Annelida, Crustacea y Mollusca; de los anteriores la más representativa en cuanto a composición, riqueza y abundancia fue el Arthropoda con la Clase Insecta, dado que aportó el 99,82 % de los individuos totales. Los órdenes que

fueron identificados con mayor número de individuos son, Diptera con el 59,53%, Ephemeroptera con el 32,16% y Trichoptera con el 5,34% (ver Tabla 19.).

En el primer periodo de muestreo se encontraron 32 familias distribuidas en 2549 individuos, en el segundo 28 familias distribuidas en 7235 individuos y en el tercero 28 familias distribuida en 2407 individuos. El total de individuos (12191) corresponden a 42 familias. Las familias reportadas corresponden a 12 órdenes.

Tabla 18.

Abundancia de Familias de Macroinvertebrados acuáticos del Río Frío.

Familias	ESTACIONES DE MUESTREO															Σ	%
	Esmero			Pavas			Palmar			Piravante			Viso				
	No. De Individuos por periodo																
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
Baetidae	186	291	188	192	194	189	510	900	87	345	208	110		13		3413	28,0
Blephariceridae			1													1	0,01
Ceratopogonidae				4	2		3	1				3				13	0,10
Chironomidae	10	31	20	26	25	23	100	15	14	7	9	528	561	4988	30	6387	52,3
Chrysomelidae							1									1	0,01
Corydalidae	1	3	2	7	4	3	6	5	3	3	24	13				74	0,61
Culicidae			1													1	0,01
Curculionidae		1		1	1	1	1	5	1	4	2		2			19	0,16
Dolichopodidae	1						5									6	0,05
Dixidae				4	11	7	15	6	4	1	1					49	0,40
Dytiscidae				1												1	0,01
Elmidae	2	7	14	6	7	3	8	2	20	1	5	4				79	0,64
Glossosomatidae	1		3													4	0,03
Gomphidae								1								1	0,01
Gyrinidae	1															1	0,01
Hyalellidae				1												1	0,01
Hydrobiosidae		7	15	5	7	37	3	6	52		2	2				136	1,12
Hydrophilidae			1							4	2	5	17		5	34	0,28
Hydropsychidae	14	17	54	20	12	21	78	35	108	9	97	31				496	4,07
Hydroptilidae												3				3	0,02
Leptoceridae	1					1		1								3	0,02
Leptohiphidae	1		1	1		5	1		16		7	473				505	4,14
Leptophlebiidae			1			1			2		2	1				7	0,06

Tabla 18. *Abundancia de Familias de Macroinvertebrados acuáticos del Río Frío (continuación).*

Familias	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	Σ	%
Libellulidae			1					1	16		8	16				42	0,34
Limnichidae							1									1	0,01
Muscidae	101	11	3	18	5		6	2	1	1						148	1,21
Oligoneuriidae								2								2	0,02
Perlidae			4	1	1			1	4		3					14	0,11
Philopotamidae												1				1	0,01
Psychodidae		4	3	1			3		1	1			2			15	0,12
Planorbiidae												1				1	0,01
Polycentropodidae	1															1	0,01
Ptilodactylidae	2			4	4	2	2		8							22	0,18
Pyrilidae	2			2				2		1						8	0,06
Scirtidae		2	1		1											4	0,03
Simuliidae	75	84	137	38	48	34	27	62	28	37	3			11		584	4,79
Staphylinidae			5	3	2		19	4				1				34	0,28
Stratiomyidae									1						3	4	0,03
Tabanidae	2		1	1					1							4	0,04
Tipulidae	5	3	3	3	6	8	12	3	4							47	0,38
Tubificidae	2			3	2	2				1						10	0,08
Velliidae								1	1	1	2	9				14	0,11
N° de individuos	408	461	459	342	332	337	801	1055	372	416	375	1201	582	5012	38	12191	100
Individuos / Estación	1328			1011			2228			1992			5632				
Porcentaje / Estación	10,89			08,29			18,28			16,34			46,19				

Del total de individuos colectados en campo, la estación Viso cerca de la desembocadura del Río Frío al Río Neiva, es la que reporta la mayor cantidad de organismos, con 46,19% (5632 individuos) y 7 familias, seguida de la estación del área protegida Palmar con el 18,28% (2228 individuos) y 30 familias, luego la zona cercana al casco urbano Piravante, con el 16,34% (1992 individuos) y 24 familias, a continuación esta la zona donde hay una confluencia entre cultivos de café y zona forestal protegía Esmero, con el 10,89 % (1328 individuos) y 30 familias y por último la zona cafetera Pavas, con el 8,29% (1011 individuos) y 26 familias.

En cuanto a abundancias a nivel de familias, sobresalen Chironomidae (52,3%), Baetidae (28,0%) y Simuliidae (4,79%). Los órdenes que representan la mayor riqueza de familia corresponden a Diptera con 27,9%, Coleoptera con 23,3%, Trichoptera con 16,3% y Ephemeroptera con el 9,3%. En cuanto a sustratos en general, se reportan 12 órdenes en hojarasca y 10 órdenes en gravilla y arenilla, por otra parte, se documenta 39 familias en hojarasca, 27 en gravilla y 24 en arenilla.

7.6 ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS MACROINVERTEBRADOS.

Los organismos colectados se encuentran en tres microhábitats seleccionados, siendo característicos los fondos donde se acumula arena, también los trayectos con fondos pedregosos y aquellos donde hay presencia de hojarasca retenida por gravas, gravilla o cantos, habiendo una dificultad para el proyecto por la poca vegetación riberena y cobertura lateral asociada al río, por la perturbación ocurrida el 22 de febrero del 2017, que resulta en pocas plantas pioneras asociadas a la ribera.

Como se puede observar la Figura 29, la proporción entre los diferentes órdenes de insectos muestra dominancia en cuanto al orden de los dípteros con un 60%, representando solo en la estación Viso y segundo periodo de muestreo el 41% de los individuos colectados.

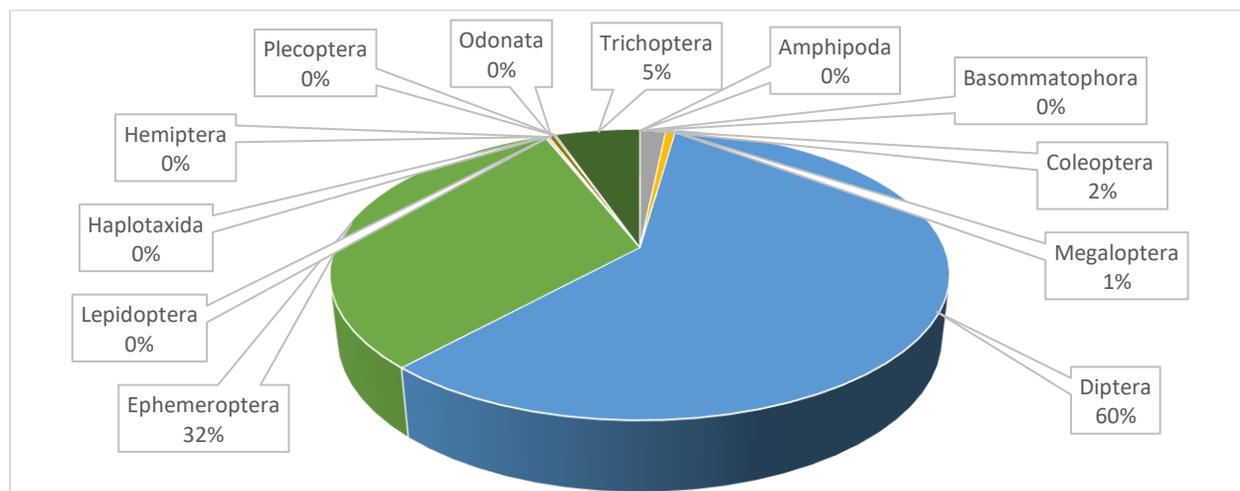


Figura 29. Proporción por cada orden de Macroinvertebrados

Los principales órdenes se muestran en la Tabla 19., en donde se detallan el número de individuos colectados en cada estación y periodo de muestreo.

Tabla 19.

Órdenes de macroinvertebrados acuáticos encontrados en el Río Frío.

Orden	ESTACIONES DE MUESTREO															Σ	%
	Esmero			Pavas			Palmar			Piravante			Viso				
	No. De Individuos por periodo																
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
Amphipoda				1												1	0,01
Basommatophora												1				1	0,01
Coleoptera	5	10	21	15	15	6	32	11	29	9	9	10	19		5	196	1,61
Megaloptera	1	3	2	7	4	3	6	5	3	3	24	13				74	0,61
Diptera	194	134	168	96	95	72	163	99	54	46	12	531	563	4999	33	7259	59,54
Ephemeroptera	187	291	190	193	194	195	511	902	105	345	217	584		13		3927	32,21
Haplontaxida	2			3	2	2				1						10	0,08
Hemiptera								1	1	1	2	9				14	0,11
Lepidoptera	2			2				2		1						7	0,06
Odonata			1					2	16		8	16				43	0,35
Plecoptera			4	1	1			1	4		3					14	0,11
Trichoptera	17	24	72	25	19	59	81	42	160	9	99	37				644	5,28

Se evidencia un mayor número de individuos para los órdenes Diptera, Ephemeroptera, Trichoptera y Coleoptera, el cual también se han encontrado en otros afluentes del Huila (León, 2014; Sánchez & León, 2004; Suarez, 2016 y Gutiérrez, 2017).

7.6.1 Orden Diptera.

Los dípteros acuáticos constituyen unos de los organismos más complejos, abundantes distribuidos por todo el mundo, su hábitat es muy variado, va desde ríos, y lagos a todas las profundidades; en este orden existen pocos representantes de aguas limpias (familia Blephariceridae), a comparación de familias de aguas contaminadas (Chironomidae, Culicidae, Stratiomyidae y Tipulidae), (Roldán-Pérez, 1988).

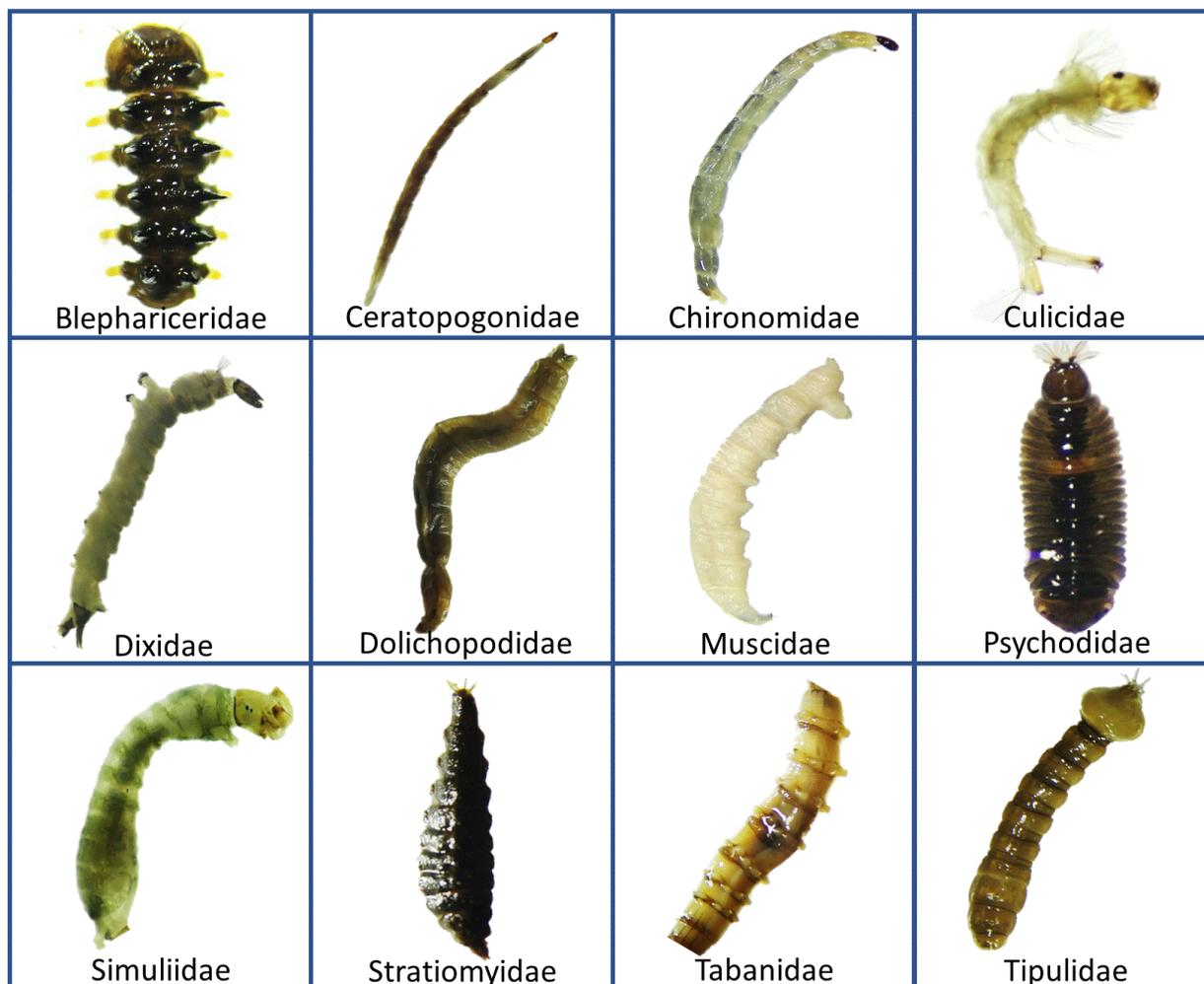


Figura 30. Dípteros colectados en el Río Frío de Campoalegre.

Fuente: Grupo de investigación

El orden Diptera tuvo una abundancia del 59,54%, (ver Tabla 19.) respecto a todos los macroinvertebrados colectados; la distribución del orden fue muy amplia en todas las estaciones de muestreo, dado que se colectó en cada zona muestreada. Su rango altitudinal osciló entre 1576 msnm y 516 msnm. Las familias encontradas corresponden a: Blephariceridae, Ceratopogonidae, Chironomidae, Culicidae, Dolichopodidae, Dixidae, Muscidae, Psychodidae, Simuliidae, Stratiomyidae, Tabanidae y Tipulidae (Figura 30).

La estación Viso obtuvo la mayor cantidad de organismos del orden Diptera con 5595 individuos (únicamente familia Chironomidae) que representa un 45,89% de todos los macroinvertebrados colectados, este mayor número de individuos se puede asociar

a que la estación Viso presenta grandes problemas de contaminación debido a las aguas residuales generados en la zona urbana y la familia Chironomidae tiene hemoglobina en su hemolinfa que le permite captar oxígeno en condiciones de falta casi total de oxígeno disuelto en el medio acuático, (Álvarez, 2005).

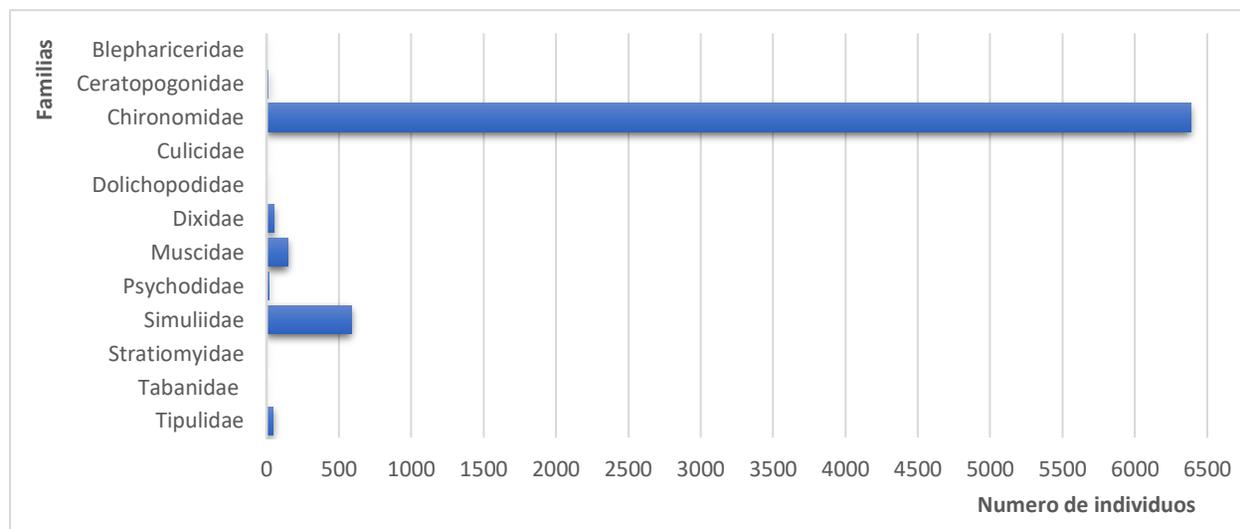


Figura 31. Familias representativas de Diptera en el Río Frío de Campoalegre.

Como se puede observar en la Figura 31, la familia Chironomidae, es la representativa del orden Diptera con el 52,3% individuos (6387 individuos), seguidamente de la Simuliidae que representa el 4,79% (584 individuos) de los individuos colectados y se encontró en todas las estaciones muestreadas. Otras familias significativas son la Muscidae con el 1,21% (148 individuos), colectados mayormente en el primer periodo de la estación Esmero; la Dixidae con el 0,40% (49 individuos) y la Tipulidae con el 0,38% (47 individuos) colectados únicamente en las tres estaciones de muestreo más altas (Esmero, Pavas y Palmar). Finalmente, otras familias no muy representativas del orden díptero en el Río Frío son: Blephariceridae, Ceratopogonidae, Culicidae, Dolichopodidae, Psychodidae, Stratiomyidae y Tabanidae que representan únicamente el 0,24% (29 individuos) colectados.

7.6.2 Orden Ephemeroptera.

Este orden cuenta con aproximadamente 300 géneros y 4000 especies descritas en todo el mundo; todos los estadios inmaduros viven en ambientes dulceacuícolas (en prácticamente todos los microambientes disponibles). Este orden de macroinvertebrados vive por lo general en aguas de corrientes limpias y bien oxigenadas, por lo tanto, se les considera indicadores de aguas limpias, (Roldán-Pérez, 1988; Domínguez y Fernández, 2009).

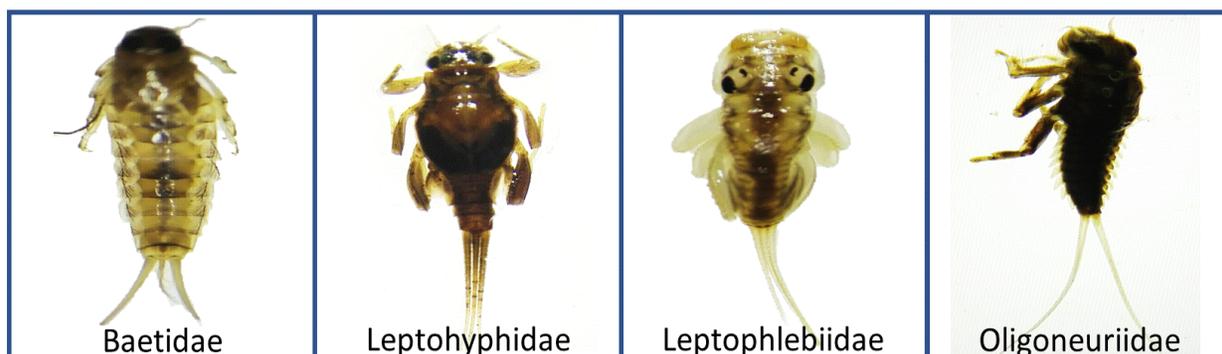


Figura 32. Efemerópteros colectados en el Río Frío de Campoalegre.

Fuente: Grupo de Investigación

En el presente estudio, el orden Ephemeroptera tuvo un porcentaje de abundancia del 32,21% con respecto a toda la comunidad de macroinvertebrados muestreados; la distribución del orden en la microcuenca fue amplia, encontrándose en todas las estaciones de muestreo, incluyendo la estación Viso caracterizada por ser la estación que recibe aguas residuales. Las familias encontradas fueron: Baetidae, Leptohyphidae, Leptophlebiidae y Oligoneuriidae (ver Figura 32) es decir 4 de las 9 familias que se han registrado para Colombia según (Álvarez, 2005).

La estación Palmar (estación protegida) obtuvo la mayor cantidad de organismos del orden Ephemeroptera con 1518 individuos (Familia Baetidae mayoritariamente) que representa el 12,45% de todos los macroinvertebrados colectados. Este mayor número de individuos se puede asociar a que esta familia hace parte según Carrera-Reyes y Fierro-Peralbo, (2001) a los tres grupos de macroinvertebrados indicadores de buena calidad del agua porque son más sensibles a los contaminantes.

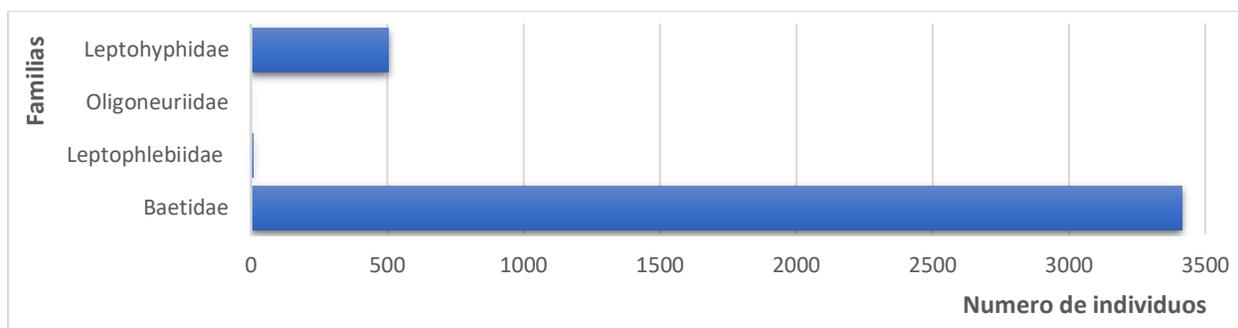


Figura 33. Familias representativas de Ephemeroptera en el Río Frío de Campoalegre.

De acuerdo con la Figura 33, La familia Baetidae, es la representativa del orden Ephemeroptera con 3413 individuos (28%) seguido de la Leptohiphidae con 505 individuos (4,14%), por otro lado, se encontró en menor medida la Leptophlebiidae y la Oligoneuriidae con 9 individuos que únicamente representa el 0,07% de organismos muestreados.

7.6.3 Orden Trichoptera.

Con más de 1350 especies citadas para América del Sur, puede considerarse que la Trichoptera es uno de los órdenes de insectos de agua dulce más diversificados, la mayoría de los Tricópteros viven en aguas corrientes, limpias y oxigenadas, debajo de piedras, troncos y material vegetal, en general son indicadores de aguas oligotróficas (Roldán-Pérez, 1988; Domínguez y Fernández, 2009).

En el Río Frío Campoalegre, las familias encontradas fueron Glossosomatidae, Hydrobiosidae, Hydropsychidae, Hydroptilidae, Leptoceridae, Philopotamidae y Polycentropodidae (ver Figura 34). El total de tricópteros (644 individuos), representan el 5,28% del total de macroinvertebrados acuáticos colectados. La familia más representativa es la Hydropsychidae (en los estudios de Sánchez, 1997; León, 2014 y Gutiérrez, 2017; también se evidencio esta familia como la más abundante entre los Tricópteros) que se encontró en todas las estaciones de muestreo, excepto la estación Viso.

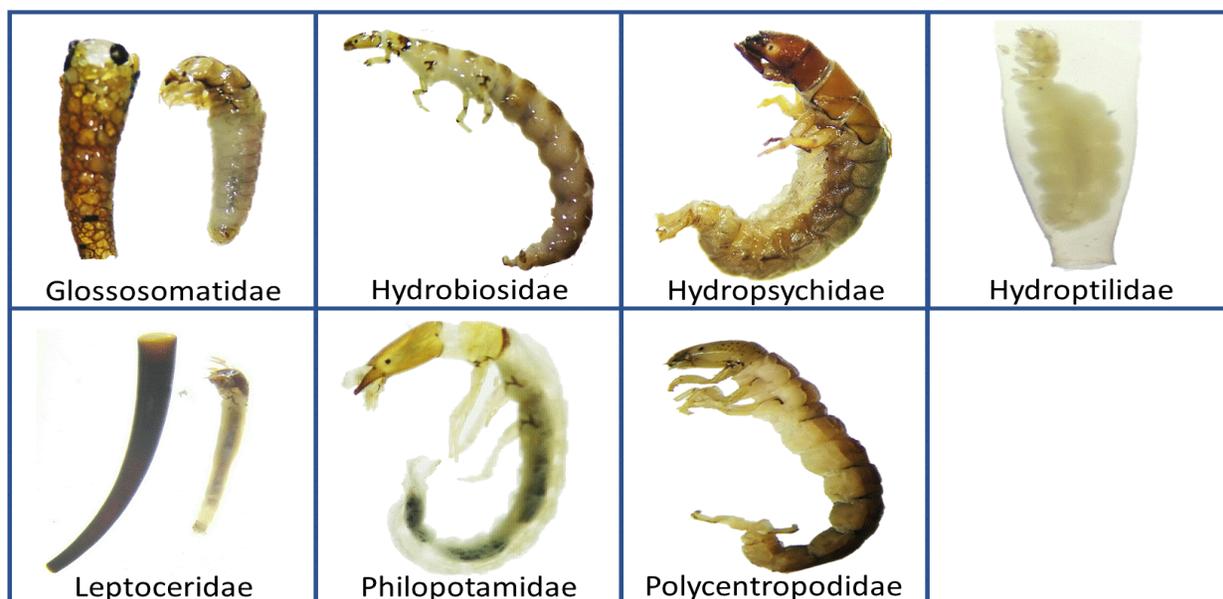


Figura 34. Tricópteros colectados en el Río Frío de Campoalegre.

Fuente: Grupo de Investigación

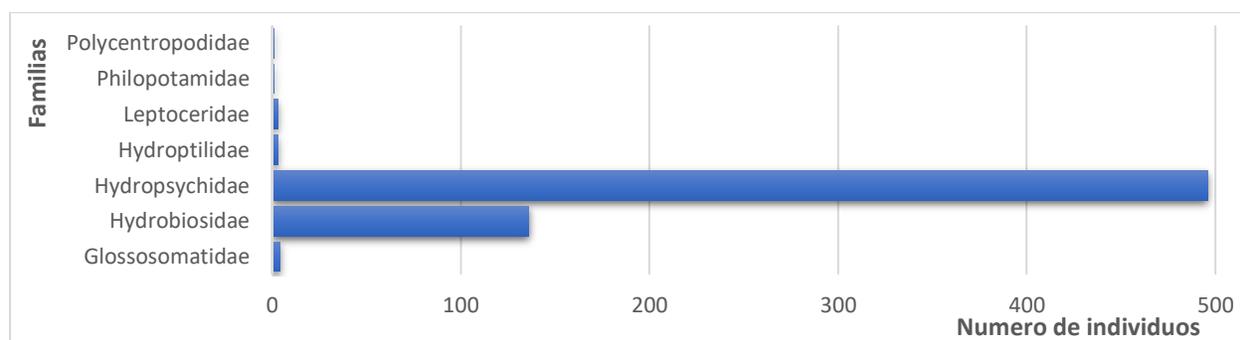


Figura 35. Familias representativas de Trichoptera en el Río Frío de Campoalegre.

Como se puede evidenciar en la Figura 35, la familia Hydropsychidae es la familia más representativa de los tricópteros con 496 individuos (4,07%), seguida de la familia Hydrobiosidae (se colecto principalmente en la estación Palmar) con 136 individuos (1,12%). Por otro lado, en menor medida se colecto la Glossosomatidae con 4 individuos (0,03%). Finalmente, las familias menos representativas son la Leptoceridae, Hydroptilidae (3 individuos cada una), Polycentropodidae y Philopotamidae (1 individuo cada una) que únicamente representa el 0,06% de individuos colectados.

7.6.4 Orden Coleoptera.

El orden Coleoptera es el grupo más numeroso de organismos, incluyendo más de 350.000, si bien la mayor parte de los coleópteros son terrestres, hay cerca de 10.000 especies que son acuáticas en alguno de sus estadios de desarrollo, estas se encuentran en todo tipo de aguas continentales, (Domínguez y Fernández, 2009).

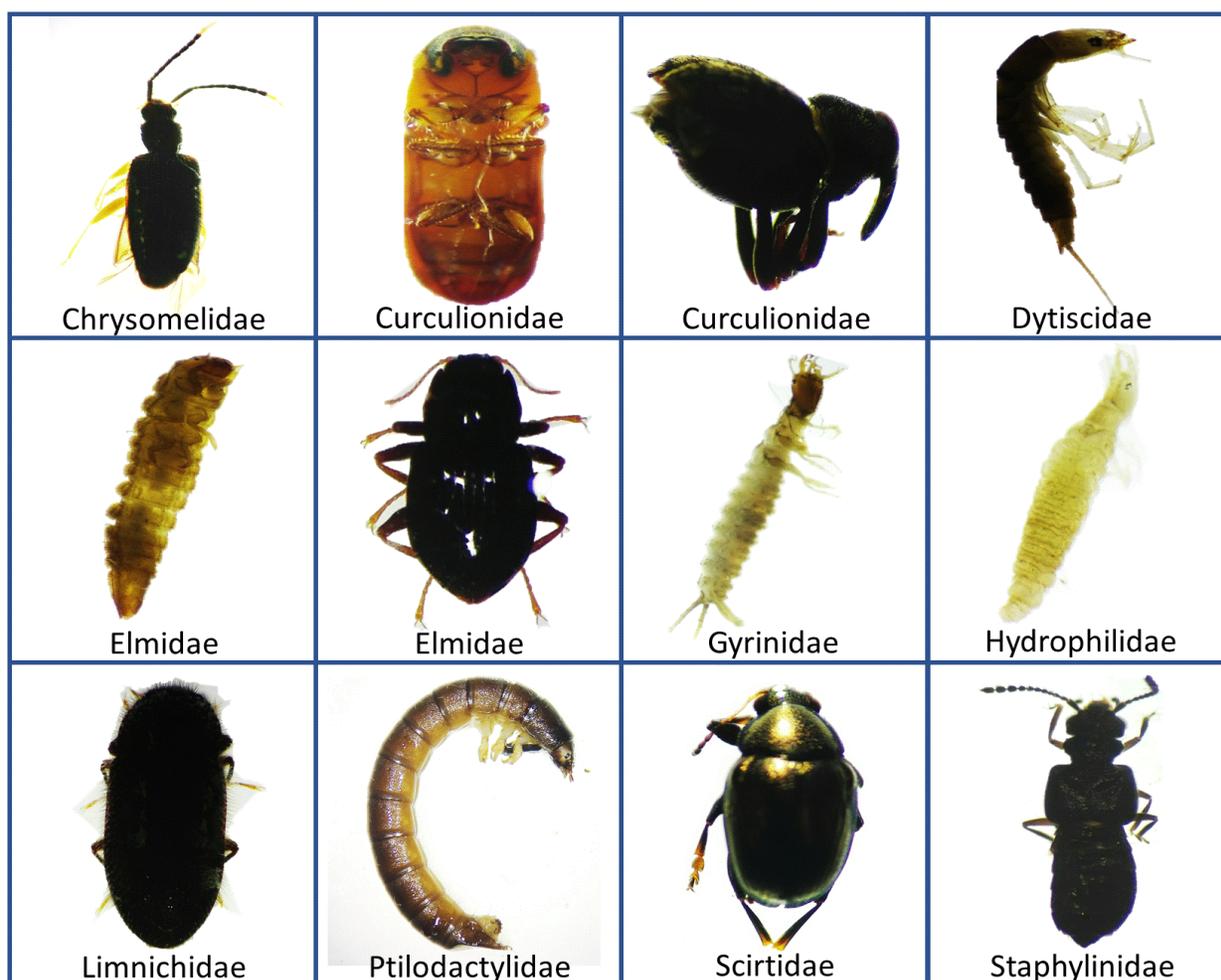


Figura 36. Coleópteros colectados en el Río Frío de Campoalegre.

Fuente: Grupo de Investigación

En el Río Frío Campoalegre los coleópteros obtenidos representan el 1,61% del total de la comunidad bentónica; siendo colectados 196 individuos distribuidos en 10 familias, que se encontraron en todas las estaciones de muestreo. La familia encontrados

de este orden son Chrysomelidae, Curculionidae, Dytiscidae, Elmidae, Gyrinidae, Hydrophilidae, Limnichidae, Ptilodactylidae, Scirtidae y Staphylinidae (ver Figura 36). Elmidae resultó ser la familia con mayor presencia con un 0,64% (ver Figura 37) del total de la abundancia de la comunidad bentónica; luego sigue la Hydrophilidae, Staphylinidae con el 0,28% (cada una), seguido del Ptilodactylidae con el 0,18%, Curculionidae con el 0,16% y finalmente los individuos por debajo o igual al 0,03% Scirtidae, Limnichidae, Gyrinidae y Dytiscidae. El hecho de la mayor presencia del género Elmidae se debe a su capacidad de colonizar distintos sustratos acuáticos, dado su condición sedentaria (León, 2014).

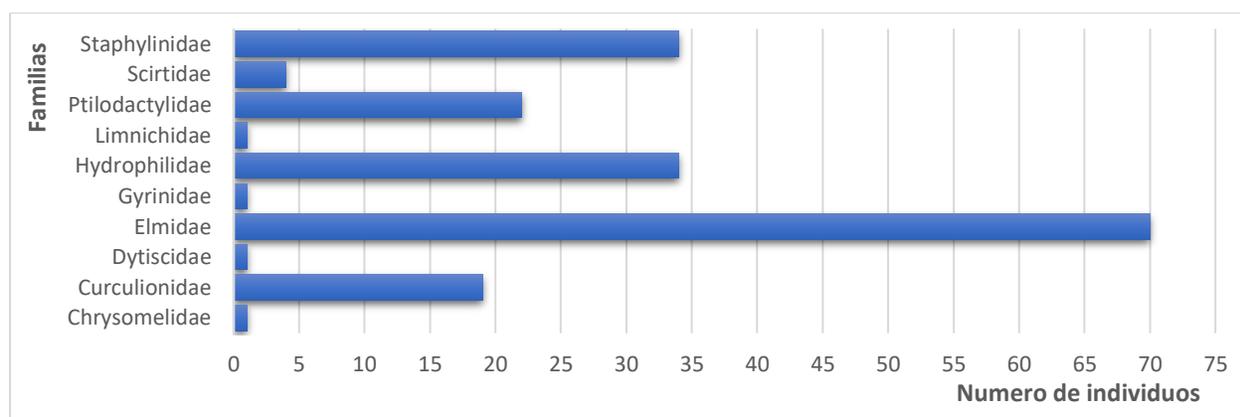


Figura 37. Familias representativas de Trichoptera en el Río Frío de Campoalegre.

7.6.5 Orden Odonata.

Odonata es un orden pequeño de insectos que reúne a nivel mundial a unas 5700 especies, aproximadamente un tercio de las cuales se hallan en la región Neotropical, los Odonatos viven en pozos, pantanos, márgenes de lagos, por lo general rodeado de abundante vegetación acuática, viven en aguas ligeramente eutrofizadas. (Roldán-Pérez, 1988; Domínguez y Fernández, 2009).

Los Odonatos obtenidos (ver Figura 38) representan el 0,35% del total de la comunidad bentónica; siendo colectados 43 individuos distribuidos en dos familias, que son la Gomphidae con 1 individuo (0,01%) colectado en la estación Palmar y la Libellulidae con 42 individuos (0,34%) colectados principalmente en Palmar y Piravante.

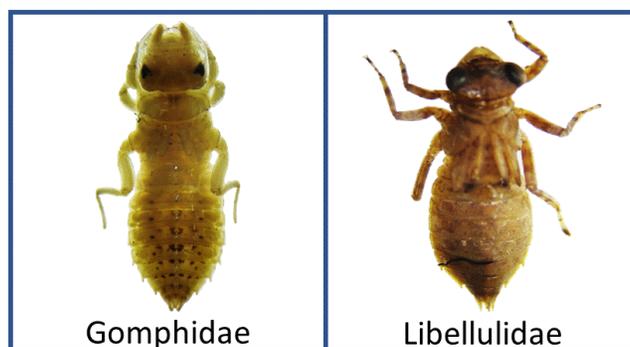


Figura 38. Odonatos colectados en el Río Frío de Campoalegre

Fuente: Grupo de Investigación

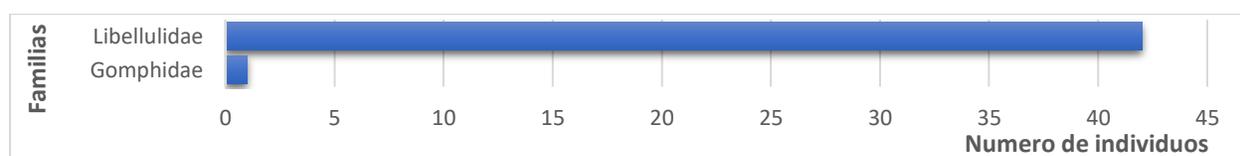


Figura 39. Familias representativas de Odonatos en el Río Frío de Campoalegre.

7.6.6 Orden Megaloptera.

El orden Megaloptera es uno de los órdenes de insectos considerados netamente acuáticos, es decir, todas las especies del grupo pasan por lo menos un estado del ciclo de vida en el agua, en la región neotropical se tiene un registro de 73 especies y subespecies de Megaloptera, lo cual representa el 22,3 % de la diversidad global del orden. (Domínguez y Fernández, 2009).



Figura 40. Megalóptero colectado en el Río Frío de Campoalegre.

Fuente: Grupo de Investigación

Para el Río Frío de Campoalegre se encontró únicamente la familia Corydalidae (ver Figura 40) con un total de 74 individuos (0,61%), distribuidos en 4 estaciones (Figura 41), exceptuando la estación Viso.

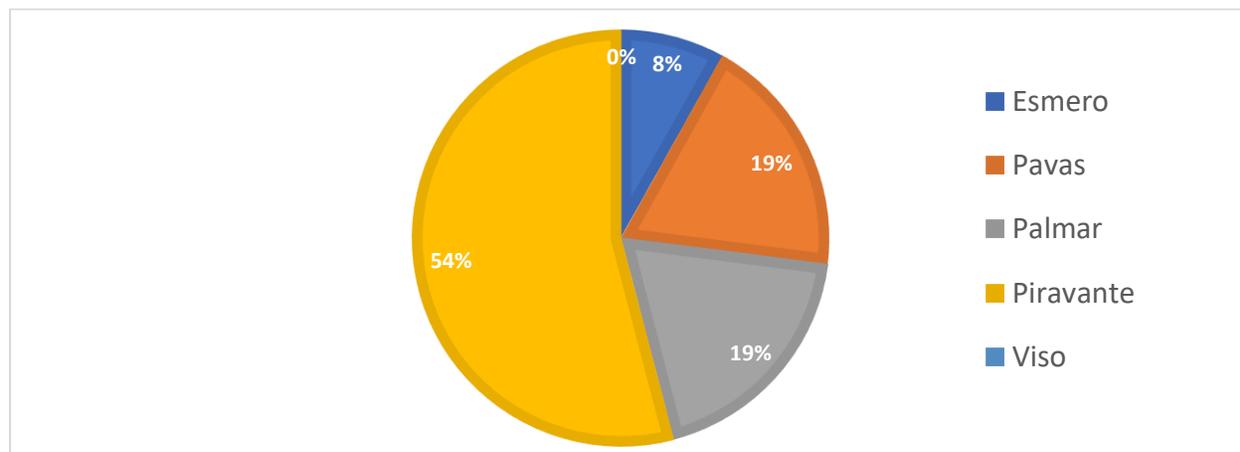


Figura 41. Familia Megaloptera colectada en estaciones del Río Frío de Campoalegre.

7.6.7 Orden Plecoptera.

La importancia del orden Plecoptera radica en que según Carrera-Reyes y Fierro-Peralbo, (2001), corresponde a uno de los tres grupos de familias más sensibles a la contaminación orgánica, indicadores de aguas muy limpias oligotróficas.



Figura 42. Plecóptero colectado en el Río Frío de Campoalegre.

Fuente: Grupo de investigación

Para el Río Frío de Campoalegre, se colectó un total de 14 individuos (representa el 0,11% de individuos colectados), distribuida en 4 estaciones (ver Figura 43). El mayor número de organismos colectados se encuentra en la estación Palmar caracterizada por ser la zona de abastecimiento del acueducto municipal, por ende, zona protegida.

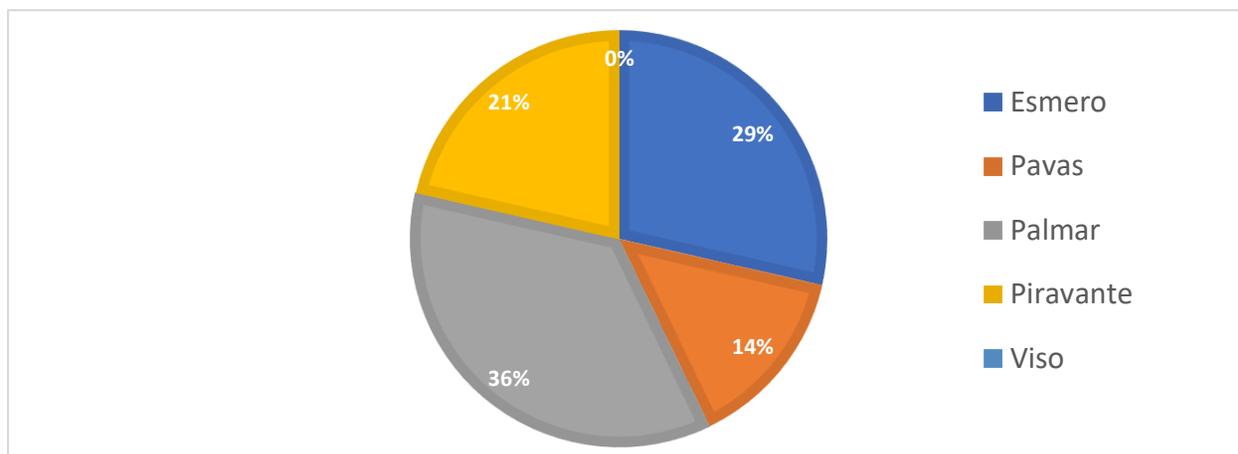


Figura 43. Familia Plecoptera colectada en estaciones del Río Frío de Campoalegre.

7.6.8 Otros grupos taxonómicos.

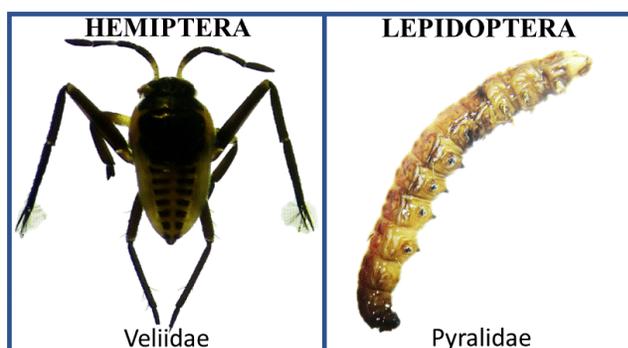


Figura 44. Clase Insecta menos abundante.

Fuente: Grupo de investigación

En este ítem, se agrupa aquellos órdenes de macroinvertebrados Artrópodos de menor abundancia. Entre la clase Insecta (ver Figura 44) se encuentran los órdenes Lepidoptera y Hemiptera que están representados por 22 individuos (0,18%) de los individuos colectados. Seguidamente se identificó un Crustáceo de la clase Malacostraca

y familia Hyalellidae que representan el 0,01% (1 individuo). Entre los anélidos se encontraron 10 individuos (0,08%) de la clase Oligochaeta y orden Tubificidae. Finalmente, solo se encontró 1 molusco (0,008) de la clase Gastropoda y orden Planorbiidae (ver Figura 45).

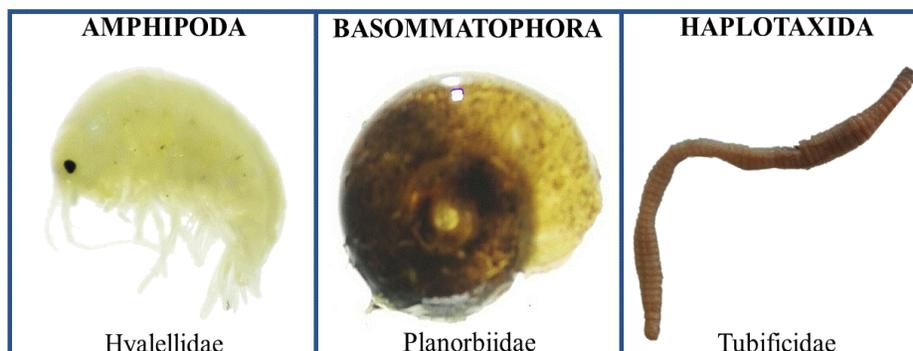


Figura 45. Otros macroinvertebrados colectados en el Río Frío de Campoalegre
Fuente: Grupo de investigación

7.7 ÍNDICES ECOLÓGICOS.

7.7.1 Calidad biológica de las aguas del Río Frío de Campoalegre.

7.7.1.1 Índice BMWP/Col y su ponderado ASPT.

Para medir la calidad biológica por medio del método BMWP/Col y su ponderado ASPT, se revisan los individuos colectados en los tres periodos (ver Tabla 18.) y se compara con la tabla de puntajes de macroinvertebrados acuáticos adaptada por Álvarez-Arango (2005), (ver Tabla 4.), a partir del trabajo de Roldán-Pérez, (2003), donde se hacen algunas modificaciones, dado que algunas familias fueron excluidas por no tener ningún valor como organismos indicadores de agua, además de conocer poco sobre su ecología debido a reportes escasos en Colombia, igualmente se han incluido otros familias. Este modelo a comparación del BMWP/Col propuesto por Roldán-Pérez se acerca más al territorio nacional, dado que en un principio Roldán-Pérez estableció el modelo para zonas montañosas de Antioquia.

Luego de revisar si las familias encontradas en cada estación de muestreo tienen un valor como organismo indicador de la calidad de agua, se procede a ubicarlo en su respectivo puntaje. Para cada estación se determinó el puntaje BMWP/Col y su ponderado ASPT por periodos y finalmente se hizo la sumatoria de periodos, con el fin de obtener un resultado más amplio de la calidad biológica del sistema ecológico. Cabe resaltar que el periodo 1 corresponde a temporada seca, el 2 a transición de temporada seca-lluvia y el 3 a inicio de temporada de lluvias.

En la zona que corresponde al Esmero catalogada de alta montaña, (Tabla 20.) se registró 29 familias indicadoras. En el primer periodo se visualizó 18 familias, dando como resultado en el BMWP/Col calidad aceptable con un puntaje de 104 (ligeramente contaminadas) y en el índice ASPT calidad dudosa con 5,77 (aguas moderadamente contaminadas). Seguidamente para el periodo de transición se encontró 12 familias; el BMWP/Col indicó calidad dudosa con 60 puntos (Aguas moderadamente contaminadas) y el ASPT calidad dudosa con 5,00. Continuando el periodo seco registró 21 familias y los índices mejoraron en relación con el anterior; el BMWP/Col indicó calidad aceptable con 120 puntos (muy cercana a la calidad buena) y el ASPT calidad dudosa con 5,71.

Tabla 20.

Lista de familias de macroinvertebrados encontrados en la estación Esmero y puntaje BMWP/Col y ASPT

ESMERO Familias	Puntaje	Periodos		
		1	2	3
Blephariceridae, Perlidae, Ptilodactylidae.	10	1		2
Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Polycentropodidae.	9	1	1	2
Leptoceridae.	8	1		
Baetidae, Elmidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Glossosomatidae, Pyralidae.	7	6	3	5
Staphylinidae, Corydalidae.	6	1	1	2
Gyrinidae, Libellulidae, Simuliidae, Tabanidae.	5	3	1	3
Curculionidae, Dolichopodidae, Muscidae, Scirtidae.	4	2	3	2
Hydrophilidae, Tipulidae.	3	1	1	2
Chironomidae, Culicidae, Psychodidae.	2	1	2	3
Tubificidae.	1	1		
Puntaje BMWP/Col		104	60	120
Puntaje ASPT		5,77	5,00	5,71

La siguiente zona de alta montaña se denomina Pavas, en esta se registró un total de 25 familias de valor indicativo. En primer periodo se documentó 22 familias, dando por resultado BMWP/Col calidad buena con un puntaje de 130 (aguas no contaminadas) y en el ASPT calidad dudosa con 5,91. Seguidamente para el segundo periodo se registraron 17 familias y el panorama bajo para ambos métodos, el BMWP/Col indicó una calidad Aceptable con 97 puntos y el ASPT una calidad dudosa con 5,71 puntos. Continuando con el tercer periodo se registró 15 familias, el método BMWP/Col indicó calidad aceptable con 92 puntos y el ASPT una calidad dudosa con 6,13.

Tabla 21.

Lista de familias de macroinvertebrados encontrados en la estación Pavas y puntaje BMWP/Col y ASPT.

PAVAS Familias	Puntaje	Periodos		
		1	2	3
Perlidae, Ptilodactylidae.	10	2	2	1
Dytiscidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae	9	2	1	2
Leptoceridae.	8			1
Baetidae, Dixidae, Elmidae, Hyalellidae, Hydropsychidae, Leptohephidae, Pyralidae.	7	7	4	5
Corydalidae, Staphylinidae.	6	2	2	1
Ceratopogonidae, Simuliidae, Tabanidae	5	3	2	1
Curculionidae, Muscidae, Scirtidae	4	2	3	1
Tipulidae.	3	1	1	1
Chironomidae, Psychodidae.	2	2	1	1
Tubificidae.	1	1	1	1
Puntaje BMWP/Col		130	97	92
Puntaje ASPT		5,91	5,71	6,13

La estación Palmar, se caracteriza por quedar en el pie de monte, además de ser la zona abastecedora del acueducto de Campoalegre. De acuerdo con la Tabla 22., se obtuvo un total de 29 familias de macroinvertebrados indicadoras de calidad biológica del agua.

En el periodo de lluvias se registraron 20 familias con valor indicativo, donde el método BMWP/Col indicó calidad aceptable con 105 puntos (aguas ligeramente contaminadas: se evidencia efectos de la contaminación) y el ASPT calidad dudosa con 5,53 puntos (aguas moderadamente contaminadas). Luego, en el periodo de transición

se obtuvieron 20 familias indicadoras; el método BMWP/Col indicó calidad aceptable con 120 puntos y el método ASPT calidad dudosa con 6,31 puntos. Continuando con el tercer periodo de muestreo, correspondiente a la temporada seca, se registró 19 familias y los puntajes bajaron levemente con relación al anterior; el BMWP/Col indicó calidad aceptable con 112 puntos y el ASPT calidad dudosa con un puntaje de 5,89. La estación Palmar obtuvo pocas fluctuaciones respecto a estos índices aplicados, a diferencia de las estaciones de alta montaña, donde el puntaje variaba drásticamente entre periodos de muestreo.

Tabla 22.

Lista de familias de macroinvertebrados encontrados en la estación Palmar y puntaje BMWP/Col y ASPT.

PALMAR Familias	Puntaje	Periodos		
		1	2	3
Perlidae, Ptilodactylidae.	10	1	1	2
Gomphidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Oligoneuriidae.	9	1	3	2
Leptoceridae.	8		1	
Baetidae, Dixidae, Elmidae, Hydropsychidae, Leptohephidae, Pyralidae.	7	5	5	5
Corydalidae, Limnichidae, Staphylinidae.	6	3	2	1
Ceratopogonidae, Simuliidae, Libellulidae, Tabanidae.	5	2	3	3
Curculionidae, Chrysomelidae, Dolichopodidae, Muscidae.	4	4	2	2
Tipulidae, Stratiomyidae	3	1	1	2
Chironomidae, Psychodidae.	2	2	1	2
Puntaje BMWP/Col		105	120	112
Puntaje ASPT		5,53	6,31	5,89

La siguiente estación de muestreo Piravante se caracteriza por ser la zona que está ubicada antes de pasar por la zona urbana, además de estar rodeados por potreros y cultivos característicos del lugar como el arroz, en este lugar se registró un total 23 familias con valor indicativo.

En el primero periodo que corresponde a la temporada de lluvias se documentó 13 familias dando por resultado BMWP/Col calidad dudosa con un puntaje de 62 (aguas moderadamente contaminadas) y en el ASPT calidad dudosa con 4,77. Seguidamente para el segundo periodo que corresponde a la temporada de transición se registraron 18

familias y el panorama mejoro para ambos métodos, el BMWP/Col indicó una calidad Aceptable con 88 puntos y el ASPT una calidad dudosa con 6,28 puntos. Continuando con el tercer periodo que corresponde a la temporada seca se registró 13 familias, el método BMWP/Col indicó calidad aceptable con 84 puntos y el ASPT una calidad dudosa con 6,46.

Tabla 23.

Lista de familias de macroinvertebrados encontrados en la estación Piravante y puntaje BMWP/Col y ASPT.

PIRAVANTE Familias	Puntaje	Periodos		
		1	2	3
Perlidae	10		1	
Leptophlebiidae, Hydrobiosidae, Philopotamidae	9		2	3
Hydroptilidae	8			1
Baetidae, Dixidae, Hydropsychidae, Elmidae, Leptohyphidae, Pyralidae	7	5	5	4
Corydalidae, Planorbiidae, Staphylinidae	6	1	1	2
Ceratopogonidae, Libellulidae, Simuliidae	5	1	2	
Curculionidae, Muscidae	4	2	1	1
Hydrophilidae	3	1	1	1
Chironomidae, Psychodidae	2	2	1	1
Tubificidae	1	1		
Puntaje BMWP/Col		62	88	84
Puntaje ASPT		4,77	6,28	6,46

Para finalizar, la estación Viso se caracteriza por ser la zona del río después de haber pasado por la zona urbana y por ende, tener un alto grado de contaminación, producto de las aguas residuales que se depositan en el afluente al paso de la zona urbana. De acuerdo con la Tabla 24., se documentó un total de 10 familias de macroinvertebrados con valor indicativo.

En el primer periodo se encontró 7 familias, donde el método BMWP/Col indicó calidad biológica Muy crítica con 10 puntos (aguas fuertemente contaminadas) y el ASPT calidad muy crítica con 2,5 (aguas fuertemente contaminadas). Para el segundo periodo que corresponde a la temporada de transición se registraron 3 familias y el panorama mejoró levente para ambos métodos; el BMWP/Col indicó calidad muy crítica con 13

puntos y el ASPT calidad crítica con 4,33. Continuando con el tercer periodo registró 3 familias y los puntajes bajaron con relación al anterior; el BMWP/Col indicó calidad muy crítica con 7 puntos y el ASPT calidad muy crítica con 2,33.

Tabla 24.

Lista de familias de macroinvertebrados encontrados en la estación Viso y puntaje BMWP/Col y ASPT.

VISO Familias	Puntaje	Periodos		
		1	2	3
Baetidae	7		1	
Simuliidae	5		1	
Curculionidae	4	1		
Hydrophilidae, Stratiomyidae	3	1		2
Psychodidae	2	1		
Chironomidae	1	1	1	1
Puntaje BMWP/Col		10	13	7
Puntaje ASPT		2,5	4,33	2,33

A continuación, en la Figura 46 el método BMWP arrojó por lo general en las estaciones de montaña una calidad aceptable (aguas ligeramente contaminadas), excepto en el periodo 2 de la E1 que dio un resultado muy bajo (aguas moderadamente contaminadas); esto quizás se debió a que para esa época se tenía en esta zona cosechas de café; continuando en la estación Pavas se identificó el valor más alto en el primer periodo (en esta época no estaban en cosecha). Por otro lado la estación Palmar obtuvo el mayor equilibrio de la estaciones con los puntajes por encima de 100, además mejorando la calidad en los periodos 2 y 3 lo que demuestra la importancia del ecosistema estratégico Luis Antonio Motta Falla, por último se puede evidenciar como hay un descenso importante a medida que el afluente se acerca al casco urbano y después de que pasa por este la calidad biológica es de valores muy críticos que significa aguas fuertemente contaminadas, debido a las aguas negras que van a parar al río.

En cuanto a la Figura 47, se puede rescatar que las primeras 4 estaciones ubicadas antes del casco urbano todas presentan una calidad de aguas Clase III, lo que significa aguas moderadamente contaminadas. Por otro lado, en la estación que está ubicada antes del municipio (Piravante) el índice arroja valores similares a las estaciones

de montaña, mientras que la estación Viso al igual que en el método BMWP/Col arrojó los valores más bajos en cuanto al puntaje ASPT, tanto así que en dos de sus tres periodos de muestreo obtuvo una calidad muy crítica.

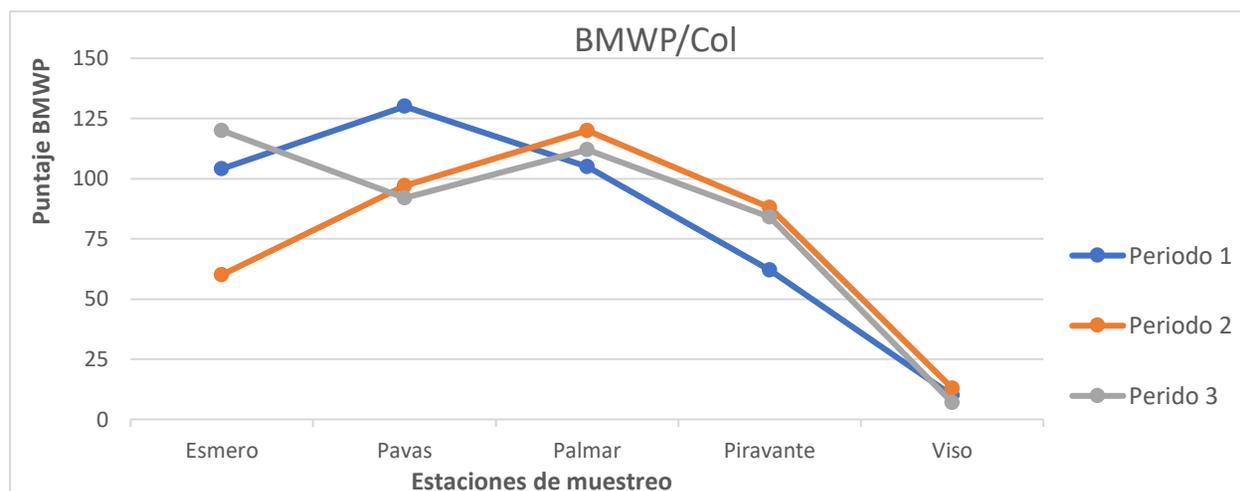


Figura 46. Comparación de todas las estaciones en cuanto al método BMWP/Col.

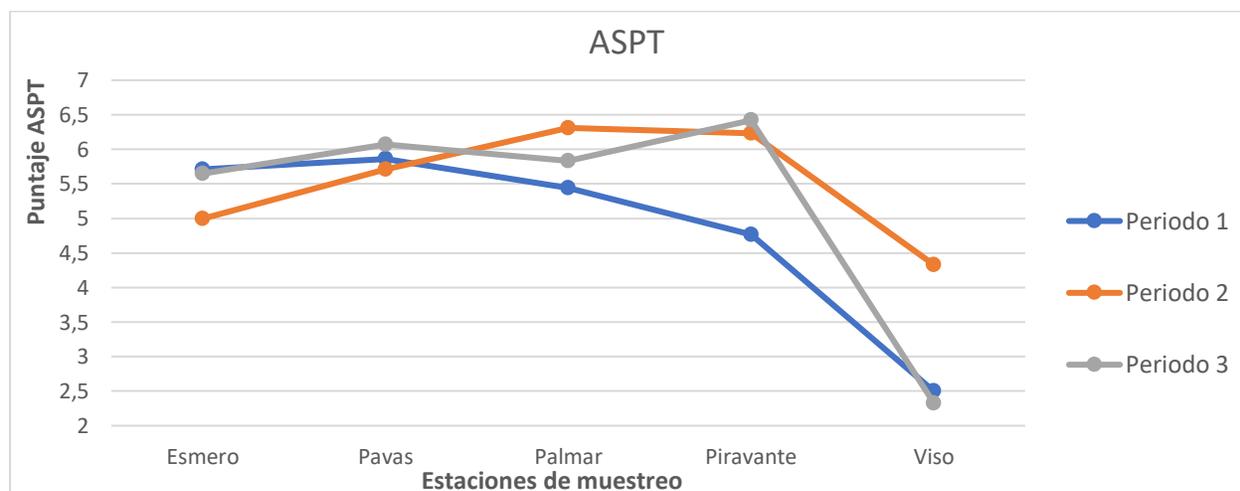


Figura 47. Comparación de todas las estaciones en cuanto al método ASPT.

7.7.1.2 Índice EPT

Para medir el índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera), se hizo con el basado en el modelo propuesto por Carrera-Reyes y Fierro-Peralbo, (2001), donde se utilizan tres grupos de macroinvertebrados sensibles a los contaminantes. Según Arango

et al., (2008) los valores más altos el índice EPT significan aguas más oxigenadas y limpias, dado que estos organismos son sensibles a los cambios drásticos de Oxígeno disuelto. Para la medición del índice EPT, es necesario tener el registro de todos los individuos EPT presentes y la abundancia total de organismos identificados (ver Tabla 18.).

Tabla 25.

Índice EPT para cada periodo y estación de muestreo.

	Estaciones de Muestreo									
	Esmero		Pavas		Palmar		Piravante		Viso	
	EPT	A	EPT	A	EPT	A	EPT	A	EPT	A
Muestreo 1	204	408	218	342	600	801	354	416	0	582
Índice (%)	50,0		63,7		74,9		85,1		0,0	
Muestreo 2	315	461	215	332	945	1055	320	375	13	5012
Índice (%)	68,3		64,8		89,6		85,3		0,2	
Muestreo 3	266	459	253	337	269	372	619	1201	0	38
Índice (%)	58,0		75,1		72,3		51,5		0,0	

Nota: Las siglas "EPT" significa macroinvertebrados del orden Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera presentes y "A" abundancia total.

Según los resultados de la Tabla 25., el índice EPT indica que en el Esmero en el primer periodo el 50% de los individuos colectados correspondían al grupo evaluado, en el segundo periodo de transición hubo un aumento al 68,3% y en el periodo de lluvias el índice descendió hasta el 58%. Los tres valores del índice tuvieron fluctuaciones entre el 50% y 68,3% lo que indica que presenta una calidad de agua buena.

En la siguiente estación de muestro Pavas, el índice EPT en el primer periodo fue de 63,7%, para el segundo periodo hubo un aumento leve con un 64,7% indicando que en los dos primeros periodos hubo una calidad de agua buena. Para el tercer periodo el índice dio como resultado un valor de 75,1% lo que indica calidad de agua muy buena.

Continuando con la estación de muestreo Palmar en el primer periodo dio 74,9% lo que indica calidad de agua buena, muy cerca de muy buena que inicia a partir del 75%. Seguidamente hubo una mejora considerable para el segundo periodo col el 89,6% que

indica calidad muy buena y siendo este puntaje el más alto a comparación con todos los periodos y estaciones de muestreo. Luego, para el tercer periodo los valores descendieron hasta el 72,3% lo que indica calidad buena.

Luego en la estación Piravante se evidenció para el primer periodo un porcentaje del 85,1% y para el segundo periodo un porcentaje de 85,3%, expresando calidad de agua buena para los dos periodos. Seguidamente para el tercer periodo los valores descendieron al 51,5% que significa calidad buena muy cerca de la calidad regular.

Por último, la estación Viso registró los valores más bajos para el primer y tercer periodo con el 0% indicando calidad de agua mala. En el segundo periodo se obtuvo un porcentaje de 0,2% que significa calidad de aguas mala. Finalmente, la sumatoria de periodos dio 0,2% que se traduce como calidad de aguas mala.

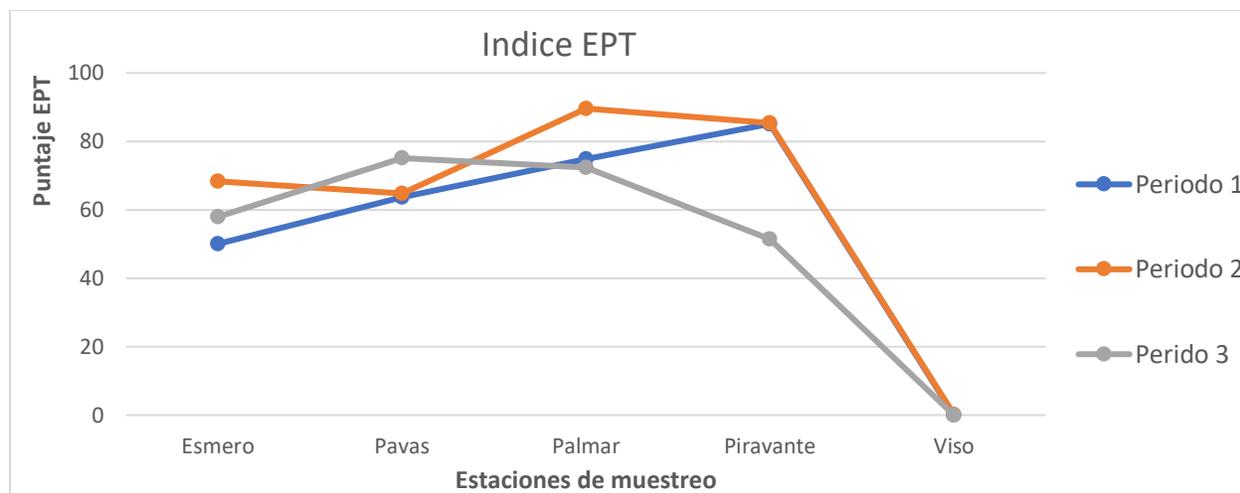


Figura 48. Comparación de todas las estaciones en cuanto al método EPT.

El índice EPT determina la oxigenación de las aguas, en este se observa como los valores inician con una calidad buena en la estación Esmero y a medida que fluye río abajo el nivel aumenta a una calidad buena y muy buena, por su parte en la estación Piravante los resultados en los periodos 1 y 2 fueron muy buenos y esto se debe a la presencia de algas en el lecho del río producto de abonos que suministraban a los cultivos aledaños a la zona, finalmente la estación Viso presentó los valores más bajos.

7.7.1.3 Índice de Dípteros

“El índice de dípteros se calculó dividiendo el número de individuos del orden Diptera por el número total de individuos colectados; los valores más altos determinan el enriquecimiento del agua con materia orgánica”, Arango *et al.*, (2008). El índice Diptera para cada periodo y estación de muestreo se presentan a continuación (Tabla 26.).

Tabla 26.

Índice de Dípteros para cada periodo y estación de muestreo.

	Esmero		Pavas		Palmar		Piravante		Viso	
	Dp	A	Dp	A	Dp	A	Dp	A	Dp	A
Muestreo 1	194	408	96	342	163	801	46	416	563	582
Índice (%)	47,5		28,1		20,3		11,1		96,7	
Muestreo 2	134	461	95	332	99	1055	12	375	4999	5012
Índice (%)	29,1		28,6		9,4		3,2		99,7	
Muestreo 3	168	459	72	337	54	372	531	1201	33	38
Índice (%)	36,6		21,4		14,5		44,2		86,8	

Nota: Las siglas “Dp” significa Dípteros presentes y “A” abundancia total.

Según los resultados de la Tabla 26., el índice de dípteros indica que el enriquecimiento del agua con materia orgánica en la estación Esmero (estación más alta en el nivel altitudinal) es de 47,5% para el primer periodo que corresponde a la temporada de lluvias, para el segundo periodo que corresponde a la temporada de transición el índice arroja un valor de 29,1% bajando considerablemente y por último en el periodo seco subió de nuevo a un valor de 36,6%.

Continuando con las Pavas el enriquecimiento del agua con materia orgánica indica que en el primer periodo se obtuvo un porcentaje del 28,1%, en el segundo periodo aumento levemente al 28,6% y finalmente en el tercer periodo dio el valor más bajo de la estación con el 21,4%.

Seguidamente la estación Palmar obtuvo en el primer periodo que hace parte de la temporada de lluvias el 20,3% de enriquecimiento del agua con materia orgánica, para

el segundo periodo que corresponde a la temporada intermedia el promedio bajo hasta el 9,4% y por último, para el tercer periodo que pertenece a la temporada seca aumento el valor hasta el 14,5%.

Luego la estación Piravante registró enriquecimiento del agua con materia orgánica en el primero periodo con un porcentaje del 11,1%, para el segundo periodo disminuyo al 3,2% y seguidamente para el tercer periodo aumento drásticamente al 44,2%.

Por último, la estación Viso registró los valores más altos del índice. En el primero periodo la cifra alcanzó el 96,7%, aumentando en el segundo periodo hasta el 99,7%, luego, en el tercer periodo la cifra descendió hasta el 86,8%.

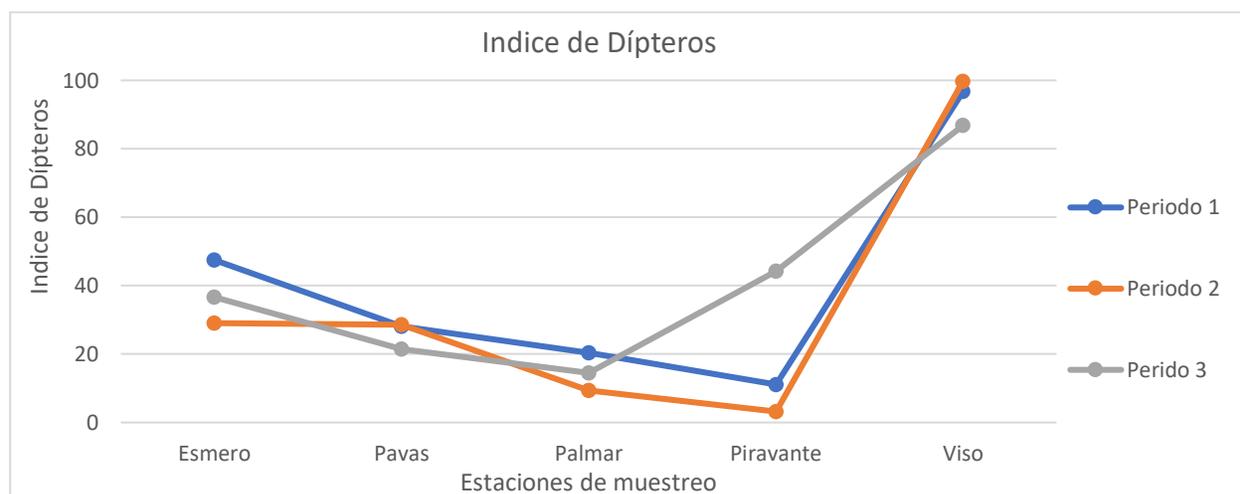


Figura 49. Índice de Dípteros en los diferentes periodos y estaciones de muestreo.

En la Figura 49 se aprecia el índice de dípteros, donde se puede observar como a medida que el afluente recorre río abajo el panorama mejora hasta la estación Piravante (exceptuando el periodo 3) donde se determina una baja contaminación orgánica. Por otro la estación Palmar muestra valores más bajos a comparación de las estaciones de alta montaña, permitiendo denotar la importancia que tiene el ecosistema estratégico allí presente. Finalmente se aprecia que luego de que el río pasa por la zona urbana el índice aumenta drásticamente hasta valores cercanos a al cien por ciento.

7.7.1.4 ICOBIO

Hernández y Ramirez (2016) sostienen que, en términos de contaminación, el ICOBIO mide la similitud de la comunidad de macroinvertebrados entre dos estaciones. Entre más se parezcan dos puntos, menor será la contaminación”. Considerando estas palabras, el tramo comprendido entre las estaciones Piravante y Viso, se reporta entre alto y muy alto niveles de contaminación, en cuanto a los pares de estaciones seguidas, esto debido al paso del cauce por el casco urbano de Campoalegre, arrojando al río grandes cantidades de residuos sólidos y aguas residuales.

Por el contrario, el tramo comprendido entre las estaciones Pavas y Palmar, arrojó los resultados de contaminación baja y media, esto considerando que las actividades antropogénicas disminuyen drásticamente por la zona dedicada a la protección de la bocatoma del acueducto, denominado Parque Natural Municipal “Luis Antonio Motta Falla”.

Tabla 27.

Índice biológico ICOBIO en el Río Frío Campoalegre.

Estaciones	Lluvias		Intermedio		Seco		Promedio	
	ICOBIO	Cla.	ICOBIO	Cla.	ICOBIO	Cla.	ICOBIO	Cla.
(1-2)	0,53	M	0,36	B	0,61	A	0,50	M
(1-3)	0,59	M	0,56	M	0,42	M	0,52	M
(1-4)	0,61	A	0,60	M	0,57	M	0,59	M
(1-5)	0,95	M.A	0,76	A	0,90	M.A	0,87	M.A
(2-3)	0,34	B	0,41	M	0,41	M	0,38	B
(2-4)	0,52	M	0,56	M	0,65	A	0,57	M
(2-5)	0,87	M.A	0,83	M.A	0,94	M.A	0,88	M.A
(3-4)	0,58	M	0,47	M	0,61	A	0,55	M
(3-5)	0,85	M.A	0,85	M.A	0,95	M.A	0,88	M.A
(4-5)	0,71	A	0,80	A	0,88	M.A	0,79	A

De igual modo, como se observa en la Figura 50, la estación Viso al compararlo con las demás estaciones (E1; E2; E3 y E4) presenta nivel de contaminación alto y muy

alto, debido a los pocos taxones colectados en este punto de muestreo, compartiendo pocos taxones con los demás puntos de muestreo, y para empeorar la situación, las características del ecosistema no permiten recuperar la dinámica interior del cuerpo de agua, por eso, el puntaje ICOBIO aumenta en el periodo seco, debido a que disminuye el caudal, por ende, los sedimentos no fluyen y se quedan estancados en esta estación de muestreo, no permitiendo el desarrollo de la mayoría de macroinvertebrados.

En general, las estaciones de la parte alta y media de la microcuenca, son muy similares, dado que las actividades antropogénicas no ejercen gran presión sobre el ecosistema acuático del río, permitiendo el desarrollo de gran diversidad de macroinvertebrados, además, las condiciones mejoran considerablemente en la zona del Parque Natural en la estación Palmar, en contraparte, las estaciones en la parte baja de microcuenca son disimiles a causa de los focos de contaminación, no permitiendo el desarrollo de macroinvertebrados.

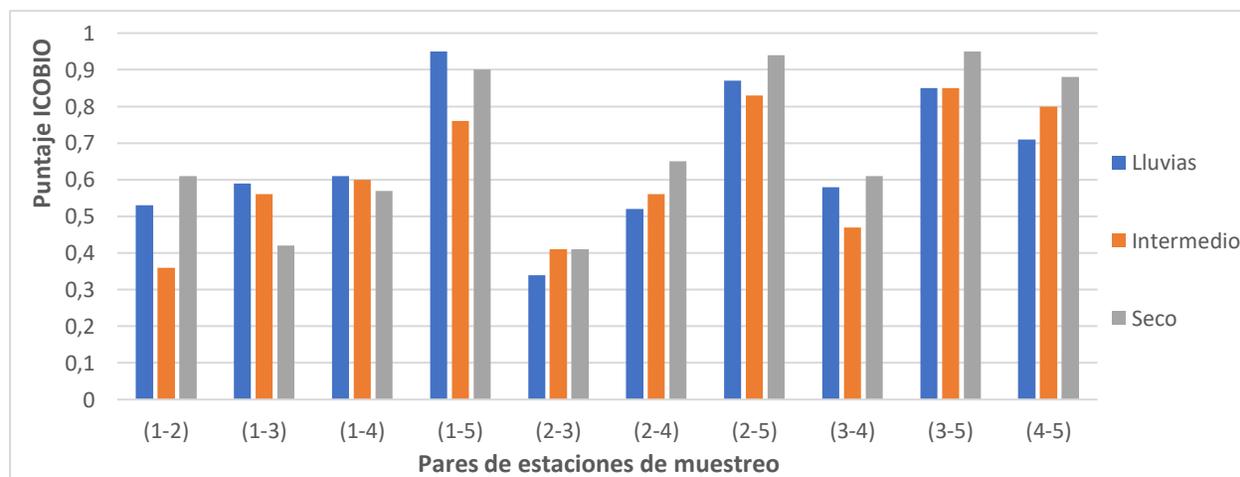


Figura 50. Índice biológico ICOBIO en el Río Frío Campoalegre.

7.8 ETAPA DIDÁCTICA

7.8.1 Análisis Cualitativo

7.8.1.1 Concepciones en el cuestionario inicial

A continuación, se presentan los hallazgos en la aplicación del cuestionario inicial del proceso formativo. En primer lugar, se ilustran las tendencias y posteriormente se agrega algunas evidencias y realizamos un análisis desde la perspectiva de la Didáctica de las Ciencias. Para la sistematización se parte de la categoría *Conservación del río*.

CONSERVACIÓN DEL RÍO.

Para esta categoría se ubicaron siete sub-categorías (Figura 51).

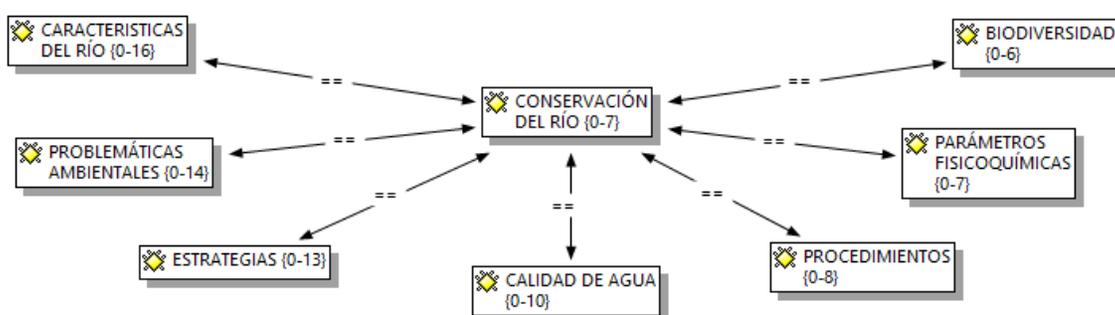


Figura 51. Subcategorías encontradas en el cuestionario inicial.

A continuación, se presenta el desarrollo de cada subcategoría, en la cual se va a analizar las principales tendencias visualizadas en las respuestas del cuestionario.

- **Sub- categoría Características del río.**

En esta subcategoría se presentaron 14 tendencias (ver Figura 52).

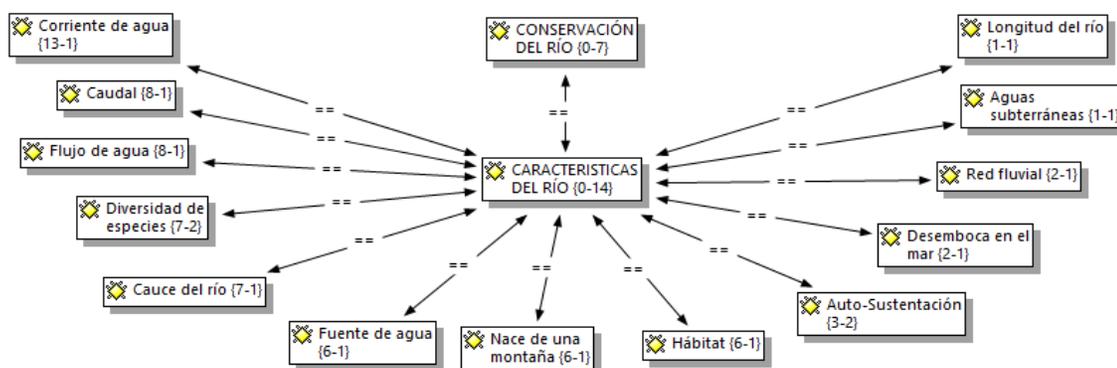


Figura 52. Tendencia del cuestionario inicial. Subcategoría Característica del río.

- **Corriente de agua.**

La corriente de agua fue citada como una característica del río en 13 ocasiones.

QU: 12: 1 [Haciendo referencia a las características del río] *“Es una corriente de agua natural que nace de las montañas”*

- **Caudal.**

En el cuestionario previo, caudal fue indicado en 8 oportunidades.

QU: 21: 4 [Haciendo referencia a que condiciones debe presentar el agua de buena calidad biológica] *“debe estar bajando la cantidad de agua acostumbrada anteriormente”*.

- **Flujo de agua.**

La tendencia, flujo de agua fue citado en 8 oportunidades.

QU: 21: 1 [Haciendo referencia a las características del río]. *“Es la corriente de agua que fluye continuamente”*.

Como se puede evidenciar en la sub-categoría características del río, la mayoría de los estudiantes se limitan a concebir el río como un sistema que no permanece quieto si no que circula (44% de respuestas), por ello las principales tendencias se relacionan con el movimiento del agua (Corriente, caudal, flujo, red fluvial), teniendo poco en cuenta los atributos circundantes del río. En contraparte, los estudiantes no tienen mucha consideración con las características que van asociadas a los cursos de agua, con solo el 18% de las respuestas (Diversidad de especies y Hábitat). Por otro lado, los estudiantes asocian al río con las características morfométricas (23% de respuestas) que van desde el nacimiento (lo hacen de acuerdo con su contexto, puesto que los ríos tienen más nacimientos que los considerados por lo estudiantes nacimiento en montañas),

hasta su desembocadura (aunque establece que desembocan en el mar, también hay tendencias como redes fluviales), el cual tiene una distancia que recorre en un canal natural (longitud del río y el cauce). Finalmente, otras asociaciones (14% de respuestas), indican que los ríos pueden ser subterráneos creando fuentes (aguas subterráneas y fuentes de agua) y pasar por procesos de limpieza (auto-sustentación).

- **Sub Categoría Problemáticas ambientales.**

En esta sub-categoría los estudiantes presentaron 14 tendencias relacionadas (ver Figura 53) a las problemáticas que visualizan en el río.

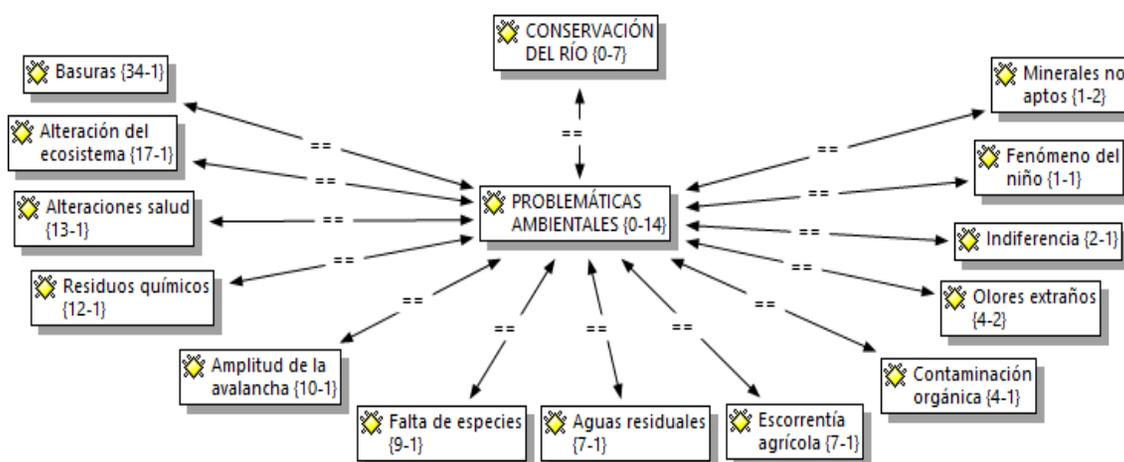


Figura 53. Tendencia del cuestionario inicial. Subcategoría Problemáticas ambientales.

- **Basuras.**

En el cuestionario previo, las basuras presentes fueron citadas 22 veces.

QU: 01: 1 [Haciendo referencia a las características del río] “Es que las persona, botan basura y no hacen nada para mejorarlo”

- **Alteración del ecosistema.**

Las alteraciones del ecosistema se mencionaron en 17 oportunidades.

QU: 10: 4 [Haciendo referencia a que condiciones debe presentar el agua de buena calidad biológica] *“yo observaría la zona donde se vierten, si presenta cambios en el ecosistema”*

- **Alteraciones salud.**

En el cuestionario previo, se le hizo mención 13 veces a las alteraciones en la salud producto de la mala calidad del agua.

QU: 16: 2 [Haciendo referencia a las pruebas fisicoquímicas] *“Si hay problemas de fisicoquímicos hay deducimos que el agua puede llegar afecta o causar enfermedades en el pueblo”*

Las Problemáticas ambientales que los estudiantes establecen principalmente mediante su observación cotidiana, es que presenta contaminación de diferentes indoles: domésticas, orgánicas y agrícolas (Basuras, Residuos químicos, Aguas residuales, Escorrentías agrícolas, Contaminación orgánica y Minerales no aptos) que representa el 54% de las respuestas. Seguido, de las alteraciones naturales provocadas, o no por el hombre (Alteraciones del ecosistema, Amplitud de la avalancha, Falta de especies y Fenómeno del niño) estableciendo el 30% de las respuestas. Todas estas problemáticas traen sus consecuencias que afecta al hombre, de las cuales los estudiantes citan algunas (Alteraciones de la salud y olores extraños), que proporciona el 14% de las respuestas.

Finalmente, la mayor parte de la contaminación, alteraciones naturales y consecuencias son provocada por la falta de conciencia hacia los recursos naturales (Indiferencia) con el 2% de respuestas.

- **Sub Categoría Estrategias.**

En esta sub-categoría los estudiantes presentaron 13 tendencias relacionadas (ver Figura 54) a las estrategias para mitigar las problemáticas ambientales.

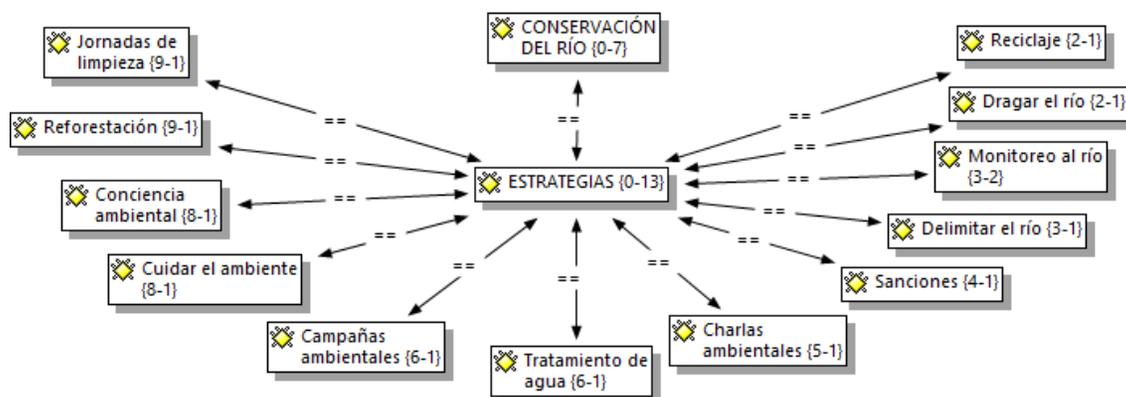


Figura 54. Tendencia del cuestionario inicial. Subcategoría Estrategias.

- **Jornadas de limpieza.**

En el cuestionario previo, las jornadas de limpieza se citaron en 9 oportunidades.

QU: 16: 7 [Haciendo referencia a las estrategias para resolver problemáticas]
“Poner multas a las personas que echan basura; hacer jornadas de aseo en los ríos”

- **Reforestación.**

Reforestación fue referenciado en 9 ocasiones por parte de los estudiantes.

QU: 14: 7 [Haciendo referencia a las estrategias para resolver problemáticas]
“Las estrategias podrían ser reforestaciones alrededor de este”

- **Conciencia Ambiental.**

La conciencia ambiental por parte de los ciudadanos, a lo largo de cuestionario se postuló 8 veces.

QU: 16: 7 [Haciendo referencia a las estrategias para resolver problemáticas]
“Que todos seamos conscientes del medio ambiente, pues de la única manera en la que podemos ayudar a los ríos y al planeta”.

En cuanto a la sub categoría Estrategias, los estudiantes indican algunas respuestas (45%) que van ligadas a trabajar directamente en el afluente (Jornadas de limpieza, Reforestación, Tratamiento de agua, Monitoreo del río y Dragar el río), de igual modo reconocen la necesidad de trabajar con la comunidad (Campañas ambientales, Charlas ambientales y Reciclaje) con el 20% de las respuestas. A través del trabajo directamente en el ecosistema acuático y con la comunidad, se fomenta aptitudes ambientales (Conciencia ambiental y Cuidar el ambiente) con el 24% de respuestas. Por último, también relacionaron las estrategias de la mano con las autoridades competentes con un 11% (Sanciones y Delimitar el río).

- **Sub Categoría Calidad de agua.**

Calidad de agua presentó 9 tendencias relacionadas (ver Figura 55), según respuestas de los estudiantes al test inicial.

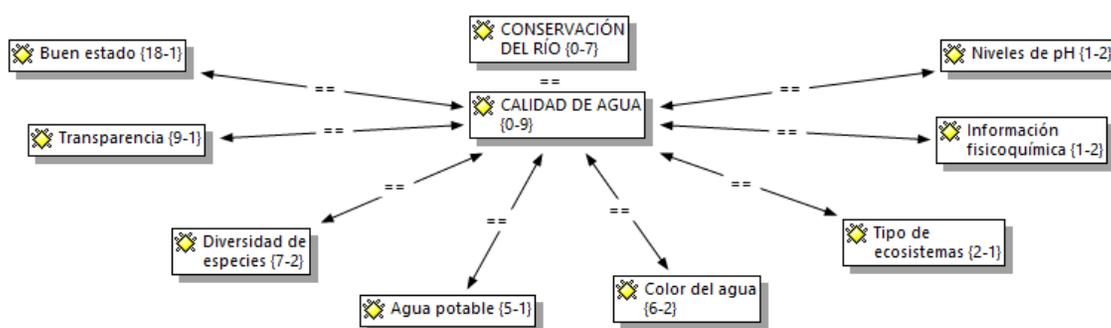


Figura 55. Tendencia del cuestionario inicial. Subcategoría Calidad de agua.

- **Buen estado.**

En el cuestionario previo, se cita 18 veces que el buen estado se relaciona con la calidad biológica del agua.

QU: 2: 4 [Haciendo referencia a que condiciones debe presentar el agua de buena calidad biológica] *“Debería estar en buen estado, que el agua este limpia, nada de contaminación”*

- **Transparencia.**

Transparencia se menciona 9 veces en el cuestionario previo.

QU: 16: 4 [Haciendo referencia a que condiciones debe presentar el agua de buena calidad biológica] *“Principalmente que el agua sea clara que no baje con barro u oscura”*

- **Diversidad de especies.**

La diversidad de especies, aquí se cita en 7 ocasiones.

QU: 16: 4 [Haciendo referencia a que condiciones debe presentar el agua de buena calidad biológica] *“Debe darse una gran biodiversidad de flora y fauna”*

Para mantener la calidad del agua, se debe entender al río como un sistema (que involucra el afluente o canal y la interacción con su entorno), por eso, la ONU en una conferencia realizada en el 2015, menciona que “la disponibilidad de cantidades adecuadas de agua de buena calidad es un servicio proporcionado por los ecosistemas.

El manejo y la inversión en los ecosistemas son esenciales para la seguridad del agua”. De acuerdo con las respuestas de la Calidad de agua, los estudiantes lo relacionan principalmente con dos propiedades que son: el estado del entorno asociado al río, con el 55% de respuestas (Buen estado, Diversidad de especies y Tipo de ecosistemas) y el estado del agua con el 34% de respuestas (Transparencia, Color del agua, Información fisicoquímica y Niveles de pH), que contribuyen en al uso del agua para consumo humano con el 10% de respuestas (Agua potable).

- **Sub Categoría Procedimientos.**

La sub categoría Procedimientos, que hace referencia a como mediría la calidad biológica del agua presentó 8 tendencias (Figura 56) que se presentan a continuación:

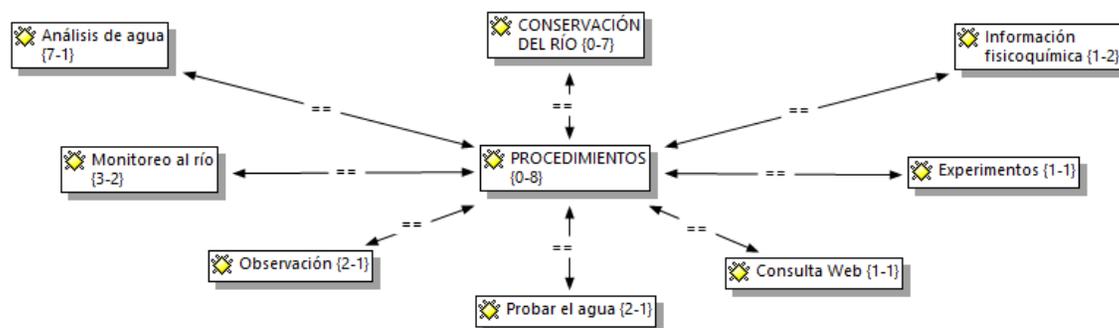


Figura 56. Tendencia del cuestionario inicial. Subcategoría Procedimientos.

- **Monitoreo al río.**

En el cuestionario previo, se cita 3 veces la realización de monitoreos al afluente como un procedimiento para determinar calidad.

QU: 12: 7 [Haciendo referencia a las estrategias para resolver problemáticas]
“que estén cuidando y limpiando y estudiando el río constantemente”

- **Observación.**

La observación fue nombrada a lo largo del cuestionario previo en 2 ocasiones únicamente.

QU: 10: 5 [Haciendo referencia a como determinar la calidad biológica del río]
“Para comprobar si los residuos son seguros yo observaría la zona donde se vierten”

- **Probar el agua.**

En este, dos estudiantes dedujeron que probando el agua podían determinar la calidad del agua.

QU: 8: 5 [Haciendo referencia a como determinar la calidad biológica del río]
“Pues que este limpia “clara” y la tomo para saber si tiene un sabor raro”

En la sub categoría Procedimientos, se pueden evidenciar tres momentos aplicados en las investigaciones para determinar calidad del agua, que corresponden a los trabajos en campo con el 47% de respuestas (Observación, Probar el agua, Experimentos y Monitoreo al río) y los análisis de laboratorio con el 41% (Análisis de agua) y finalmente la revisión bibliográfica con el 12% (Información fisicoquímica y Consulta web). De lo anterior, se deduce que, aunque lo estudiantes no están familiarizados con trabajos investigativos, sus aportes para determinar la calidad incluyen uno o más pasos del método científico.

- **Sub Categoría Parámetros fisicoquímicos.**

En esta subcategoría se presentaron 7 tendencias (ver Figura 57), las cuales se presentan a continuación:

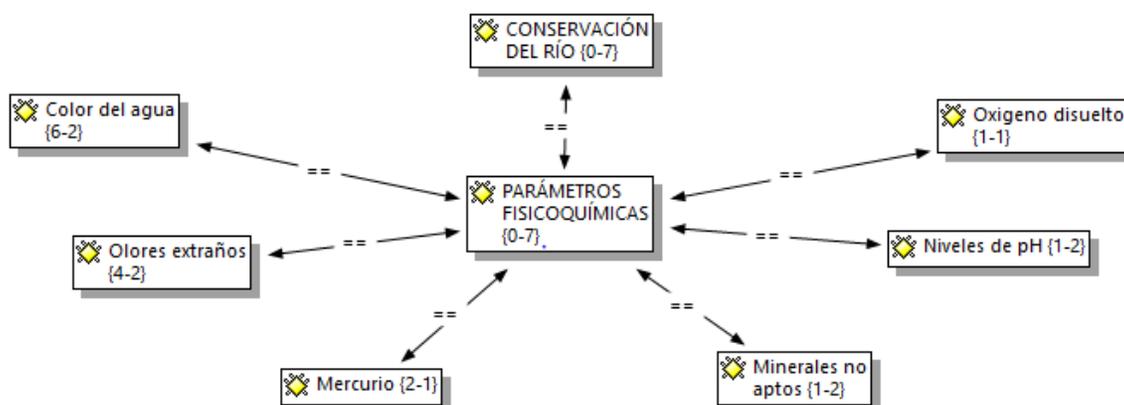


Figura 57. Tendencia del cuestionario inicial. Subcategoría Parámetros fisicoquímicos.

- **Color del agua.**

En el cuestionario previo, se cita 6 veces al color como un parámetro fisicoquímico.

Q1: 15: 5 [Haciendo referencia a como determinar la calidad biológica del río] *“que no presente coloración distinta y que no se afecte la biodiversidad”.*

- **Olores extraños.**

Esta tendencia fue citada en 4 veces en los cuestionarios iniciales.

Q1: 18: 6 [Haciendo referencia a las problemáticas del río] “*residuos que contaminan este río y esto hace que el río traiga olores desagradables para las personas que viven en el sector*”

- **Mercurio.**

El mercurio se acuñó 2 veces en las respuestas de los estudiantes.

Q1: 6: 2 [Haciendo referencia a las pruebas fisicoquímicas] “*Podrían ser como mercurio*”.

En cuanto a los parámetros fisicoquímicos, aunque los estudiantes ven clases independientes de física y química, pocas veces estas materias aplican sus temáticas el análisis de la calidad de agua y los valores necesarios para la presentación de la vida acuática, por ende, la mayoría de las respuestas, (67%) tuvieron que ver con las propiedades organolépticas que se pueden apreciar directamente en el río, a través de los sentidos (Color del agua y Olores extraños), además, el 26% cito parámetros químicos, los cuales están familiarizados ya sea por las clases de química (Niveles de pH y Oxígeno disuelto) o noticias relacionadas con la contaminación producto de la minería (Mercurio), finalmente el 6% de las respuestas se asoció a un parámetro físico, sin establecer el nombre técnico (Minerales no aptos).

- **Sub Categoría Biodiversidad.**

La sub categoría *Biodiversidad* del Río presentó 6 tendencias (ver Figura 58).

- **Flora y fauna.**

A lo largo del cuestionario previo, la flora y fauna en conjunto fue mencionada 17 veces.

QU: 19: 3 [Haciendo referencia a que es la biodiversidad y como conservarla]
“Los diferentes árboles, y animales que se encontraban allí”

- **Flora.**

La Flora fue citada como parte de la biodiversidad del río en 3 ocasiones.

QU: 14: 3 [Haciendo referencia a que es la biodiversidad y como conservarla]
“La biodiversidad del Río Frío son aquellas plantas que habitaban en este”

- **Fauna.**

Por otro lado, la fauna (sin tener en cuenta la flora) fue mencionada 3 veces.

QU: 5: 3 [Haciendo referencia a que es la biodiversidad y como conservarla]
“La biodiversidad son los peces y los animalitos en el cual vive río”

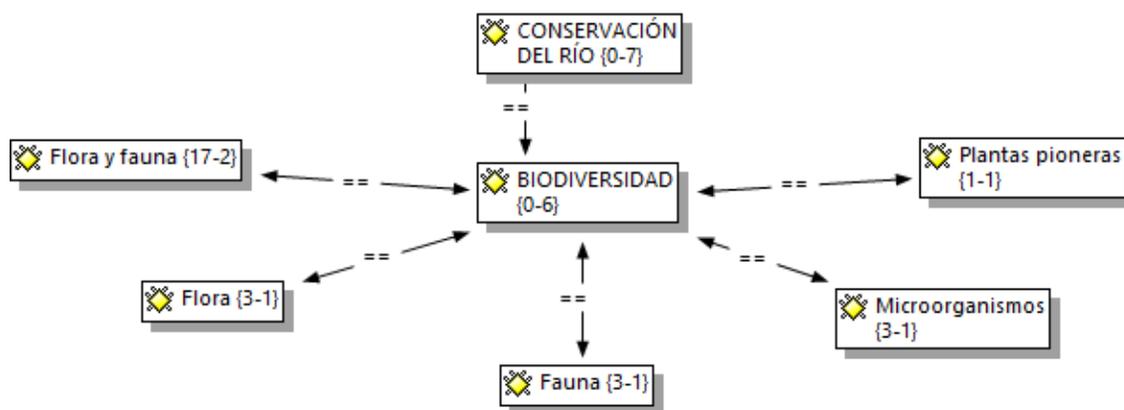


Figura 58. Tendencia del cuestionario inicial. Subcategoría Biodiversidad.

Referente a la sub categoría Biodiversidad, el 63% lo asocian teniendo en cuenta la vida macroscópica (Flora y fauna), por otra parte, en algunas de sus respuestas se discriminan uno de los dos grandes grupos (Flora o fauna) con el 25%. Un estudiante, por la observación al río, visualizó en su ribera plantas pequeñas (Plantas pioneras) y finalmente, el 11% acuñó la vida microscópica (microorganismos).

7.8.1.2 Estrategias para fomentar actitudes de conservación ambiental.

A continuación, se presenta la contribución realizada para el logro del objetivo propuesto en esta investigación, mediante la intervención metodológica para el fortalecimiento de actitudes de conservación en la población escolar.

Tabla 28.

Matriz de marco lógico en la educación ambiental dirigida a población escolar.

Clase	ACTIVIDADES	RESULTADOS	DIFICULTADES	RECOMENDACIONES/ OBSERVACIONES
P R E V I A	<p>Se realizó la visita a la IE Eugenio Ferro Falla, con el fin de ejecutar el proyecto ambiental con los estudiantes del grupo 1101. Las actividades ejecutadas fueron las siguientes.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. “La llave que gotea” 2. Cuestionario ideas previas 3. Clase Magistral sobre: Ríos y bioindicación 4. Concurso fisicoquímico. 5. ¿A qué orden pertenece? 6. Video de concientización sobre los recursos hídricos. 	<p>Se desarrollaron actividades con la finalidad de aumentar y fortalecer el conocimiento en cuanto a la calidad y sostenibilidad de los recursos hídricos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para la primera actividad “la llave que gotea” el resultado es que se desperdician 105120 litros de agua al año en la llave de la IE. • La clase magistral obtuvo una participación por parte de los estudiantes, mostrando gran interés por las temáticas. • En el concurso fisicoquímico, los estudiantes aprendieron en gran medida muchos de los índices. • En la actividad ¿A qué orden pertenece?, los estudiantes se familiarizaron con los macroinvertebrados bentónicos. • El video obtuvo un gran interés por parte de los estudiantes, frente a la problemática y realidad expuesta en el consumo irracional del agua. 	<p>Las dificultades fueron pocas o nulas, dada la gran participación por parte de los estudiantes a las actividades propuestas.</p>	<p>Las recomendaciones se basan en buscar la participación de todos los estudiantes, dado que muchos tienen conocimientos previos muy útiles para el desarrollo de las actividades.</p> <p>Los experimentos realizados en clase se deben acercar a la cotidianidad, con el fin de generar en los estudiantes interés a las temáticas expuestas.</p>

Tabla 28. *Matriz de marco lógico en la educación ambiental dirigida a población escolar (continuación).*

Clase	ACTIVIDADES	RESULTADOS	DIFICULTADES	RECOMENDACIONES/ OBSERVACIONES
DESARROLLO	<p>Se gestiono con las autoridades educativas y municipales una salida de campo para fortalecer la conciencia ambiental. En campo las actividades fueron las siguientes:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Charlas ambientales. 2. Desarrollo de la guía. 3. Colecta de macroinvertebrados acuáticos. 4. Toma de datos hidrológicos. 	<p>Luego de finalizada la teoría por medio de actividades, Se desarrollaron actividades en campo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cada grupo de trabajo conformado por 5 estudiantes tenía un profesor encargado de la charla ambiental. • El desarrollo de la guía tenía ítems como: Hipótesis, planteamiento del problema, factores ambientales, localización de la estación, desarrollo de ilustraciones. • Los estudiantes colectaron los distintos macroinvertebrados, de tal manera que solo escogían individuos distintos. • Los datos hidrológicos tomados por los estudiantes, corresponde a amplitud, profundidad, velocidad de la corriente y caudal. 	<p>En la salida de campo se había evaluado visitar dos zonas del rio, dado la demora del transporte y caminata hacia el lugar establecido, no fue posible visitar el área de mayor contaminación.</p>	<p>Para una salida de campo es indispensable la seguridad, por ende, los estudiantes deben estar asegurados, por otra parte, se designó a cada grupo de trabajo un estudiante de pregrado del área de Ciencias Naturales, con el fin de que las actividades propuestas sean de manera más personalizadas.</p>
CIERRE	<p>En las clases de cierre, se realizó;</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Identificación de macroinvertebrados por medio de Aplicaciones. 2. Determinación de la calidad biológica del Río Frío. 3. Juego “la ruta de la vida” 4. Cuestionario final. 	<p>Finalizada la salida, la siguiente zona de trabajo corresponde al laboratorio.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los estudiantes identificaron fácilmente los macroinvertebrados con ayuda de las aplicaciones macroinvertebrados Río Frío y Lupa. • La determinación de la calidad biológica con los estudiantes según el método BMWP/Col fue de 95 (Aceptable). • En el juego se evaluaron conocimientos adquiridos en el desarrollo de las actividades diseñadas. Se logró una gran participación por parte de los estudiantes. 	<p>En la clase de cierre no hubo mayores complicaciones por parte del desarrollo de las actividades propuestas.</p>	<p>Para la identificación de los individuos, la IE no contaba con equipos, por ende, se evaluó trabajar con la aplicación Lupa de Android y complementarla con la aplicación creada. Por otro lado, se puede evaluar por medio de juegos didácticos.</p>

7.8.1.3 Clase Previa, introducción a las temáticas.

- **Actividad 1 y 2. Experimento la llave que gotea e Ideas previas.**

El experimento consiste en dejar un recipiente en una llave dañada al cabo de una hora y con cálculos establecer cuánta agua se desperdicia en un año. Esta actividad, se realizó con el fin de enseñar a los estudiantes la importancia de los recursos naturales y como por descuidos o mala gestión del recurso hídrico el agua “gota a gota se agota”. Se insto a los estudiantes para hablar con las autoridades del colegio y solucionar el problema lo antes posible; además se aplicó el cuestionario de las ideas previas.

- **Actividad 3. Clase Magistral.**

La clase magistral se llevó a cabo, aplicando la estrategia pregunta-respuesta, contando con una amplia participación de los estudiantes, los temas expuestos están basados en el libro *Manual de monitoreo de los macroinvertebrados acuáticos*, Carrera & Fierro, (2001), los momentos de clase se dividieron en:

- Primer momento: El agua y el ser humano, La vida del agua, El origen del río, los componentes del río y sus alrededores y ¿Cuáles son las causas de contaminación?
- Segundo momento: ¿Qué es el monitoreo y para qué sirve?, ¿Qué es la bioindicación?, ¿Qué son los macroinvertebrados acuáticos y cuáles son sus características?

- **Actividad 4. Concurso fisicoquímico.**

Como estrategia de enseñanza se dividió al grupo en cinco equipos de trabajo (compuestos por cinco estudiantes cada uno), y por medio de un juego se les enseñó los principales parámetros fisicoquímicos. El concurso consiste en presentar un texto con palabras claves, de tal modo que los estudiantes interpreten a que se hace referencia.

- **Actividad 5. ¿A qué orden pertenece?**

Para esta actividad se presentaron fichas de macroinvertebrados colectados en campo y con ayuda de una guía taxonómica, los estudiantes relacionaban las fichas con las características expuestas en la clave taxonómica de órdenes.



Figura 59. Clase previa compuesta por tres horas.

a) corresponde al experimento la llave que gotea, **b)** a la clase magistral, **c)** al concurso fisicoquímico y **d)** ¿a qué orden pertenece?

7.8.1.4 Clase de desarrollo, salida de campo.

- **Actividad 1. Charlas ambientales.**

La charla estuvo a cargo de cada profesor auxiliar con su grupo, en ella se desatacan temas como: ¿cuáles son los componentes de un río?, ¿cuál es la importancia del lugar visitado (parque municipal Luis Antonio Motta Falla) ?, ¿qué actitudes tener para cuidar los afluentes? y causas son las cuales que contaminan el Río Frío.

- **Actividad 2, 3 y 4 Ejecutadas en la salida de campo.**

El desarrollo de la guía de campo tuvo lugar en la estación Palmar, dado que fue la zona donde los índices arrojaron los mejores resultados. En campo se desarrollaron las actividades propuestas en la guía (Ver anexo 3 que corresponde a la cartilla), entre las cuales están: hipótesis, situación problematizadora, localización del área de estudio (a través de la aplicación de Android GPS Status), colecta de macroinvertebrados bentónicos y datos hidrográficos. Por otro lado, debido a la dificultad de tiempo, no fue posible llevar a los estudiantes a la estación Piravante (presenta mayores contaminantes comparado con el Palmar) para que por medio visual y a través del índice perciban las afectaciones en el afluente debido a las actividades antrópicas.



Figura 60. Salida de campo.

a) Charla ambiental; **b)** Colecta con Red Surber; **c)** Sustrato puesto en bandeja; **d)** Separación manual de individuos **e)** & **f)** Toma de datos hidrográficos.

7.8.1.5 Clase Final. Fase de laboratorio.

- **Actividad 1 Identificación de macroinvertebrados por medio de la aplicación.**

Para finalizar las estrategias para fortalecer la conciencia ambiental por parte de los estudiantes, se trabajó en el laboratorio de la I.E, con la finalidad de identificar los individuos colectados en la salida de campo, con ayuda de la aplicación macroinvertebrados Río Frío (creada por los investigadores) (ver anexo 4).

- **Actividad 2 Determinación de la calidad biológica del Río Frío.**

Los macroinvertebrados colectados e identificados por los estudiantes, corresponden a: Ptilodactylidae, Perlidae (10 puntos), Leptophlebiidae, Hydrobiosidae, Gomphidae (9 puntos), Elmidae, Hydropsychidae, Baetidae, Leptohiphidae (7 puntos), Corydalidae, Staphylinidae (6 puntos), Simuliidae, Libellulidae (5 puntos), Tipulidae (3 puntos), Chironomidae (2 puntos) y Veliidae (sin puntos). Según la sumatorio dio 102 puntos que corresponde a una calidad *Acceptable* (según método BMWP/Col), que significa: *Aguas ligeramente contaminadas*. Por medio de esta actividad, se demuestra que es posible fomentar la investigación desde los colegios, además de que si no se encuentran equipos especializados en los laboratorios de las I.E para el desarrollo de estas, buscar alternativas para suplirlos.

- **Actividad 3. Juego La ruta de la vida.**

Para finalizar las actividades lúdicas, se cerró con un juego elaborado por los autores (ver anexo 5), en el cual se muestra la ruta del río (asemejando al Río Frío) y a medida que fluye se va contaminando por cultivos, ganadería, piscicultura y asentamientos humanos. El río se divide en colores según está establecido en el método BMWP/Col. Cada grupo de trabajo se representó con un macroinvertebrado bentónico,

donde al lanzar un dado avanzaba, si contestaba correctamente (se asentaba en la zona), si no, permanecía donde estaba (el individuo no se pudo asentar).

- **Actividad 4. Cuestionario final**

Los cuestionarios realizados (pre test y post test), se hicieron con el fin de analizar dos datos importantes en la investigación, por una parte, el análisis de contenido de los cuestionarios (análisis cualitativo con el atlas.ti) y por otra parte si hubo un cambio significativo en el conocimiento de los estudiantes y actitudes de conservación (análisis cuantitativo con el SPSS) en cuanto al pre y post test.



Figura 61. Clase de cierre.

- a) Trabajo en el laboratorio con los estudiantes, b) Identificación de macroinvertebrados a través de la aplicación Macroinvertebrados Río Frío, c) Uso de aplicación Lupa para ver mejor características morfológicas, d) Presentación del juego La ruta de la vida por parte de los autores, e) estudiante lanzando el dado f) Presentación del post test luego de la intervención didáctica.

7.8.1.6 Comparación de las concepciones

A continuación, se presenta los resultados de las comparaciones entre el cuestionario inicial (antes de la intervención didáctica) y final (después de la salida de campo y demás actividades lúdico-pedagógicas). El cuestionario final se analiza a partir de las comparaciones de las concepciones (las tendencias del cuestionario final se encuentran en el anexo 8).

- **Categoría CONSERVACIÓN DEL RÍO.**
- **Subcategoría Características del río.**

Tabla 29.

Comparación de las tendencias en la subcategoría Características del río.

Tendencia	Cuestionario inicial	Cuestionario final
Auto-Sustentación	E [12 y 18(2)]	E [10]
Cauce del río	E [4, 14, 17, 18, 19, 20 y 21]	E [1, 12, 18 y 19]
Caudal	E [9, 13, 16, 17, 19(3), 20]	E [3(3), 7, 9, 12, 15, 19(3) y 21]
Cobertura vegetal	0	E [5, 6(2), 7, 14 y 15]
Corriente de agua	E [4(2), 5, 7, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 18 y 21(2)]	E [4, 5, 7, 8, 10, 11, 12, 15, 18 y 21]
Cuenca	0	E [1, 2(2), 10, 13 y 15]
Desemboca en el mar	E [3 y 10]	E [3, 11, 15 y 18]
Diversidad de especies	E [2, 4, 12, 16(2), 17 y 19]	E [2(2), 10, 11, 12(2), 13, 16, 16(2), 17(2), 18 y 21]
Flujo de agua	E [3(3), 6, 13, 17, 19 y 21]	E [3, 6, 7, 13, 19 y 21]
Fuente de agua	E [3, 6, 9(2), 13 y 16]	E [6, 9, 13, 14 y 20]
Hábitat	E [6, 9, 14, 19, 21(2)]	E [7, 13]
Irrigación	0	E [12]
Longitud del río	E [9]	E [1]
Nace de montaña	E [1, 3, 10, 12, 15, y 19]	E [2, 3, 5 y 11]
Nace aguas subterráneas	E [5]	E [5]
Red fluvial	E [5 y 10]	E [16 y 18]
Ribera	0	E [1, 4, 7(2), 9, 10(2), 13 y 19]
Transparencia del agua	0	E [1, 2, 8(3) y 15]

En el momento inicial del proceso formativo se encontraron 13 tendencias para la subcategoría Característica del río. Posteriormente, en el momento final del proceso, se tuvieron 18 tendencias; tal como se logra observar, aumentaron 5 tendencias respecto al cuestionario inicial, lo que implica que hubo una diversificación en las repuestas, agregando elementos técnicos de las características asociadas a un río, como la cobertura vegetal, la ribera, la cuenca e irrigación, ya que la mayoría de los estudiantes tenían claro que los ríos son sistema que no permanece quieto si no que circula, diferenciándolo de los sistemas lenticos. Esta progresión de la concepción se debe a que el primer momento de la clase magistral se dieron las características de los ríos, posteriormente, en la salida de campo en el Río Frío, identificamos las características vista en clase, el cual, como lo asegura Amórtegui et al., (2017), las prácticas de campo se considera como una estrategia de enseñanza en las ciencias naturales donde los estudiantes han de utilizar procedimientos, habilidades y destrezas específicas para resolver problemas de carácter científico y buscar soluciones a la problemática de su entorno.

En general se mantuvieron las tendencias relacionadas con el movimiento del agua (Corriente, caudal, flujo, red fluvial) y la características morfométricas del río (Cauce del río, Nacimiento de montañas, Desemboca en el mar, Redes fluviales y Longitud del río) y aumentaron las tendencias en los relacionado con las características asociadas al río, comprendiendo la dinámica del ciclo del agua y el nacimiento de los ríos (Nacen aguas subterráneas y Fuentes de agua) y como valor agregado las condiciones ideales en que debe permanecer las aguas de un río (Transparencia del agua), después de un proceso de limpieza natural (Auto sustentación) y finalmente la que más aumentó fueron los elementos circundantes al río (Cobertura vegetal, Cuenca, Diversidad de especies, Hábitat, Irrigación y Ribera).

A continuación, se muestra la progresión de las concepciones de un estudiante, desde una perspectiva reduccionista a una más amplia de la característica del río.

E1:C2:1 [Haciendo referencia a las características del río] *“El río es el agua que pasa por un lugar con su respectivo nombre, sus características son fauna, rivera, cuenca, longitud del río, flora entre otros”.*

Es de resaltar, que la diversificación de las características del río se debe a la interacción de los estudiantes con su entorno natural, lo que “permiten al alumnado abordar su objeto de estudio, “lo vivo”, lo más cerca posible a sus condiciones naturales, con una perspectiva sistémica y holística que les permite comprender la relaciones que conforman el fenómeno viviente en conjunto con su ambiente” (Amórtegui *et al.*, 2017), además, Pérez y Rodríguez (2006), citado en Echegaray (2013) manifiesta que las salidas de campo como una estrategia que acerca de manera consciente al individuo con la realidad, es una oportunidad de enseñanza y aprendizaje valioso para el maestro y el estudiante, al potenciar el proceso de observación, recolección de información, interpretación, planteamiento de conjeturas y proyecciones que les posibilitan leer, pensar y reconstruir su entorno social, en este caso, una visión más completa de los ecosistemas acuáticos, agregando más elementos a la concepción inicial de un río.

- **Subcategoría Problemáticas ambientales.**

Tabla 30.

Comparación de las tendencias en la subcategoría problemáticas ambientales.

Tendencia	Cuestionario inicial	Cuestionario final
Ganadería	0	E [8, 16 y 17]
Aguas residuales	E [6(3), 9, 10(2) y 15]	E [6, 7(4), 10, 14 y 15]
Alteración del ecosistema	E [1, 5 7(3), 9(3), 10(2), 14(3), 16, 17, 19 y 20]	E [5, 7(2), 9, 10(2), 16, 19(2) y 21]
Alteraciones salud	E [1, 2(2), 3, 4, 5, 9, 12, 14, 16, 18, 19 y 20]	E [19 y 20]
Amplitud avalancha	E [1, 5(2), 11, 12, 13, 16, 18, 21]	E [1, 2(2), 4, 11, 14, 18(2) y 20]
Basuras	E [1(2), 2(2), 3(2), 4, 5(2) 6(2), 7(2), 8, 9, 10(2), 12, 13(3), 15(3), 16, 17(2), 18, 19(3), 20 y 21]	E [1, 2(3), 4, 5, 6, 7, 8(2), 9, 10(2), 12, 16, 17(2), 18(4), 19, 20 y 21(3)]
Captación del agua	0	E [10]
Contaminación orgánica.	E [9(2), 14 y 21]	E [2, 5 y 18]
Escorrentía agrícola	E [5, 7, 9, 15 y 20(2)]	E [1, 7, 8, 9, 10, 14, 15, 16, 17 y 21]
Falta de especies	E [2(2), 5, 10, 12, 36(2) y 7]	E [10, 12, 13(3), 14, 15(2), 18 y 19]
Fenómeno del niño	E [4]	0
Indiferencia	E [1 y 5]	E [20]
Residuos químicos	E [1, 5, 6, 7, 12(2), 13, 14, 20 y 21]	E [2(2), 3, 6, 9(2), 14 y 20]
Ruta contaminación	0	E [16]
Urbanización	0	E [7, 10, 14, 15 y 21]

En el cuestionario inicial en la subcategoría Problemáticas ambientales, los estudiantes dieron respuestas muy generales que presenta los ríos, en cambio, en el cuestionario final centraron esas problemáticas a su contexto, esto generado por “las salidas de campo que se llevan a cabo en el entorno en el que se encuentran los centros escolares, para el estudio de las Ciencias Naturales, educan al alumnado sobre las problemáticas ambientales de la zona” (Echegaray, 2013). Esta diferencia radica en que nos enteramos de los problemas ambientales por los medios de comunicación y redes sociales, perdiendo de vista nuestra realidad, aduciendo problemáticas externa a nuestro contexto, esto se debe, a la “focalización en los problemas globales ha generado imágenes distorsionados de los problemas ambientales regionales y locales, presentándolos como problemas de interés común de la humanidad y, en consecuencia, deben ser abordados y manejados globalmente” (Gudynas, 1993, citado en Velasco, 2010), puesto que, la capacidad de degradación ambiental varía según el modelo de organización social. Donde el medio ambiente forma parte de los valores éticos, religiosos o culturales, el impacto ambiental admitido por la sociedad será mucho menor (Bordehore, 2001). Es importante conocer las problemáticas que presenta nuestros ecosistemas acuáticos para tener coherencia para que las soluciones sean efectivas.

En este sentido, los estudiantes en la primera prueba, la principal problemática es asociada a la contaminación producida por el hombre o la naturaleza, sin aclarar las fuentes de esa contaminación. En el cuestionario final, además de nombrar las problemáticas nombradas en la primera prueba, menciona los focos de contaminación (Actividades ganaderas, Captación de agua, Ruta de contaminación y Urbanización). También hay que destacar, que los estudiantes reconocen que las actividades humanas son las principales fuentes de contaminación, observando que las tendencias en la cual el hombre no tiene una injerencia directa, sino que es un proceso natural disminuyen, al igual que el número de estudiante que nombra (de 9 paso a 7).

E16:C1:6 [Haciendo referencia a las problemáticas del río] *“Una de las más graves es la contaminación con cualquier cosa; el pueblo le hecha basura al río y esto afectar primero a la calidad del agua, puede afectar a los animales acuáticos y toda esta basura tiene que desembocar o parar el algo”.*

E16:C2:6 [Haciendo referencia a las problemáticas del río] *“Tiene mucho, pero los principales son la agricultura, ganadería, pesquera, basura de los ciudadanos, y ya que el río termina o desemboca en el Río Neiva la problemática va para allá y continua su camino”.*

- **Subcategoría Estrategias.**

Tabla 31.

Comparación de las tendencias en la subcategoría estrategias.

Tendencia	Cuestionario inicial	Cuestionario final
Ayuda comunidad	0	E [3]
Campañas ambientales	E [8, 9(2), 12, 14 y 19]	E [3 y 12]
Charlas ambientales	E [3, 6, 7, 16 y 20]	E [9(2), 12 y 15]
Conciencia ambiental	E [2, 4, 7, 9(2), 10, 12 y 21]	E [4, 5, 9, 10, 12, 17, 18 y 20]
Cuidar el ambiente	E [2, 5(2), 7, 9, 12(2) y 13]	E [2, 3, 4(2), 5, 9, 11, 12, 13 y 14]
Cultura ambiental	0	E [4, 5, 8, 18 y 19]
Delimitación del río	E [6, 11, 13]	E [18]
Dragar el río	E [10 y 11]	0
Grupos ambientales	0	E [15 y 16]
Jornadas de limpieza	E [10, 11, 14(2), 16, 20(2) y 21]	E [3, 10, 12, 14, 15, 19 y 20]
Leyes ambientales	0	E [17, 18 y 20]
Mejorar el alcantarillado	0	E [7 y 10]
Monitoreo	E [12, 16 y 19]	E [3, 9, 17 y 21]
Planta de tratamiento	E [3, 4, 6, 8(2) y 15]	E [1, 2(2), 6, 7 y 19]
Proyectos ambientales	0	E [9]
Reciclaje	E [1 y 18]	E [3(2) y 12]
Reforestación	E [5, 6, 10, 14, 19(3) y 20(2)]	E [3, 5, 6, 10, 13(2), 14, 16, 18, 19(2) y 20]
Reserva natural	0	E [7, 10, 11, 15 y 20]
Sanciones	E [6, 14, 16 y 18]	E [6 y 21]

Como se mencionó anteriormente, esta subcategoría está relacionada con las problemáticas ambientales, porque, según Arias, (2009) primero hay que comprender el entorno sociocultural en que vivimos y, luego, propiciar alternativas hacia la formación

de personas humanistas, respetuosas del ambiente, y tolerantes de las prácticas culturales de otros grupos humanos y del ambiente en que vive y convive cotidianamente. En este sentido, en la subcategoría Estrategias, al igual que la anterior subcategoría, se agregaron tendencias que buscan soluciones a problemas específicos de Río Frío (Ayuda comunidad, Cultura ambiental, Grupos ambientales, Leyes ambientales, Mejorar el alcantarillado y Reserva natural), ya que, según Gómez, (2014) las Prácticas de campo en la formación del estudiantado, permite la formación de ciudadanos que reconozcan la diversidad biológica y cultural de su país y la necesidad de conocerlo para así conservarlo, por lo tanto en las respuestas de los estudiantes, sobresalen las tendencias hacia la mejora de la red de alcantarillas y reserva natural, considerando la afectación de la planta de tratamiento de las aguas residuales y la deficiencia de alcantarillas en el municipio, (el cual la comunidad tienen conocimiento) y la zona en la que hicimos la práctica de campo, es una zona protegida, por lo que evidenciaron una mejora en las condiciones del río y un buen resultado en método BMWP/Col.

Además de las tendencias anteriores, también relacionan sus respuestas con el trabajo directo en el afluente y la importancia de trabajar con la comunidad, para crear aptitudes ambientales y el respeto de las normas ambientales, puesto que deben ser liderados por la comunidad ya que en ella se debe tomar decisiones en forma íntegra en el manejo de los recursos naturales, con el propósito de ofrecerles información y alternativas sobre la problemática ambiental y el desarrollo sostenible o sustentable (Rengifo, 2012). La tendencia Dragar se suprimió en el cuestionario final.

E16:C1:7 [Haciendo referencia a las estrategias para resolver problemáticas]
“Que las personas que viven cerca al río y Asus alrededores reciban charlas y sean capacitados para que tomen conciencia y no sigan trayendo problemas al río”

E16:C1:7 [Haciendo referencia a las estrategias para resolver problemáticas]
“Que el alcalde haga un alcantarillado para que los desechos no vayan a parar al río ya que en las zonas que no cuentan con alcantarillado son las más contaminadas”.

E10:C1:7 [Haciendo referencia a las estrategias para resolver problemáticas]
“Crear conciencia sobre el cuidado en los habitantes, realizar jornadas de limpieza y reforestación, por prevención puede dragarse el río y poner una pinche alarma para las avalanchas”.

E10:C1:7 [Haciendo referencia a las estrategias para resolver problemáticas]
“Reforestación a su rivera, crear más zonas protegidas, crear conciencia ambiental, mejorando el sistema de alcantarillado, realizar jornadas de limpieza”.

- **Subcategoría calidad de agua.**

Tabla 32.

Comparación de las tendencias en la subcategoría calidad de agua.

Tendencia	Cuestionario inicial	Cuestionario final
Agua potable	E [3, 10, 12, 16 y 18]	E [12, 18 y 20]
Buen estado	E [2, 4, 5, 6, 7, 9(2), 10, 12(3), 14, 16(2), 17, 18(2) y 20]	E [1(2), 2, 4, 5(2), 11, 12, 13, 17, 19, 20 y 21]
Cobertura vegetal	0	E [5, 6(2), 7, 14 y 15]
Color	E [8, 9, 14, 16, 17 y 21]	E [1(2), 3(3), 4(3), 5, 6, 7(3), 8, 10(2), 11, 12, 13(3), 14(2), 15(3), 16(2), 17, 18, 19(3), 20, 21(3)]
Entorno limpio	0	E [4]
Diversidad de especies	E [2, 4, 12, 16(2), 17 y 19]	E [2(2), 10, 11, 12(2), 13, 14, 16(2), 17(2), 18 y 21]
Información fisicoquímica	E [16]	0
Niveles de Ph	E [10]	0
Olor puro	0	E [2, 4, 5, 10, 13, 19(2) y 21]
Transparencia del agua	E [1, 2, 3, 6, 8(3), 16, 21]	E [1, 2, 8(3) y 15]

La subcategoría calidad de agua, fue en la que menos varió las repuestas iniciales respecto a las repuesta finales, relacionando principalmente con dos propiedades que son el estado del entorno asociado al río, aumentado dos tendencias (Buen estado, Diversidad de especies, Tipo de ecosistemas, Cobertura vegetal y Ambiente limpio) y el estado del agua, el cual disminuyo una tendencia (Transparencia, Color del agua y Olor puro), que contribuyen en al uso del agua para consumo humano (Agua potable). Esta

subcategoría tuvo poca diversificación en las repuestas porque está en la percepción de cada estudiante. Según Ángel y Río (2015) la percepción ambiental, el cual perfila la mirada y vivencia que cada individuo tiene con su entorno, y la forma cómo percibe lo que ocurre en su ambiente. La percepción implica la organización sensorial que el individuo hace de la realidad o de los eventos que ocurren a su alrededor.

E18:C1:4 [Haciendo referencia a que condiciones debe presentar el agua de buena calidad biológica] *“Para que el río frío este en buenas condiciones, debe de estar limpio, sin contaminación. Después de haber pasado la avalancha el río frío haya pasado por un proceso de limpieza y así puede estar en buena calidad.”*

E18:C2:4 [Haciendo referencia a que condiciones debe presentar el agua de buena calidad biológica] *“Pues tener macroinvertebrados que este en la escala 10, la biodiversidad alrededor, el olor, que no tenga problemas fisicoquímicos, que el río tenga dentro peces, renacuajos, Macroinvertebrados”*

- **Subcategoría Procedimientos.**

A continuación (Tabla 33.) se presentan las comparaciones referentes a los procedimientos para determinar la calidad biológica del agua.

Tabla 33.

Comparación de las tendencias en la subcategoría problemáticas ambientales.

Tendencia	Cuestionario inicial	Cuestionario final
Análisis de agua	E [6, 7, 11, 13, 15, 20]	E [5 y 15]
Bioindicadores	0	E [1, 2, 3(4), 4, 6(2), 7(2), 8, 10, 11(2), 13, 14, 15(3), 16(2), 17(2), 18(3), 20(2) y 21(2)]
BMWP	0	E [1, 3, 9 y 15]
Consulta web	E [10]	0
Experimento	E [9]	0
Información fisicoquímica	E [16]	E [18]
Monitoreo al río	E [12, 16 y 19]	E [3, 9, 17 y 21]
Observación	E [10 y 16]	E [14]
Probar el agua	E [8 y 16]	0

De acuerdo con lo anterior se observó que los estudiantes tuvieron un aprendizaje significativo en las concepciones en torno a los procedimientos, además presentaron una participación más densa en el cuestionario final con 43 respuestas frente a las 17 del cuestionario inicial. Las tendencias que se presentaron en el cuestionario inicial son: Análisis de agua, Consulta web, Experimento, Monitoreo al río, Observación y Probar el agua y la del cuestionario final son: Análisis de agua, Bioindicadores, BMWP, Información fisicoquímica, Monitoreo al río y Observación.

Al inicio del proceso formativo, la tendencia mayoritaria era Análisis de agua (sin especificar el tipo de análisis: biológico, microbiológico, potabilidad, fisicoquímico, entre otros) como procedimiento principal para determinar la calidad biológica del agua, sin embargo, al final del proceso solo se cita 2 veces (4% frente al 41% del cuestionario inicial) y el 81% de los estudiantes se encasillan hacia el trabajo con Bioindicadores (31 respuestas) utilizando el método BMWP (4 respuestas), aun cuando en el cuestionario previo ninguna tendencia de los estudiantes apuntaba o reconocían el trabajo con organismos vivos.

Cabe destacar que algunas tendencias se mantuvieron como: la información fisicoquímica (con 1 respuesta), Monitoreo al río (en el cuestionario final aumento en 1 dígito) y observación (en el cuestionario final disminuyo en 1), con la particularidad de que los estudiantes que citaron estas tendencias en el cuestionario inicial son distintos a los del cuestionario final. Por lo general, estas respuestas son válidas, dado que al analizar la información fisicoquímica se puede establecer si los rangos están de acuerdo con el desarrollo de la vida acuática, el Monitoreo al río permiten conocer la calidad del sistema y la observación para ecólogos muy experimentados es una herramienta para determinar la calidad biológica del afluente.

E15:C1:5 [Haciendo referencia a como determinar la calidad biológica del río]
“Se tomo una prueba del agua del río en un recipiente y lo llevamos analizar en un laboratorio”

E15:C2:5 [Haciendo referencia a como determinar la calidad biológica del río]
“Se estudia su PH, se observa el color y se utiliza el método de BMWP, para analizar su calidad”.

Por otro lado, en relación con el cuestionario inicial, se suprimió las tendencias de Consulta web, Experimentos y Probar el agua resultando un avance en cuanto al conocimiento, puesto que la Consulta web es importante siempre y cuando se haya visitado en campo las estaciones de muestreo, los Experimentos no se especifican y deben apuntar a investigar la calidad biológica y por último el Probar del agua de un afluente, si presenta un alto grado de contaminación, resulta un riesgo vital para la integridad del investigador.

- **Subcategoría Parámetros fisicoquímicos.**

A continuación, presentamos los resultados de las comparaciones entre las concepciones de los estudiantes obtenidos tanto en el cuestionario inicial como del cuestionario final, para la subcategoría parámetros fisicoquímicos.

Tabla 34.

Comparación de las tendencias en la subcategoría Parámetros fisicoquímicos.

Tendencia	Cuestionario inicial	Cuestionario final
Alcalinidad	0	E [11, 17]
Color	E [8, 9, 14, 16, 17 y 21]	E [1(2), 3(3), 4(3), 5, 6, 7(3), 8, 10(2), 11, 12(2), 13(3), 14(2), 15(3), 16(2), 17, 18, 19(3), 20, 21(3)]
Conductividad	0	E [1, 3, 8, 11, 14, 17, 18, 19 y 21]
Dureza	0	E [3, 4, 5, 7, 8, 11, 13, 16 y 21]
Fosforo total	0	E [3, 5, 7, 9, 13, 16, 17, 18, 19, 20 y 21]
Mercurio	E [6 y 10]	0
Minerales no aptos	E [10]	0
Nitrógeno	0	E [1, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19(2), 20 y 21]
Olor	E [14, 18 Y 21(2)]	E [2, 8, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 18(2) y 20]

Tabla 34. Comparación de las tendencias en la subcategoría Parámetros fisicoquímicos (continuación).

Tendencia	Cuestionario inicial	Cuestionario final
Oxígeno disuelto	E [10]	E [1, 3, 4, 5, 8, 9, 10(3), 11, 12,13,14,15(2), 16, 17, 19 y 21]
Ph	E [10]	E [1, 2(2), 3, 4(2), 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15(3), 16, 17, 18, 19(2), 20(2) y 21]
Sólidos disueltos	0	E [7, 8, 9, 11, 14, 16, 17, 18, 19, 20 y 21]
Sólidos suspendidos	0	E [3, 5, 10, 11, 13, 16, 17, 18, 19, 20 y 21]
Temperatura	0	E [3, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 14(2), 16(3), 17, 19(2) y 21]
Turbiedad	0	E [8 y 13]

Se puede observar como a comparación del cuestionario inicial, en el final los estudiantes tienen un enriquecimiento en cuanto a las concepciones y mayor número de citas (185 citas frente a las 15 del cuestionario inicial). Las tendencias en el cuestionario previo fueron: Color, Mercurio, Olor, Oxígeno disuelto y pH y las del cuestionario final son: Alcalinidad, Color, Conductividad, Dureza, Fosforo total, Nitrógeno, Olor, Oxígeno disuelto, pH, Sólidos disueltos, Sólidos suspendidos, Temperatura y Turbiedad.

De acuerdo con los anterior, en el momento inicial del proceso formativo se encontraron 6 tendencias para la subcategoría Parámetros fisicoquímicos, luego en el final del proceso se tuvieron 9 tendencias nuevas y se eliminaron 2 para un total de 13 tendencias. Como se puede observar hubo un aumento de tendencias, esto se debe que durante el trabajo practico y las explicaciones de los parámetros fisicoquímicos, se abordó la temática desde un juego (concurso), donde el grupo asociaban los parámetros fisicoquímicos, con las características descritas en un texto; García *et al.*, (2010), fomenta la aplicación de métodos activos de enseñanza, en particular los juegos, dado que mejora el proceso de enseñanza e incrementa sustancialmente el aprendizaje de los estudiantes en cuanto a los tema de calidad de agua. Además, se explicó desde su aplicabilidad para el desarrollo de la vida acuática, donde el mismo autor anterior

resáltala importancia de las enseñanzas basadas en problemáticas ambientales y sus afectaciones en el entorno.

Cabe destacar que al comienzo del proceso formativo se establecieron 2 tendencias que no hacen parte del cuestionario final, las cuales son el Mercurio y Minerales no aptos, estas, tienen que ver con los parámetros fisicoquímicos, pero una de ellas no hace parte de nuestro contexto, (Mercurio) si no, los estudiantes quizás la mencionan por escuchar innumerables veces en los medios de comunicación, la contaminación en los ríos de zonas mineras debido a este metal pesado; por otro lado en cuanto a los Minerales no aptos quizás desde algún sentido técnico, hacía referencia a los sólidos suspendidos.

Por último, la totalidad de los estudiantes del grupo 1101 que participaron en la salida de campo (100%), nombraron al menos 4 parámetros fisicoquímicos, asociado al río, presentando un gran avance en sus respuestas y aumento de concepciones asociados hacia la calidad fisicoquímica del afluente.

E11:C1:2 [Haciendo referencia a las pruebas fisicoquímicas del Río Frío] *“Las condiciones fisicoquímicas del río podrían ser que por su apariencia no presente el color natural, que presenta la alteración en el ecosistema que vive en este, o que ciertos químicos cultivos lleguen a él, por parte del hombre”*

E11:C2: 2 [Haciendo referencia a las pruebas fisicoquímicas del Río Frío] *“Temperatura, color, nitrógeno, sólido disuelto, sólido suspendido, oxígeno disuelto, pH, dureza, conductividad, alcalinidad, solubilidad”.*

E17:C1:2 [Haciendo referencia a las pruebas fisicoquímicas del Río Frío] *“Algún cambio que se haya presentado en el río solo afectando su físico, como por ejemplo que sea de un color inusual el agua.*

E17:C2:2 [Haciendo referencia a las pruebas fisicoquímicas del Río Frío] *“Sólidos disueltos, sólidos suspendidos, Ph, color, temperatura, oxígeno disuelto, fosforo total, nitrógeno, conductividad y alcalinidad”*

- **Subcategoría Biodiversidad.**

Según Andrade, (2011), la diversidad biológica incluye las especies de plantas, animales y microorganismos que se encuentran en un lugar determinado. Al inicio del proceso formativo la tendencia mayoritaria al preguntar sobre la biodiversidad era Flora y Fauna, (al igual que en el cuestionario final), aunque los estudiantes en algunas de sus respuestas discriminaban uno de los grupos y solo nombraban las respuestas asociadas ya sea con la Flora o Fauna. Cabe resaltar que, al momento de hacer esta pregunta, muchas de sus respuestas establecían que la biodiversidad presente en el río era poca o nula, dada la avenida torrencial, pero no especificaban cual era la biodiversidad presente en el Río Frío (por ello la poca participación y densificación de sus respuestas).

Tabla 35.

Comparación de las tendencias halladas en la subcategoría Biodiversidad.

Tendencia	Cuestionario inicial	Cuestionario final
Dípteros	0	E [18]
Cobertura vegetal	0	E [5, 6(2), 7, 14 y 15]
Ephemeroptera	0	E [1]
Fauna	E [5, 11 Y 21]	E [1, 7, 8(3), 16 y 21]
Flora	E [6, 14 Y 18]	E [9, 16 y 18]
Flora y fauna	E [2, 6, 9(2), 10(2), 12(3), 14(2), 15, 16, 17(2) y 19 (2)]	E [1(3), 2, 6, 7, 9(2), 10, 12, 16(2), 17 y 19]
Macroinvertebrados	0	E [1, 2(3), 3(3), 10, 12, 16(2) y 18]
Macroorganismos	0	E [11]
Microorganismos	E [10(2) y 18]	E [1, 13(2)]
Plantas pioneras	E [10]	0
Trichoptera	0	E [18]

Luego del proceso académico, los estudiantes diversificaron sus tendencias en torno a la biodiversidad presente en el río, en ella incluyeron las ya citadas Flora y fauna, Fauna y Flora (24 respuestas frente a las 23 del cuestionario inicial), además nombraron a los macroinvertebrados e inclusive mencionaron con nombre propio algunos órdenes como los Dípteros, Ephemeropteros y Tricópteros. La mención de los grupos anteriores se debe principalmente a las ventajas de la salida de campo, ya que Amórtegui & Correa (2012) establecen que el trabajo de campo es parte significativa del aprendizaje de la

Biología, pues permite al estudiante reconocer la diversidad de sistemas vivientes del entorno. Con relación a lo anterior en las clases previas los estudiantes no reconocían y con cierta incredulidad preguntaban si todos estos organismos se podían coleccionar en el río, pero al momento de ir a campo cada uno de los grupos colectó varios individuos.

E16:C1:3 [Haciendo referencia a que es la biodiversidad y como conservarla]
“Yo creo que la biodiversidad son todos aquellos árboles, animales; que la avalancha se llevó”

E16:2:3 [Haciendo referencia a que es la biodiversidad y como conservarla]
Pues la biodiversidad del río incluye árboles y animales; los macroinvertebrados también están en la biodiversidad porque gracias a ellos se puede saber las condiciones del Río.

7.8.2 Análisis Cuantitativo.

7.8.2.1 Hipótesis del investigador.

Existirá una diferencia significativa entre los niveles de conocimiento y actitudes de conservación, antes de la intervención didáctica (pre-test) y después de llevar a cabo la intervención didáctica (post-test).

- H_0 = No hay diferencia significativa en las medias de los niveles de conocimiento y actitudes de conservación antes y después de las actividades.
- H_1 = Hay una diferencia significativa en las medias niveles de conocimiento y actitudes de conservación antes y después de las actividades.

7.8.2.2 Determinación del nivel de significancia ALFA.

Se definió el nivel alfa (porcentaje de error de la prueba) como el $0,05 = 0,5 \%$

7.8.2.3 Resultados arrojados.

Antes de aplicar el T Student se determinó si los datos del cuestionario inicial y cuestionario final provenían de una distribución normal por medio del Test de *Shapiro-Wilk* (se usa para contrastar la normalidad de un conjunto de datos).

Tabla 36.

Test de Shapiro-Wilk para el Pre-test y Post-test.

Test de <i>Shapiro-Wilk</i>		
P-Valor (Cuestionario inicial) = 0,667	>	$\alpha = 0,05$
P-Valor (Cuestionario final) = 0,218	>	$\alpha = 0,05$

De acuerdo con la Tabla 36., en ambos casos (pres y post-test) es mayor a 0.05% (nivel de significancia alfa), por ende, los datos de los cuestionarios (inicial y final) provienen de una distribución normal.

Seguidamente de comprobar la distribución normal de los datos, se inicia con los resultados del T-Student (ver Tabla 37.).

Tabla 37.

Estadísticas de muestras emparejadas para los valores de pre y post-test.

Estadísticas de muestras emparejadas					
		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Antes	2,2602	21	,62128	,13557
	Después	3,2959	21	,44380	,09684

Como se puede visualizar en la Tabla 37., la media en una escala del 1 al 5, (donde 1 significa respuestas más alejadas de la idea científica, 2-3 respuestas intermedias y 4-5 las respuestas más acertadas del conocimiento científico), dio en el cuestionario inicial un promedio de 2,26 y en el cuestionario final un promedio de 3,29.

Finalmente, en la prueba de muestras emparejadas la significancia bilateral fue de 0,000 y este valor es menor que el valor alfa (0,005), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1), que corresponde a que hay una

diferencia significativa en las medias niveles de conocimiento y actitudes de conservación antes y después de la intervención didáctica. El criterio por el cual se llegó a la conclusión es que P-Valor es menor $< \alpha$, por lo tanto, se rechaza H_0 y se acepta H_1 . (ver Tabla 38.).

Tabla 38.

Prueba de muestras emparejadas para los valores del cuestionario inicial y final.

Prueba de muestras emparejadas								
	Diferencias emparejadas					T	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Inicial-Final	-1,03571	,62719	,13686	-1,32121	-,75022	-7,567	20	.000

7.8.2.4 Análisis estadístico.

En el análisis estadístico en el programa SPSS, se puede inferir que hay una diferencia significativa en las medias de los niveles de conocimiento y actitudes de conservación de los estudiantes antes y después de la intervención didáctica. Por lo tanto, la intervención didáctica SI tiene efectos significativos sobre el conocimiento y actitudes de conservación en los estudiantes (los promedios de los estudiantes subieron del 2,26 a 3,30). Esta significancia se puede deber a que se planearon y ejecutaron actividades lúdicas pedagógicas, tales como experimentos de la cotidianidad, videos de concientización, juegos con imágenes y de relación, salidas de campo, identificación en laboratorio entre otros.

7.8.3 Material educativo

Finalizadas las actividades planeadas con los estudiantes, se diseñó una cartilla educativa, con el fin de que los profesores que quieran ejecutar las actividades de educación ambiental en sus colegios se guíen de la metodología propuesta por los autores. La cartilla consta de cinco capítulos (ver anexo 3).

8. ANÁLISIS

El presente trabajo investigativo es el primer registro de la calidad biológica (relacionada con los macroinvertebrados bentónicos) y niveles de contaminación (relacionadas con las pruebas fisicoquímicas), diseñadas y aplicadas en el Río Frío de Campoalegre, en cinco estaciones de muestreo que van desde cercanías al nacimiento a (estación Esmero) hasta antes de la desembocadura del afluente (estación Viso). Los resultados obtenidos permiten un análisis de las condiciones que se encuentran el ambiente asociado al Río, además de la interpretación por medio de índices a la comunidad de macroinvertebrados colectados en campo, que son organismos de gran importancia y significado ecológico en los ecosistemas loticos.

El cauce principal de Río Frío atraviesa dos ecosistemas estratégicos, los cuales son el Parque Natural Regional La Siberia (en el nacimiento del río), con poca o ninguna intervención humana, puesto que esta zona está dedicada a la reforestación para el mantenimiento y la protección de esta área importante para la región norte del departamento, de modo que no nos permitió avanzar hacia este sector; asimismo, el Parque Natural Municipal “Luis Antonio Motta Falla” (creado para proteger la bocatoma del acueducto municipal), ubicado en la parte media de la microcuenca, reduciendo la actividad antrópica en este sector. A medida que el río transcurre por la zona baja de la microcuenca, aumenta las actividades antropogénicas afectando el río tales como ganadería, agricultura, piscicultura, entre otros.

Por las razones anteriores, en la parte alta y media de microcuenca el caudal del río es alto, así como el entorno y las riberas están en condiciones generales, en buen estado, permitiendo la autodepuración de la contaminación difusa de actividades agrícolas; por el contrario, el caudal disminuye drásticamente en la parte baja de la microcuenca, y aumenta las zonas de cultivos principalmente de cacao, maíz y arroz provocando escorrentías agrícolas y desviación del agua, del mismo modo aumenta la zona para urbanización, por lo que soporta la contaminación difusa y puntual de las

aguas residuales (por su paso en el casco urbano), empeorando las condiciones y la estética del cauce.

Prosiguiendo con los argumentos anteriores, la evaluación de la calidad del hábitat permite dar una percepción de los sitios muestreados, los posibles impactos generados por las actividades agropecuarias y demás de origen antrópico, que cambian o alteran la dinámica fluvial, así como la conformación de las comunidades vegetales de la microcuenca. Sin embargo el valor de calidad del hábitat (Chará, 2004 citado en León, 2014) es mayor en la zona alta y media, y menor en la zona baja, por lo que se infiere que las condiciones entre la estaciones difieren considerablemente, por el uso de suelo alrededor del afluente, la cobertura vegetal y los bosques de galerías, que en la parte baja prácticamente desaparecieron para dar paso a cultivos y urbanización, dificultando el asentamiento de microhábitats disponibles para la colonización de los macroinvertebrados acuáticos, por lo que esta evaluación del hábitat corresponde de manera directa con los índices de biológicos y los índices de contaminación ICOs. En general, el índice hallado revela una condición subóptima en la parte alta y media de microcuenca y marginal y pobre en la parte baja.

Las lluvias anormales registradas durante los primeros meses del año, modifico los tiempos de muestreo, que se tenía planeado para los meses de marzo, mayo y julio en los periodos de lluvias, intermedio y seco respectivamente, el cual no se pudo ejecutar por los deslizamientos de tierra en la zona montañosa del municipio, impidiendo el paso a las estaciones de muestreo ubicadas en esta zona, hasta el mes de mayo que se normalizó el paso a la parte alta; además, este periodo anormal de lluvias produjo una avenida torrencial en este afluente, afectando la vegetación asociada a las ribera del río, dejándolo sin cobertura lateral, de ahí que, las estaciones de muestreo bajas registrara altas temperaturas, ya que no proporciona protección de los rayos solares y no brindan sombra.

En cuanto a los parámetros fisicoquímicos evaluados, en las estaciones ubicadas antes del casco urbano, presentan pocas diferencias entre los puntos y épocas de

muestreo; si hay fuertes variaciones en el periodo intermedio en la conductividad y los sólidos, con un gran aumento en sus resultados, al igual en la estación de muestreo Viso, que queda después del casco urbano, todos sus resultados presenta variabilidad entre las épocas de muestreo y las demás estaciones de muestreo, probablemente por el efecto de las descargas de agua residuales, por falta de una eficiente red de alcantarillados y la afectación que tuvo la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), en la avenida torrencial ocurrida en el mes de febrero.

En termino generales, parámetros como el pH, alcalinidad y sólidos suspendidos se encuentra dentro de los valores permisibles para agua potable y la conductividad para agua segura según el decreto 475 de 1998 en las estaciones E1, E2, E3 y E4. En cambio, todos los parámetros fisicoquímicos de la estación el Viso están por fuera de los valores permisibles del decreto anterior.

La conductividad fue uno de los parámetros más variables, el cual, incrementa a lo largo del cauce; en los periodos de lluvia y seco estuvo poco variable en comparación con el periodo intermedio, el cual, estuvo por encima de los valores permitidos para agua potable en las estaciones Piravante y Viso, en la parte baja de la microcuenca, debido a que “aumenta la concentración de iones progresivamente a medida que llegan a los valles por efectos de la erosión, el arrastre de sedimentos y las escorrentías provocadas por lluvias” (Roldán-Pérez y Ramirez, 2008), al llegar a la zona baja, por la disminución del caudal, la sedimentación queda estancada, aumentando la conductividad en este periodo, puesto que la sedimentación es uno de los parámetros que aumenta la conductividad; para el periodo seco las condiciones se estabilizan.

Los valores de la conductividad se corresponden con los de la dureza total (si se tiene en cuenta que este parámetro se produce por los iones de calcio y magnesio), y con los sólidos totales disueltos, factores que aumenta aguas abajo desde la estación Esmero (a 8 kilómetros del nacimiento) hacia la estación Viso (a 2 kilómetros de la desembocadura). Según León (2014) lo anterior permite establecer una mayor condición de salinidad en las estaciones bajas, producto posiblemente en la aportación externa de

la actividad agropecuaria y descargas no puntuales de origen en el área de influencia directa al cauce, además de lo anterior, las descargas puntuales de las “aguas residuales suelen aumentar la conductividad debido al aumento de la concentración de Cl^- , NO_3^- y SO_4^{2-} , u otros iones” (Fosalba *et al.*, 2007); de igual forma, aumentando los valores de los sólidos disueltos, pero no se evidencio así en la dureza, ya que, probablemente la cantidad de iones de calcio y magnesio en las aguas residuales no era tan considerables para aumentar significativamente este parámetro.

Los datos para el oxígeno disuelto mostraron datos similares en todas las estaciones de muestreo, en los tres periodos, estando por encima de 8 mg O_2/L , lo cual indica que estas estaciones de muestreo cuentan con valores de oxígeno disueltos permisibles para la conservación de la flora y fauna en aguas dulces cálidas según el decreto 1594 de 1984.

Los dos casos especiales de oxígeno disuelto ocurrieron en las estaciones de la parte baja de la microcuenca, con la mayor concentración en la estación Piravante, cercana a los 10 mg O_2/L , por la presencia de algas, que “durante el día suelen encontrarse concentraciones mayores de oxígeno disuelto cuando la fotosíntesis llega a sus mayores valores luego del mediodía, mientras más bajas se registran durante la noche” (Fosalba *et al.*, 2007); el caso contrario ocurrió en la estación Viso, con valores por debajo del decreto anterior, en el periodo de muestreo intermedio, esto se debe, de acuerdo al autor anterior que “si es consumido más oxígeno que el que se produce y capta en el sistema, el tenor de O_2 caerá, pudiendo alcanzar niveles por debajo de los necesarios para la vida de muchos organismos”, esto fue a causa de diversos factores, como el aumento desmedido de organismo vivos, principalmente el díptero Chironomidae y el aumento de la temperatura y la salinidad.

Fosalba *et al.*, 2007 afirman que la alcalinidad es el principal sistema amortiguador (tampón, buffer) del agua dulce y también desempeña un rol principal en la productividad de cuerpos de agua naturales, sirviendo como una fuente de reserva de CO_2 para la fotosíntesis, por eso, cuando las aguas tienen alcalinidades inferiores se vuelven muy

sensibles a la contaminación, ya que no tienen capacidad para oponerse a las modificaciones que generen disminuciones del pH (acidificación); en las estaciones ubicadas antes del casco urbano presenta valores entre 25 y 100 mg CaCO₃/L, el cual, “presenta fertilidad mediana y no hay peligro de mortalidad” (Roldán-Pérez y Ramirez, 2008), pero en la parte alta y media de la microcuenca no sufrieron variaciones importante en el pH, porque las actividades antrópicas no eran tan fuertes para acidificar el agua, no así en la estación Piravante, que en el periodo de lluvias la alcalinidad registró el valor más bajo de este parámetro, y debido a las descargas de residuo agrícolas, no pudo oponerse a esta contaminación, disminuyendo el pH al valor más bajo observado en los periodos de muestreo; por el contrario, en la estación Viso el agua presenta mucha fertilidad sin problemas de salud (100-250 mg CaCO₃/L), pero hay que considerar que la fuerte presión de actividades antropogénicas, hace que la afirmación anterior no se cumpla en este punto de muestreo.

Un parámetro que muestra variación entre las dos épocas de muestreo es el de la turbidez, pues todas las estaciones en el periodo de lluvias reportan valores por encima de lo establecido por el decreto 475 de 1998; en los meses anteriores, se presentaron eventos erosivos en la parte alta de la microcuenca, por deslizamientos de tierra y el caudal era alto en todas las estaciones manteniendo el agua turbulenta sosteniendo partículas en suspensión; Según León, (2014) la turbulencia del agua mantiene en suspensión partículas sólidas; y su sedimentación gradual conduce a que las partículas más finas, que son más importantes en el transporte de materiales retenidos en su superficie (materia orgánica, fósforo), son las que llegan más lejos (Margalef, 1983, Lacroix, 1992), y por tanto se genera la mayor turbidez en las zonas bajas.

El comportamiento de la turbidez en los periodos de muestreo intermedio y seco también fue variable, pero por la disminución del caudal, principalmente en la estación Piravante, en estas dos épocas estuvo por debajo del límite permisible de este parámetro, del mismo modo, que las estaciones Esmero y Palmar, en el periodo seco. En cambio, en la estación Pavas, por presentar el caudal más alto entre las estaciones de muestreo, además de la erosión de las laderas montañosa en la ribera del río y de

presentar las tres combinaciones de profundidad y velocidad (mayor turbulencia), estuvo por encima de lo permitido por el decreto 475 de 1998, en los tres periodos de muestreo, al igual que la estación Viso, pero por el poco caudal, no tiene la capacidad de arrastrar los sedimentos, quedando estancados.

La determinación de los Índices de contaminación ICOS, tienen correspondencia con los parámetros fisicoquímicos valorados. Los valores generales de los tres periodos de muestreo de la contaminación iónica por mineralización (ICOMI), expresan resultados altos en la estación Viso, principalmente por el elevado registro en la conductividad y dureza, debido a las aguas residuales vertidas en el río sin ningún tipo de tratamiento, aumentando los iones en el agua. Por otra parte, las otras estaciones de muestreo presentan contaminaciones baja y media por mineralización, indicando la poca intervención de actividades antrópicas y naturales que aumente los iones en el agua. En cuanto a la contaminación del pH (ICOpH), arrojo resultados normales en la variación del pH.

La contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS) fue muy variables, registrando los menores registró en el tiempo de lluvias y aumentando en el periodo seco, en las estaciones de la parte baja de la microcuenca; pero en general, este índice permaneció con contaminación baja en estos periodos, en las estaciones de muestreo antes de casco urbano, manteniendo estable el arrastre de sedimento. Caso contrario ocurrió en el periodo intermedio y en la estación Viso, con valores cercano a 1, que significa contaminación muy alta por sólidos suspendidos, por lo que se deduce que “las partículas estaban en suspensión estables (disoluciones coloidales), que solo precipitaran después de haber sufrido coagulación o floculación (reunión de varias partículas)” (Echarri, 1998); además, principalmente en la estación Viso, la velocidad de sedimentación en agua que es aparentemente inmóvil, los granos pequeños o finos, se hunden en el agua más despacio (Tarbuk *et al.*, 2005), característica observada en esta estación en el periodo intermedio y seco.

El ICOTRO, indica condiciones eutróficas, lo cual denota la presencia de fósforo que puede provenir de distintas fuentes mixtas por el ciclo natural del elemento, y la aportación agropecuaria por el uso de fertilizantes ricos en fósforo (CVC-UNIVALLE, 2004, citado en León 2014). Al respecto, la combinación del ancho mayor del cauce, poca profundidad de la corriente, y la presencia de dicho nutriente en el sistema lótico, generó comunidades de algas en el periodo seco en la estación Piravante.

Por último, los análisis estadísticos realizados confirmaron que la evaluación de la calidad del hábitat es variable entre las estaciones ubicadas en la parte alta y media con las estaciones en la parte baja de la microcuenca, esta variabilidad también se refleja en las condiciones fisicoquímicas.

A pesar de que se realizaron los muestreos en el mes de mayo (correspondiente al periodo de lluvias), pasado tres meses de la avenida torrencial, en todas las estaciones de muestreo se registró una buena abundancia de individuos bentónicos (12191 macroinvertebrados). Según (Domínguez y Fernández, 2009), consolidan que a pesar de que en el afluente haya ocurrido una reciente perturbación, estudios han investigado que después de 2-4 semanas las asociaciones de especies de bentos se han recuperado totalmente después del evento de perturbación.

Dentro de los organismos invertebrados se visualizó que de los distintos grupos de individuos colectados, la clase Insecta sobresale sobre los demás grupos con el 99,82% frente a otras clases colectados en la investigación como la Gastropoda, Malacostraca y Oligochaeta, estas condiciones también se han hallado en distintos estudios realizados en cuencas del Huila, entre las que se resaltan las de León, (2014) y Suarez, (2016) realizados sobre microcuencas del Río la Ceibas, que nace en La Siberia, donde también tiene lugar el nacimiento el Río Frío de Campoalegre.

En general, se observó que la mayor cantidad de familias colectadas fue durante el periodo intermedio (7235), por la incidencia de la abundancia de Chironomidae encontrada en la estación Viso, por las condiciones adecuadas para el desarrollo de este

díptero, que según Roldán-Pérez y Ramirez (2008) “En ciertas zonas muy contaminadas puede haber un dominio de uno a dos grupos, por lo regular Chironomidae y Tubificidae, con números hasta de cuarenta o cincuenta mil individuos por metro cuadrado”, seguido del periodo de lluvias (2549) y por último el periodo seco (2407); aunque en otras investigaciones en el periodo seco encontraron el mayor número de individuos y familias, debido al intervalo de colecta en los periodos de muestreo, que generalmente es mayor a 5 meses, en esta investigación se realizó las colectas en un intervalo menor a 4 meses, donde las características del caudal y del hábitat no tuvieron mucha diferencia entre las estaciones del muestreo, por lo que la diferencia entre el periodo de lluvias y seco no fue significativa.

En la estación Viso se colectó el mayor número de individuos, en cuanto a la abundancia, porque solo se identificó 7 familias, esto se debe a las perturbaciones que hace que se desarrollen macroinvertebrados especializados a tolerar estas condiciones de contaminación; en cambio, en las estaciones Esmero y Palmar, presentó la mayor riqueza de macroinvertebrados, con 30 familias cada una, debido a que estas zonas se encuentra en zonas protegidas, disminuyendo las actividades humanas y por ende, contaba con una relativa abundancia de los 3 tipos de sustratos a comparación de las otras estaciones, encontrándose en mayor medida arenilla y gravilla.

Las principales familias identificadas en colecta de las cinco estaciones de muestreo fueron Chironomidae, Baetidae, Simuliidae y Hydropsychidae, según el estudio de Hahn *et al.*, (2009) la alta representatividad de las familias Chironomidae y Hydropsychidae se debe posiblemente a que están ampliamente distribuidas en todo tipo de corriente de agua, ya que el díptero tolera altos niveles de contaminación y por el contrario la trichoptera tolera bajos niveles de contaminación. Además, la familia de Hydropsychidae y Simuliidae (E1, E2, y E3), se encontraron principalmente en aguas fría y de alta corriente, en cambio, la familia de Chironomidae y Baetidae (E3, E4 y E5), se observaron en aguas calientes y de baja corriente.

En relación con los parámetros fisicoquímicos y los macroinvertebrados bentónicos encontrados, los datos de oxígeno disuelto favorecen las familias de Perlidae, Elmidae y Ptilodactylidae; en cambio, las familias que están asociadas a bajos niveles de oxígeno y alta salinidad y turbidez por sedimentación fina son Chironomidae y Hydrophilidae. Los órdenes de la coleopteras y dipteras, se encontraron en todas las estaciones de muestreo, ya que estas órdenes son muy cosmopolitas y las diferentes especies pueden tolerar diferentes grados de contaminación, como la mencionada Elmidae e Hydrophilidae en cuanto a los coleópteros y Blephariceridae y Chironomidae en los dípteros, según Roldán-Pérez y Ramirez (2008), “estos órdenes son complejos, abundantes y están ampliamente distribuidos en el mundo”. Por el contrario, las órdenes de la Trichoptera, Ephemeroptera y Megaloptera se observaron principalmente en las estaciones de la parte alta y media de la microcuenca, con poca afectación de actividades humanas y parámetros fisicoquímicos estables.

Por otra parte, la familia Baetidae, que pertenece al orden Ephemeroptera, se observó en todas las estaciones de muestreo, esto debido a que se encuentra en altos niveles de oxígeno y de acuerdo “con lo reportado por autores como Tercedor (1996, Muñoz & Ospina (1999) puede estar siendo favorecida por la facilidad que presentan las ninfas para establecerse en diferentes tipos de hábitats de agua dulce zonas de rápidos y remansos de los ríos, siendo más diversos y abundantes en los últimos” (Gil, 2014), por eso se encontró en gran número en la estación Piravante, ya que tenía corriente lenta; al igual que el coleóptero Curculionidae, tolerando los diferentes grados de contaminación. Otra familia representativa fue Simuliidae y Muscidae, localizadas en zona de corriente alta, con aguas bien oxigenadas y pH cercano a la neutralidad, en general, en aguas limpias o moderadamente contaminadas, al igual que Corydalidae, que fue observada en corriente moderada a lentas.

Los índices ejecutados sobre el Río Frío para determinar la calidad biológica tienen mucha importancia para conocer mejor la estructura y función del ecosistema acuático, como un medio para preparar y defender los problemas a los que nos enfrentamos, por medio del conocimiento se toma el camino de escoger la explotación

rápida de los ecosistemas o darles un manejo sustentable, con calidad de vida a largo plazo (Domínguez y Fernández, 2009).

El índice BMWP/Col fue el principal método biológico utilizado en el estudio; Roldán-Pérez (2003) indica que este índice en Colombia es estandarizado para la evaluación de la calidad de agua en las corrientes hídricas de bajo y mediano orden, principalmente en la zona andina, por ende, el Río Frío cumple con las anteriores características.

En la primera estación Esmero, el método BMWP arrojó valores de 104 y 120 (clase II y calidad Aceptable), a pesar de ser la estación más alta, era evidente el inicio de las actividades agrícolas y ganaderas, además los bancos contaban con erosión evidente y no había cobertura lateral, tanto así que esta estación para el segundo periodo arrojó el valor más bajo de las estaciones de montaña con un valor de 60, puesto que solo se encontró 12 familias indicadoras. Por otra parte, se encontró una totalidad de 28 familias indicadoras, esto se debe a que según Roldán-Pérez, (2016), en las altas montañas la comunidad bentónica se caracteriza por presentar alta biodiversidad, además las actividades humanas no se caracterizan por ser en demasía.

Luego, La estación Pavas, obtuvo puntajes de 97 y 92 (clase II y calidad Aceptable), esto se debe a que en esta zona las actividades humanas aumentan caracterizadas por actividades agropecuarias y asentamientos humanos muy cerca del río, por otro lado, la zona se afectó mucho debido a la avenida torrencial, afectando en gran medida los bancos del río que por lo general presentan gran erosión, además en la rivera rocosa, donde no se encontraron plantas pioneras. A pesar de todo, para el primer periodo se evidenció el mayor puntaje obtenido en el Río Frío con 130 puntos (clase I y calidad Buena).

Seguidamente la estación del pie de monte Palmar obtuvo la mayor estabilidad con puntajes de 105, 120 y 112 (clase II y calidad Aceptable), con una totalidad de 28 familias indicadoras (al igual que la estación de alta montaña Esmero), cabe resaltar esta

zona presenta puntajes por encima de 100 en el BMWP/Col, esto se debe a que es una zona protegida, por lo tanto cuando las aguas del Río Frío al pasar por el parque regional sus condiciones se estabiliza y su diversidad de macroinvertebrados aumentan, por ende también su calidad biológica.

Finalmente, cerca del área urbana están las estaciones pre (Piravante) y post municipio (Viso) con una distancia entre ellas de 2,74 Km. (estas estaciones se diseñaron con el fin de evaluar el impacto que tiene la zona urbana en las aguas del río). En la estación Piravante el índice arrojo resultados de 84 y 88 (clase II y calidad Aceptable), a comparación de la estación más cercana río arriba (Palmar), hubo un descenso, que alcanzo valores inclusive de 62 (clase III y calidad dudosa), esto se debe a la cercanía de cultivos como el arroz y actividades ganaderas con potreros muy cercanos a la ribera del río (no es zona protegida), por otra parte, la estación Viso obtuvo puntajes de 7, 10 y 13 (clase V y calidad muy crítica), este máximo descenso se registró, puesto que las aguas residuales de los barrios aledaños al río van a parar directamente al afluente, debido a que la planta de tratamiento de aguas residuales no está operando después de los daños provocados en su infraestructura el 22 de febrero del 2017.

El índice ASPT también se calculó para todas las estaciones de muestreo, las estaciones Palmar y Pavas obtuvieron los valores más parejos (al igual que el método BMWP estas estaciones no presentaban tantas fluctuaciones). Finalmente, la estación Piravante no tuvo un descenso tan marcado como en el método del BMWP/Col respecto a las otras estaciones, a cambio de la estación Viso que al igual que el método anterior obtuvo los valores más bajos exponiendo el fuerte impacto que tiene el afluente al pasar por la zona urbana.

El índice EPT, indico un porcentaje máximo en la estación Palmar, donde se obtuvo un resultado del 81,4%, por ende, según Carrera & Fierro, (2001) se asocia con alto nivel de oxígeno del afluente presente en la estación (con la mayor calidad biológica según los índices anteriores). La segunda estación con mejores niveles de oxígeno es Pavas, esto se debe a que es una estación de alta montaña y con buen nivel de re

oxigenación. Seguidamente la estación Piravante, obtuvo una gran cantidad de Ephemeropteros, esto puede estar asociado a la cantidad de algas que se pudo notar en algunos periodos (las algas debido al proceso de fotosíntesis difunden al agua como sub producto oxígeno disuelto). Por otro lado, la estación Esmero de alta montaña, aunque obtuvo una cantidad considerable de organismos pertenecientes al EPT (705 individuos) obtuvo una gran cantidad de dípteros, por ende, sus resultados fueron menores a su estación más próxima (Pavas). Por último, la estación Viso obtuvo algunos individuos Baetidae, sin embargo, su calidad de oxígeno fue muy baja indicando aguas contaminadas (tal como lo indican el método BMWP/Col y ASPT).

El índice de dípteros, según Arango *et al.*, (2008) determina el enriquecimiento del agua con materia orgánica, debido a la presencia de familias de este orden en todos los puntajes de calidad del agua, desde aguas muy limpias hasta aguas altamente contaminadas, además Prat *et al.*, (2009) comentan que el estudio de los macroinvertebrados utilizan como factor clave la tolerancia de los diferentes taxa a una perturbación determinada, normalmente la contaminación orgánica, en ese sentido, este índice presentó los mayores valores en las estaciones de la parte baja de la microcuenca, lo cual indica contaminación del agua por materia orgánica, coincidiendo con el índice EPT, que mostró los valores más bajos en las estaciones que tienen influencia de aguas residuales, por estar en la parte inferior de la cuenca, estos resultados concuerdan con el estudio Arango *et al.*, (2008), además se relaciona con el bajo nivel de oxígeno disuelto a causa de la descomposición de la materia orgánica por parte de las bacterias. En comparación, las otras estaciones de muestreo mostraron niveles bajo de contaminación orgánica a través del índice de dípteros, por la poca actividad asociada a las cercanías del río.

Por último, el índice ICOBIO, en las estaciones de la parte alta y media de la microcuenca, son muy similares, dado que las actividades antropogénicas no ejerce gran presión sobre el ecosistema acuático del río, permitiendo el desarrollo de gran diversidad de macroinvertebrados, además, las condiciones mejoran considerablemente en la zona del Parque Natural en la estación Palmar, obteniendo el menor puntaje o baja

contaminación entre el tramo Pavas-Palmar; en contraparte, las estaciones en la parte baja de microcuenca son disimiles en la diversidad de macroinvertebrados, disminuyendo el número de familias colectadas, a causa de los focos de contaminación, no permitiendo el desarrollo de macroinvertebrados, por eso, obtuvo una contaminación alta entre el tramo Piravante-Viso, el cual, recorre el casco urbano del municipio.

9. CONCLUSIONES

La microcuenca del Río Frío, es un recurso hídrico muy importante para el municipio de Campoalegre, debido a que surte el acueducto municipal, por eso, esta corriente se debe priorizar para elaborar los planes de ordenamiento del recurso hídrico, para abordar un manejo integral para la preservación de la calidad, cantidad y preservación de la vida acuática de la microcuenca y así minimizar la contaminación en el cauce, ya que actualmente solo cuenta con la reglamentación de la distribución del caudal, pero cuando el cauce pasa por la bocatoma del acueducto, ubicada en el piedemonte, el nivel del caudal disminuye considerablemente en el periodo seco, por diversos usos que se le dan al agua en la zona baja de la microcuenca.

Asimismo, las condiciones ambientales observada en las estaciones de muestreo, evidencia condiciones óptimas en la parte alta y media de la microcuenca, debido a que gran parte del trayecto recorre zonas protegidas (Parque Natural Regional La Siberia y Parque Natural Municipal Luis Antonio Motta Falla), lo que reduce las presiones antropogénicas sobre los ecosistemas y el cauce; en cambio, las estaciones de la parte baja de la microcuenca, especialmente la que se ubica después del casco urbano, presenta un alto nivel de deforestación de sus riberas para dar paso a la agricultura intensiva, ganadería y zonas para urbanizar. Por otra parte, a causa de la avenida torrencial ocurrida en el mes de febrero, en general las estaciones ubicadas antes del casco urbano presentan una notable recuperación del ecosistema en comparación del punto de muestreo Viso, ubicada después del casco urbano.

Además, esta investigación constituye el primer reporte de la utilización de índices de contaminación e índices biológicos a través de macroinvertebrados bentónicos, registrando un total de 43 familias en la microcuenca Río Frío Campoalegre. Los parámetros físicos evaluados son variables, debido a la contaminación puntual del agua residual del casco urbano del municipio y la contaminación difusa de la agricultura intensiva en la parte baja de la microcuenca, estando por fuera de los límites permisible

parámetros como los sólidos, la turbiedad y la dureza, según el decreto 475 de 1998, principalmente en la estación Viso.

Al igual que los Índices de contaminación propuestos por Ramírez y Viña (1998-1999) mostraron que no existe “ninguna contaminación” (buena calidad del agua) o cambios bruscos en el pH (ICOpH) y en la contaminación por Mineralización (ICOMI) en las estaciones monitoreadas antes del casco urbano. Pero se encontró “contaminación media” y “alta” por sólidos suspendidos (ICOSUS) en todas las estaciones, al igual que la eutrofización por la contaminación por trofia (ICOTRO). Por otra parte, la estación Viso obtuvo valores “alto” y “muy alto”, en los índices de contaminación por mineralización y sólidos suspendidos. Estos comportamientos indican que las condiciones fisicoquímicas que se dan en la lámina de agua son adecuadas para el establecimiento y desarrollo de la biota acuática, en las estaciones E1, E2, E3 y E4, y desarrollo restringido de la vida acuática en la estación E5.

Igualmente, los resultados del Índice BMWP/Col se relacionan con los parámetros fisicoquímicos, puesto que la calidad del Río Frío obtuvo los mayores puntajes en las estaciones ubicadas antes del casco urbano, indicando generalmente “ligeramente contaminada” (clase II), concordando con los resultados fisicoquímicos e índices de contaminación, al igual que la estación Viso, encontrando “calidad del agua crítica” o clase V. Por el contrario, el ponderado ASPT revela factores de contaminación que no se registran en los resultados fisicoquímicos, ya que la calidad del agua de este índice oscilo entre la clase III “agua de calidad dudosa” y clase V “aguas de calidad crítica”.

Por consiguiente, este comportamiento demostró que las actividades humanas afectan directamente la calidad del agua en todas las estaciones de muestreo, pero los ecosistemas acuáticos ofrecen resistencia ante los factores de contaminación en las estaciones E1, E2, E3 y E4, por el contrario, en la estación E5, la contaminación por las aguas residuales supera la autodepuración que ofrece el río a las condiciones no deseada de contaminación.

De modo similar, el índice de Dípteros que se relaciona con la contaminación orgánica obtuvo los valores más bajos en las estaciones Pavas y Palmar y la puntuación más alta en la estación Viso, debido a la descarga de agua residuales al afluente, introduciendo materia orgánica al agua y debido a la poca capacidad de arrastre, estas partículas quedan en suspensión.

Por otro lado, El ICOBIO (índice de Contaminación Biótico) en el tramo comprendido entre las estaciones Piravante y Viso, se reportó niveles de contaminación alto y muy alto, en cuanto a los pares de estaciones continuas, esto debido al paso del cauce por el casco urbano de Campoalegre, arrojando al río grandes cantidades de residuos sólidos y aguas residuales; por el contrario, el tramo comprendido entre las estaciones Pavas y Palmar, arrojó los resultados de contaminación baja y media, esto considerando que las actividades antropogénicas disminuyen drásticamente por la zona dedicada a la protección de la bocatoma del acueducto, denominado Parque Natural Municipal “Luis Antonio Motta Falla”.

Estos resultados permiten concluir que al variar las condiciones ambientales del medio (fuentes de contaminación, Naturaleza y concentración del contaminante, capacidad de respuesta de los ecosistemas) son muy pocas las familias de macroinvertebrados resistentes que se adaptan a los cambios y sobreviven.

Por lo tanto, los resultados bióticos obtenidos a través de las comunidades bentónicas en este estudio demuestran que los macroinvertebrados acuáticos son buenos indicadores de la calidad del agua y que la metodología BMWP/Col es una herramienta fiable y puede ser utilizada para la evaluación ambiental de los sistemas acuáticos, ya que son métodos rápidos y no necesitan muchos costos.

En cuanto al periodo de intervención que correspondió a 6 secciones de clase y la salida de campo que se realizó durante toda la jornada, durante un lapso de tres semanas, es de destacar que durante las clases previas a la salida de campo, los estudiantes tenían una concepción muy restringida en cuanto a la característica y calidad

que debe presentar un río, así como la biodiversidad y problemáticas ambientales, ahora podemos afirmar que la gran mayoría de estudiantes al final de la salida de campo tienen una visión más amplia y enriquecida de la importancia de proteger los recursos hídricos, así como conocer las características ideales de un río para mantener la buena calidad del agua y la biodiversidad, principalmente de los macroinvertebrados, dado la relevancia para la bioindicación. El conocimiento de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos es aplicable en el contexto escolar, siendo fortalecido mediante la combinación de estrategias pedagógicas teórico prácticas con acciones lúdicas que fortalecen en los estudiantes temas ambientales contextualizados a su realidad social y ambiental.

De modo similar, durante el transcurso del desarrollo de la salida de campo, se recolectaron diferentes fuentes de información como cuestionarios, talleres, guía de campo, que permitieron sistematizar la información y hacer un acercamiento más profundo a las concepciones que tenía los estudiantes de los ecosistemas acuáticos y sus problemáticas ambientales antes, durante y después del desarrollo de las clases y la salida de campo, y poder llegar a concluir que los estudiantes tenían un conocimiento limitado de la preservación de los ecosistemas acuáticos, por lo tanto, las respuestas se diversificaron en el cuestionario final respecto al cuestionario inicial.

Finalmente, en el análisis cuantitativo con la T-Student, la prueba de muestras emparejadas la significancia bilateral fue de 0,000 por lo tanto, “Hay una diferencia significativa en las medias de los niveles de conocimiento y actitudes de conservación antes y después del tratamiento” y con relación a las prácticas de campo se evidenció un gran desarrollo en las habilidades de observación y registro de datos de los estudiantes, además de contribuir con la formación en actitudes favorables para la conservación de los recursos hídricos, permitiendo contrastar la teoría con la parte práctica, y la utilización favorables de aplicaciones móviles como GPS, Macroinvertebrados Río Frío y lupa, lo que permitieron un gran estímulo en el estudiante al adquirir nuevas destrezas, además de nuevo recursos que puede utilizar los maestros para la implementación de sus clases.

10. BIBLIOGRAFÍA

- 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.
- Álvarez-Arango, L. (2005). Metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Alcaldía de Campoalegre. (1999). Plan de Diagnostico Plan de Ordenamiento Territorial. Campoalegre-Huila.
- Alarcón, Y & Piñeros, I (1989). *Las salidas de campo como un recurso pedagógico. Modelo de una salida*. (Tesis de pregrado). Universidad de la Salle. Bogotá.
- Andrade-C., M. Gonzalo. (2011). Estado del conocimiento de la biodiversidad en Colombia y sus amenazas. consideraciones para fortalecer la interacción ciencia-política. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 35(137): 491-507.
- Amórtegui, E y Correa, M. (2012). Las prácticas de campo planificadas en el proyecto curricular de licenciatura de Biología. Universidad Pedagógica Nacional. Caracterización desde la perspectiva del conocimiento profesional del profesor de Biología. Primera edición. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Amórtegui Elías. (2014). Aproximación a las concepciones acerca de los trabajos prácticos en futuros docentes de ciencias naturales de la universidad Surcolombiana. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED, número extraordinario*: 1454-1463

- Amórtegui, E., García-Berlanga, O., & Catalán, V. (2017). Aportaciones de las Prácticas de Campo en la formación del profesorado de Biología: un problema de investigación y una revisión documental. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 32: 153-170.
- Ángel, L., & Ríos, M. (2015). *Percepciones sobre educación ambiental de estudiantes de primer semestre de Ingenierías de la Fundación Universitaria los Libertadores de Bogotá*. (Tesis en maestría). Universidad de Manizales, Bogotá, Colombia.
- Andreu, J. (2002). *Las técnicas de análisis de contenido: una revisión actualizada*. Sevilla: Fundación Centro de Estudios Andaluces.
- Aragónés, J., Sevillano, V., Cortés, B., & Amérigo, M. (2006). Cuestiones ambientales que se perciben como problemas. *Medio ambiente y comportamiento humano*, 7(2): 1-19.
- Arango, María Cecilia, Álvarez, Luisa Fernanda, Arango, Gloria Alexandra, Torres, Orlando Elí, & Monsalve, Asmed de Jesús. (2008). Calidad del agua de las quebradas la Cristalina y la Risaralda, San Luis, Antioquia. *Revista EIA*, 9: 121-141
- Arias Sandoval, L. (2009). La identidad nacional en tiempos de globalización. *Revista Electrónica Educare*, 13(2): 7-16.
- Aznar, A. (2000). Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas. *Gestión Ambiental*, 2 (23): 12-19.
- Barba-Álvarez, R., De la Lanza-Espino, G., Contreras-Ramos, A., & González-Mora, I. (2013). Insectos acuáticos indicadores de calidad del agua en México:

casos de estudio, ríos Copalita, Zimatán y Coyula, Oaxaca. *Revista mexicana de biodiversidad*, 84(1): 381-383.

Barón, N. 2014. *Actitudes hacia la conservación de la biodiversidad: un estudio de caso con estudiantes de tercero medio de la región metropolitana de Santiago* (Tesis para obtener el título de magister). Universidad de Chile, Santiago de Chile.

Bencomo, A., Cárdenas, Y., Marín, H., Rodríguez, D., Sánchez, D., Villalobos, Y. (2010). Tipos de investigación. Instituto Universitario de Tecnología de Maracaibo. Maracaibo, Venezuela. Recuperado de: https://es.slideshare.net/YACARLA/tipos-de-investigacion-5638190?next_slideshow=1

Bordehore, C. (2001). Problemas ambientales, problemas humanos. En A. Aledo, J. Domínguez (Drs), *Sociología ambiental*. Granada, España: Grupo editorial universitario.

Campos, I. 2003. Saneamiento Ambiental. Primera reimpresión de la primera edición. San José, Costa Rica: EUNED

Cacheiro, M; Sánchez, C & Gonzales, J (Coords). (2016). Recursos tecnológicos en contextos educativos. Madrid: UNED.

Cañón, Y. (2015). *Diseño de una propuesta pedagógica para la enseñanza del concepto bioindicación a través de un programa guía de actividades (PGA) tomando como ejemplo un río de alta montaña* (Trabajo de grado para optar el título de Magister). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

Carpo, M. 2007. Principios de ecotoxicología: Diagnóstico, tratamiento y gestión del medio ambiente. Madrid-España: Tébar.

- Carrera-Reyes, C. y K. Fierro-Peralbo. (2001). Manual de monitoreo. Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. Quito, Ecuador: EcoCiencia
- Castro, J. & Valbuena E. 2007. ¿Qué biología enseñar y cómo hacerlo? Hacia una resignificación de la Biología escolar. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 126-145.
- COLOMBIA. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Educación Nacional (2012). Ley 1549.
- COLOMBIA. Ministerio de Educación Nacional (1994). Ley 115 General de Educación.
- COLOMBIA. Ministerio de Educación Nacional (1194). Decreto 1743 Proyecto de Educación Ambiental para todos los niveles de educación formal.
- Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM). 1999. Esquema de ordenamiento territorial municipio de Campoalegre. Neiva-Huila.
- Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM). 2013. Informe de gestión. Neiva-Huila.
- Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM). 2015. Informe de gestión. Neiva-Huila.
- Corporación Autónoma Regional del Tolima (CORTOLIMA). 2008. Macroinvertebrados 2. Ibagué-Tolima.
- Darrigran, G., Vilches, A., Legarralde, T., & Damborenea, C. (2007). Guía para el estudio de macroinvertebrados: Métodos de colecta y técnicas de fijación. *ProBiota-FCN & M-UNLP, Serie técnica didáctica 10*: 1-84.

De Armas, N., Verde, R., & Fernández, N. (2010). Dos formas de orientar la investigación en la educación de postgrado: lo cuantitativo y lo cualitativo. *Pedagogía Universitaria*, 15(5).

Departamento de ciencias de la construcción. (2010). Pautas generales para realiza seminarios de investigación en ciencias de la construcción. Santiago, Chile: Universidad de Chile.

Departamento de ecología. (2004). Prácticas de Ecología. Métodos de investigación en Ecología. Madrid, España: Universidad de Alcalá.

Echarri, L. (1998). *Ciencias de la tierra y del medio ambiente*. Disponible en <http://www4.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/11CAgu/100CoAcu.htm>

Echegaray, K. (2013). *Salidas de campo como recurso en la enseñanza de ciencias en bachillerato. Una propuesta para 'ciencias de la tierra y medioambientales del 2º curso*. (Tesis en master). Universidad internacional de La Rioja, Bilbao, España.

Espejel Rodríguez, Adelina, & Flores Hernández, Aurelia. (2012). Educación ambiental escolar y comunitaria en el nivel medio superior, Puebla-Tlaxcala, México. *Revista mexicana de investigación educativa*, 17(55), 1173-1199.

Fernández, N., Solano, F., Ramos, G. (2003). ICATEST V1.0. Una herramienta útil en la valoración de la calidad del agua. *Revista Bistua*, 3: 88-95.

Fernández, N & Solano, F. (2005). Índices de Calidad y de Contaminación del Agua. Pamplona-Norte de Santander: Universidad de Pamplona.

- Figueroa, R., Valdovinos, C., Araya, E., & Parra, O. (2003). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. *Revista chilena de historia natural*, 76 (2), 275-285.
- Fosalba, C., Goyenola, G., Iglesias, C., Mazzeo, N., Meerhoff, M & Umpiérrez, S. (2007). Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos RED MAPSA Versión 1.0. Montevideo, Uruguay: Grupo de Investigación en Ecología Básica y Aplicada de la Asociación Civil sin Fines de Lucro Investigación y Desarrollo.
- Galar, P. (2014). *Análisis de la calidad de aplicaciones educativas para dispositivos móviles*. (Tesis de pregrado). Universidad de la Rioja. Logroño-España.
- García Álvarez, N., & Trujillo Alonso, B., & Pérez Duarte, W. (2010). Propuesta metodológica para mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje de la asignatura Calidad del Agua. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19 (1): 85-88.
- Gil, L. (2014). *Determinación de la calidad del agua mediante variables fisicoquímicas, y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la cuenca del Río Garagoa*. (Tesis de postgrado). Universidad de Manizales, Manizales, Colombia.
- Gobernación del Huila. (2009). Parque Natural Regional La Siberia. Neiva, Huila: Cultura y turismo. Recuperado de: <http://huila.gov.co/1360-cultura-y-turismo/aire/37558-parque-natural-regional-siberia---37558>
- Guerrero-Bolaño, F., Manjarrés-Hernández, A., & Núñez-Padilla, N. (2003). Los macroinvertebrados bentónicos de Pozo Azul (cuenca del río Gaira, Colombia) y su relación con la calidad del agua. *Acta Biológica Colombiana*, 8(2): 43-55.

- Gutiérrez, J. D., Riss, W., & Ospina, R. (2004). Lógica difusa como herramienta para la bioindicación de la calidad del agua con macroinvertebrados acuáticos en la Sabana de Bogotá-Colombia. *Caldasia*, 26 (1): 161-172.
- Gutiérrez, S.I. (2017). *Biodiversidad de familias de macroinvertebrados acuáticos en 8 ambientes lóticos del norte del Huila*. (Tesis de maestría). Neiva, Huila. Universidad Surcolombiana. Facultad de Ingeniería.
- Hernández, K & Ramírez, R. (2016). *Evaluación y valoración de la calidad del agua para consumo humano del río Algodonal entre los municipios de Abrego y Ocaña, Norte de Santander* (Tesis de pregrado). Universidad Francisco de Paula Santander, Ocaña
- Hernández, R.; Fernández, C. Y Baptista, P. (2006) Metodología de la Investigación (4ª Edic). México: McGrall Hill.
- Hernández, R.; Fernández, C. Y Baptista, P. (2014) Metodología de la Investigación (6ª Edic). México: McGrall Hill.
- IANAS-UNESCO. (2015). Desafíos del agua urbana en las Américas: perspectivas de la academia de las Ciencias. 2015: IANAS.
- Instituto Alexander von Humboldt. 2016. Recomendación para la delimitación, por parte del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, del Complejo de Páramos Los Picachos a escala 1:25.000. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt – Fondo Adaptación.
- Jiménez María, Camacho Aureli, Oñorbe Ana, Pedrinaci Emilio y De pro Antonio. (2009). España: Enseñar Ciencias. Serie didáctica de las Ciencias Experimentales.

- Ladrera, R., Rieradevall, M., & Prat, N. (2013). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos: una herramienta didáctica. *Ikastorratza. E-Revista de Didáctica I*: 1-18.
- Legarralde, T. I., Martín, V. A., & Darrigran, G. (2009). El Trabajo de Campo en la formación de los profesores de Biología: una estrategia didáctica para mejorar la práctica docente. *II Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales. Actas II*: 165-170.
- León, V. 2014. *Composición y estructura de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y calidad biológica del agua en la microcuenca de la quebrada Los Micos, Neiva Huila*. (Tesis de postgrado). Universidad Surcolombiana, Neiva-Huila.
- López-Barajas, E. (2004). La observación participante. En Perea, R (Ed.), *Educación para la salud:(reto de nuestro tiempo)*, (437-450). Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos.
- Lozano, L; (2005). La bioindicación de la calidad del agua: importancia de los macroinvertebrados en la cuenca alta del río Juan Amarillo, cerros orientales de Bogota. *Umbral Científico*: 5-11.
- Machado, T.A. (1989). *Distribución ecológica e identificación de los coleópteros en diferentes pisos altitudinales del departamento de Antioquia*. (Tesis de maestría). Medellín: Universidad de Antioquia. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.
- Mendieta, M & Gutiérrez, G. (2014). Actitudes ambientales hacia el agua, una exploración en estudiantes del municipio de Ventaquemada (Boyacá). *Luna Azul*, 39: 40-62.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). Instrumento de planificación regional. Bogotá, Colombia. Corporaciones autónomas regionales recuperado:<http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/885-plantilla-areas-planeacion-y-seguimiento-33#documentos-de-interes>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Bogotá, Colombia: Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.

Ministerio de Educación. (2004). Formar en Ciencias: ¡el desafío! Lo que necesitamos saber y saber hacer. Bogotá, Colombia. Colombia aprende recuperado:http://www.colombiaprende.edu.co/html/mediateca/1607/articles-73366_archivo.pdf

Ministerio de Educación. (2006). Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas. Bogotá, Colombia. Colombia aprende recuperado de:
http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-340021_recurso_1.pdf

Ministerio de Educacion. (2016). Derechos Basicos de Aprendizaje. Volumen 1. Bogota, Colombia. Santillana recuperado de:
http://www.santillana.com.co/www/pdf/dba_cie.pdf

Montoya, L., Silva, S. & González, J. (2009). Evaluación de Zonas de Amenaza por Avenidas Torrenciales Utilizando Metodologías Cualitativas. Caso de Aplicación a la Quebrada Doña María. *Revista de Ingenierías*, 8 (15): 11-29.

Mora, D. (2009). Agua. San José, Costa Rica: EUNED.

- Morales, E. (2011). *¿Qué es un bioindicador? Aprendiendo a partir del ciclo de indagación guiada con macroinvertebrados bentónicos. Propuesta Metodológica* (Trabajo de grado para optar el título de Magister). Universidad Nacional de Colombia. Leticia.
- Moreno, F. (2012). *Diseño de un manual guía del docente para el estudio limnológico de ecosistemas acuáticos para el fortalecimiento de conceptos científicos en estudiantes de educación media* (Trabajo de grado para optar el título de Magister). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Moreno, Y., Trujillo, F., Murcia, V. (2015). Evaluación de la calidad de agua en el canal La Ovejera Campoalegre-Huila, empleando bioindicadores acuáticos. *Revista Agropecuaria y Agroindustrial La Angustura*, 2 (2): 23-28
- Oliva, J. M. (2011). Dificultades para la implicación del profesorado de educación secundaria en la lectura, innovación e investigación en didáctica de las ciencias (I): el problema de la inmersión. *Revista Eureka sobre Enseñanza y DIVULGACIÓN de las Ciencias*, 8(1): 41-53.
- Organización de la Naciones Unidas (ONU). (2015). Implementación de mejoras para la calidad de agua y protección de servicios ecosistémicos. Nota informativa. Recuperado en noviembre 1 del 2017, de conferencia anual de ONU- Agua en Agua y desarrollo sostenible, Zaragoza: De la Visión a la acción. Recuperado del sitio web: http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/waterandsustainabledevelopment2015/pdf/04%20risk_water_quality_esp_web.pdf
- Oscos, J., Leunda, P. M., Miranda, R., & Escala, M. C. (2005). Calidad biológica de las aguas en el río Erro (Navarra, N España) (2001-2002). *Ecología*, 19: 59-74.

- Paredes, C., Iannacone, J & Alvarino, L. (2005). Uso de macroinvertebrados bentonicos como bioindicadores de la calidad de agua en el río Rimac, Lima-Callao, Peru. *Revista Colombiana de Entomología*, 31(2): 219-225.
- Pinheiro, S.M., Ferraz de Queiroz, J. y Boeira, R.C. 2004. protocolo de Coleta e Preparação de Amostras de Macroinvertebrados Bentônicos em Riachos. Brasil: Comunicado Técnico 19, Ministerio de Agricultura.
- Prat, N.; Ríos, B.; Acosta, R.; & M. Rieradevall. (2009). Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. En: E. Domínguez y H.R. Fernández (Eds). *Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos*. Publicaciones Especiales. Fundación Miguel Lillo. San Miguel de Tucumán. Argentina 631-654.
- Ramírez, Alonso. (2010). Capítulo 2: Métodos de recolección. *Revista de Biología Tropical*, 58 (4): 41-50.
- Ramírez, A. y Viña, V. 1998. Limnología Colombiana. Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis. Bogotá: Panamericana.
- Rengifo, B., Quitiaquez, L., & Mora, F. J. (2012). La educación ambiental una estrategia pedagógica que contribuye a la solución de la problemática ambiental en Colombia. *XII Coloquio Internacional de Geocrítica. Independencias y construcción de Estados Nacionales: poder, territorialización y socialización, siglos XIX-XX*. Facultad de Ciencias Humanas Departamento de Geografía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Rodríguez, C & Amórtegui, E. (2012). Prácticas de campo como estrategia de enseñanza de la biodiversidad en alumnos de básica secundaria del colegio

Champagnat: planteamiento del problema. *Revista EDUCyT, Vol. Extraordinario: 142-162.*

Roldán-Pérez, G. (1988). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.

Roldán-Pérez, G. (1999). Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Academia Colombiana de Ciencia, 23(88): 375-387.*

Roldán-Pérez, G. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: propuesta para el uso del BMWP/Col. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.

Roldán-Pérez, G y Ramírez, J. (2008). Fundamentos de limnología neotropical. Segunda edición. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.

Roldán-Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 40 (155): 254-274.*

Rueda, J & Lopez, C. (2003). Valoración de la calidad biológica de los ríos. Claves de identificación para la enseñanza secundaria. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, 17: 107-123*

Sánchez, M. 1987. *Estudio de dinámica ecológica en comunidades de insectos bentónicos del río las Ceibas.* (Tesis de Magíster). Universidad de los Andes. Bogotá.

- Sánchez, M & León, V. (2004). Evaluación de Condiciones Ambientales y Caracterización de Comunidades Acuáticas en el Río Baché. *Ingeniería y Región*, 3: 8-18
- Sánchez, O; Herzig, M; Peters, E; Márquez, R; Zambrano, Z. (2007). Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. México: Instituto Nacional de Ecología.
- SERCOIN. 2014. Evaluación meteorológica, hidrológica y estimación de caudales cuenca del Río Frío Campoalegre. Campoalegre-Huila.
- SERCOIN. 2015. Reformulación Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT). Campoalegre-Huila.
- Soto, L. (2011). Síntesis investigación y tipos de investigación. Universidad Galileo. Ciudad de Guatemala, Guatemala. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/lili369/investigacin-y-tipos-de-investigacin>
- Suarez, L. 2016. *Bioindicación de calidad del agua de la quebrada “La Cruz” a partir del uso de algunos macroinvertebrados bentónicos y metodología BMWPC*. (Tesis de pregrado). Universidad Surcolombiana, Neiva-Huila.
- Tarbuck, E., Lutgens, F., y Tasa, D. (2005). Ciencias de la tierra. Una introducción a la geología física. Madrid, España: Pearson Educación
- Torres, D. (2008). Diagnóstico de la calidad del agua de la Microcuenca Sancotea Socorro - Santander. *Ingenio Libre*, 7: 54-66.
- Toro, J. (2005). Educación ambiental: una cuestión de valores. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia: sede Caribe.

- UNESCO. 1983. Educación ambiental: modulo para la formación de profesores de ciencias y de supervisores para escuelas secundarias. Santiago, Chile: Unesco-PNUMA Programa Internacional de Educación Ambiental. Recuperado de: <http://unesdoc.unesco.org/images/0007/000714/071480so.pdf>
- Valbuena, E. (2007). *El Conocimiento Didáctico del Contenido Biológico. Estudio de las concepciones disciplinares y didácticas de futuros docentes de la Universidad Pedagógica Nacional (Colombia)*. (Tesis de postgrado). Universidad Complutense de Madrid.
- Valverde, T., Meave, J., Carabias, J., Cano-Santana, Z. (2005). *Ecología y medio ambiente*. México: Pearson Educación
- Velasco Páez, F. J. (2003). Globalización, desarrollo sustentable e identidad cultural. *Compendium*. (1)
- WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas). 2017. *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017. Aguas residuales: El recurso desaprovechado*. París, UNESCO.

ANEXOS

ANEXO 1. CARACTERIZACIÓN Y VALORACIÓN DE CALIDAD DEL HÁBITAT

REGISTRO DE CAMPO PARA CALIDAD DE HÁBITAT																					
PARAMETRO	CONDICION																				
	POBRE					MARGINAL					SUBÓPTIMO					ÓPTIMO					
1. Sustrato disponible para colonización	Menos del 10% de hábitat estable; escasez de hábitat evidente; sustrato inestable o no existente.					10-30% de mezcla de hábitat estable; disponibilidad de hábitat baja; sustrato frecuentemente removido o perturbado.					30-50% mezcla de hábitats estables, adecuados para colonización total; hábitat adecuado para mantenimiento de poblaciones; presencia de sustrato adicional en recientemente caído (puede quedar al final de la escala)					Más del 50% del sustrato favorable para colonización de epifauna y cobertura para peces: mezcla de "obstáculos", troncos, huecos en la orilla, piedras y otros hábitats estables y en un estado que permitan un total potencial de colonización (que no sean nuevos o transitorios).					
Puntaje	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	9	20
2. Colmatación de espacios entre las piedras	La grava y las piedras están rodeadas en más de un 75% por sedimento fino					50 a 75% de la grava y las piedras están rodeadas por sedimento fino					25 a 50% de la grava y las piedras están rodeadas por sedimento fino					0 a 25% de la grava y las piedras están rodeadas por sedimento fino. Las capas de piedras y grava proveen diversidad de espacios para la biota					
Puntaje	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	9	20
3. Combinaciones de velocidad y profundidad	Dominado sólo por una combinación					Sólo dos de las cuatro combinaciones se encuentran presentes. Si faltan zonas bajas-rápidas, y bajas-lentas se da menor puntaje					Sólo tres de las cuatro combinaciones se encuentran presentes. Si faltan zonas bajas rápidas, se da menor puntaje que si faltan otras combinaciones.					Todas las combinaciones presentes (profundas-rápidas, profundas lentas, bajas -rápidas, bajas lentas)					
Puntaje	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	9	20
4. Deposición de sedimentos	Grandes depósitos de material fino, mayor desarrollo de acumulaciones; más del 50% del fondo cambiando frecuentemente. Piscinas casi ausentes debido a la deposición de sedimentos.					Deposición moderada de nueva grava, arena o sedimento fino, o nuevas y viejas acumulaciones; 30-50% del fondo afectado; depósitos de sedimento en las obstrucciones o curvas; deposición moderada en piscinas.					Nuevo incremento en la acumulación, principalmente de grava, arena o sedimento fino; 5-30% del fondo afectado; leve deposición en piscinas.					Poco o ningún incremento de islas o acumulaciones; menos del 5% del fondo afectado por deposición de sedimentos.					
Puntaje	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	9	20

Anexo 1. Caracterización y Valoración de calidad del hábitat (continuación)

5. Alteración del cauce	Bancos modificados con gavión o cemento; más del 80% del tramo canalizado y modificado. Estructuras del hábitat altamente alteradas o eliminadas totalmente.	Canalización puede ser extensiva; estructuras presentes en ambos lados del canal; y 40 a 80% del tramo canalizado y modificado.	Alguna canalización presente, usualmente bajo puentes; evidencia de canalización en el pasado. No hay evidencia de canalización reciente.	Canalización o drenaje ausente o mínima; corriente con patrón normal.
Puntaje	0 1 2 3 4 5	6 7 8 9 10	11 12 13 14 15	16 17 18 9 20
6. Frecuencia de áreas con turbulencia	Agua sin turbulencias. La proporción de la distancia entre áreas con turbulencia y ancho de la quebrada es mayor de 25:1.	Turbulencias o curvas ocasionales. La proporción distancia entre áreas con turbulencia y ancho de la quebrada es entre 15:1 y 25:1.	Ocurrencia de turbulencias no tan frecuente. La proporción entre distancias áreas con turbulencia y ancho de la quebrada es entre 7:1 y 15:1.	Ocurrencia de turbulencias relativamente frecuentes. La proporción distancia entre áreas con turbulencia y ancho de la quebrada es menor de 7:1
Puntaje	0 1 2 3 4 5	6 7 8 9 10	11 12 13 14 15	16 17 18 9 20
7. Estabilidad de orillas (puntaje para cada lado). Los bancos derechos e izquierdo se determinan mirando aguas abajo)	Inestable; muchas áreas erosionadas. Áreas de erosión abierta frecuentes; Evidente desmoronamiento de la orilla. 60-100% de la orilla presenta focos de erosión actual o reciente	Moderadamente inestable. 30-60% de la orilla en el tramo tiene áreas de erosión; alto potencial de erosión durante crecientes.	Moderadamente estable. Áreas de erosión pequeñas poco frecuentes y reparadas. 5-30% de la orilla tiene algunas áreas de erosión.	Orillas estables mínima o ninguna evidencia de erosión o falla. Poco potencial para futuros problemas. Menos del 5% de la orilla afectada.
Puntaje MI	0 1 2 3 4 5	6 7 8 9 10	11 12 13 14 15	16 17 18 9 20
Puntaje MD	0 1 2 3 4 5	6 7 8 9 10	11 12 13 14 15	16 17 18 9 20
8. Protección vegetal de las orillas	Menos del 50% de las superficies de la orilla cubiertas por vegetación; muy alta perturbación de la vegetación de la orilla; la vegetación ha sido cortada hasta 5 cm o menos en altura.	50-70% de las superficies de la orilla cubiertos por vegetación; perturbación evidente; son comunes los parches de suelo descubierto o vegetación a ras; plantas con menos de la mitad de la altura potencial presente.	70-90% de las superficies de la orilla cubiertas por vegetación nativa, pero una clase de plantas no está bien representada; perturbación evidente pero no afecta mayormente el crecimiento normal de las plantas; plantas con más de la mitad de la altura potencial	Más del 90% de las superficies de la orilla y la zona ribereña inmediata cubiertas por vegetación nativa incluyendo árboles, arbustos y macrófitas; perturbación de la vegetación a través de pastoreo o corte, mínima o no evidente. Crecimiento natural de las plantas.
Puntaje MI	0 1 2 3 4 5	6 7 8 9 10	11 12 13 14 15	16 17 18 9 20
Puntaje MD	0 1 2 3 4 5	6 7 8 9 10	11 12 13 14 15	16 17 18 9 20

Anexo 1. Caracterización y Valoración de calidad del hábitat (continuación)

9. Zona de vegetación riberaña	Ancho de la zona riberaña menos de 6 m.; Poca o ninguna vegetación riberaña.	Ancho de la zona riberaña de 6 a 12 m.; Impacto considerable de actividades humanas.	Ancho de la zona riberaña de 12 a 18 m.; mínimo impacto de actividades humanas.	Ancho de la zona riberaña mayor de 18 m.; ningún impacto por actividades humanas (corte, agricultura, carreteras, etc.)
Puntaje MI	0 1 2 3 4 5	6 7 8 9 10	11 12 13 14 15	16 17 18 9 20
Puntaje MD	0 1 2 3 4 5	6 7 8 9 10	11 12 13 14 15	16 17 18 9 20
Puntaje Total	0 1 2 3 4 5	6 7 8 9 10	11 12 13 14 15	16 17 18 9 20

ANEXO 2. VALIDACIÓN DEL CUESTIONARIO

Autores: Francisco Medellín Cadena, Julio César González y Jonathan Andrés Mosquera. Nota: A (Adecuado), NA (No adecuado).

PREGUNTA	Indaga		Claridad		Lenguaje		Redacción		COMENTARIOS
	Si	No	Si	No	NA	A	NA	A	
¿Qué es un río? menciona cuáles son sus características.	X X	X	X X			X X		X X	Es difícil decir que una pregunta como la enunciada pueda indagar "ideas" pues tales presentan estructuras que pueden estar asociada a la memoria. Tal vez el enunciado pueda estar dando cuenta de la memoria episódica no relacional pero no creo que de una estructura como la memoria semántica la cual involucra ideas.
Juan y Camilo pasean por un camino hacia la montaña. Camilo sugirió bañarse en el río, puesto que a esa hora de la tarde el calor era intenso. Juan recordó que en el periódico de la región se publicó un artículo titulado: "río abastecedor del acueducto presenta graves problemas de tipo de fisicoquímicos", el no leyó el artículo, pero pensó que si entraban al agua podían tener graves problemas de salud. ¿cuáles cree que podrían ser las condiciones fisicoquímicas del río?	X X X		X X	X	X	X X	X	X X	<p>Establece una relación con el contexto y hace relacionar lo intuitivo con lo leído, no estaría seguro de que solo de esta pregunta se podría sacar las ideas previas sobre conservación, pero se debería triangular con otras preguntas</p> <p><i>Para la expresión "presenta graves problemas de tipo de fisicoquímicos" sugiero cambiarla por "presenta graves problemas fisicoquímicos". En la pregunta: "¿cuáles cree que podrían ser las condiciones fisicoquímicas del río?" Crees, Si se tutea en una pregunta como la primera al decir "Menciona" y no "Mencione" se debe utilizar el mismo lenguaje en todo el texto.</i></p> <p>Mejorar la redacción de la pregunta, además decir aspectos fisicoquímicos, de una vez es reducir las opciones de respuesta, es mejor el contexto más abierto.</p>
La flora y fauna asociada a un río determina en gran parte la calidad biológica y fisicoquímica de sus aguas. El Río Frío de Campoalegre presentó una gran perturbación debido a una avalancha, cinco meses después, el alcalde del municipio visitó la zona afectada y está preocupado por la poca biodiversidad existente en la zona. ¿cuál consideras que es la biodiversidad del Río Frío?	X X	X	X X	X	X	X X		X X	<p>Es una pregunta que relaciona la memoria de ideas (iedetica) con la semántica relacional, aunque presenta direccionalidad</p> <p>Creo que la pregunta no tiene finalidad alguna, si bien están hablando de un fenómeno socioambiental que ocurrió hace unos meses en la zona, no creo que los estudiantes tengan elementos para responder, y además la primera parte es confusa, sería mejor poner en juicio o a valoración, las actitudes conservaciones de los estudiantes como prevenir esos procesos que afectan la biodiversidad.</p>

Anexo 2. Validación del cuestionario (continuación).

PREGUNTA	Indaga		Claridad		Lenguaje		Redacción		COMENTARIOS
	Si	No	Si	No	NA	A	NA	A	
Eres un estudiante muy curioso y con tu grupo de amigos quieres determinar cuál es la calidad del Río Frío después de la avalancha. ¿qué condiciones debe presentar el río para tener una calidad óptima?	X X X		X X X			X X X		X X X	Se debe tener presente las diferentes ideas de calidad de agua. calidad ecológica y calidad de consumo, las cuales no tienen nada que ver con la presencia de macroinvertebrados y su biodiversidad
El gerente de una planta de bebidas capta de manera legal agua del río para poder producir gaseosas y jugos naturales. Las autoridades ambientales le otorgaron el permiso, siempre y cuando todos los residuos que vayan a depositar de nuevo en el río presenten una calidad óptima. El alcalde del municipio te contrata para que supervises que la empresa está cumpliendo con lo pactado ¿Cómo determinas que el agua depositada es de buena calidad y no afecta las condiciones naturales del afluente?	X X X		X X	X		X X X	X	X X	El mismo comentario de la pregunta pasada
<u>La secretaria de ambiente del municipio de Campoalegre, al ver que tu grupo de amigos liderado por ti tienen muchas ganas de investigar sobre las condiciones biológicas y fisicoquímicas del Río Frío, te asignan para que lleves un informe detallado a la alcaldía acerca de:</u> ¿Qué problemas ambientales creen que hay en el Río Frío? ¿Qué estrategias proponen para resolver las problemáticas ambientales del Río Frío?	X X X		X X X			X X X		X X X	Sugiero que se pueda mirar la pregunta no en términos de problemas ambientales sino situaciones ambientales presentes

ANEXO 3. CARTILLA

Conociendo el Mundo de los Macroinvertebrados Acuáticos



Desde nuestro Colegios e Instituciones



Todo proceso en el cual se fomente actitudes de conservación debe influir en la acción positiva sobre los sistemas acuáticos con el fin de modificar actitudes desfavorables con el entorno. La bioindicación es una herramienta que permite tener una evaluación completa de la calidad del agua y el impacto generado por las actividades humanas, puesto que permite determinar las afectaciones por distintos contaminantes, debido a la sensibilidad que tienen los organismos bioindicadores.

La bioindicación se puede aunar en las instituciones educativas por medio de las prácticas de campo, dado que es una estrategia que permite conocer el estado del río, colectando macroinvertebrados acuáticos y mediante sus propias observaciones proponga soluciones y genere su postura crítica frente a la conservación de los recursos hídrico.

Luis Fernando Suaza y Cristian Felipe Suaza

Conociendo el Mundo de los Macroinvertebrados Acuáticos



Desde nuestro Colegios e Instituciones

Luis Fernando Suaza y Cristian Felipe Suaza

5

Contenidos

- 1. Presentación**
- 2. Actitudes de conservación**
- 3. Preparando la Salida de Campo**
- 4. ¿Qué hacer en la Salida de Campo?**
- 5. Aplicando lo aprendido**

6

Presentación

Las investigaciones sobre la calidad de agua y el estado ecológico de los afluentes han tenido gran relevancia en las últimas décadas, debido a la gran contaminación derivada del manejo irregular e irresponsable del recurso hídrico, por eso, es necesario buscar alternativas en la enseñanza de la ciencia, fomentando el conocimiento y actitudes de conservación en los estudiantes hacia la sostenibilidad de los recursos hídricos.

En esta cartilla el lector podrá encontrar una propuesta didáctica, que consiste en la planificación de una práctica de campo y actividades lúdico-pedagógicas. Los temas principales a desarrollar son: la Interacción del hombre con los recursos hídricos, los parámetros fisicoquímicos, la bioindicación con macroinvertebrados acuáticos, la guía de campo y por último la identificación de los individuos colectados para determinar la calidad biológica del agua.

Esta propuesta tiene como objetivo generar actitudes de conservación en los estudiantes como una estrategia de concientización ambiental, de manera que los estudiantes mediante la educación y sus propias observaciones respeten los ecosistemas y generen una postura ambientalista frente a la conservación del recurso hídrico.

7

Actitudes de Conservación

Las actitudes ambientales son el producto de una percepción y valoración social y están conformadas por componentes afectivos, cognitivos y disposicionales de los habitantes hacia el ambiente. Además, sintetizan la orientación favorable o desfavorable de los individuos hacia el objeto de estudio.

Para crear una orientación favorable, deben elaborarse y aplicarse programas de información y educación pública apropiados. Entre las medidas específicas pueden incluirse la elaboración de planes de estudios primarios y secundarios orientados especialmente a sensibilizar a los estudiantes para propiciar un cambio de actitud hacia los recursos hídricos. En busca de este propósito, el desarrollo de la práctica de campo se divide en 3 momentos: Preparando la salida de campo, ¿Qué hacer en la salida de campo? y Aplicando lo aprendido.

En la clase previa, se introduce toda la temática a trabajar de una manera didáctica para atraer la atención de los estudiantes, seguidamente se explican todo lo referente a la salida de campo con el fin de que los estudiantes entiendan el tema a trabajar; y finalizando, se evalúa por medio de actividades lúdico-pedagógicas.

8

Preparando la Salida de Campo



9

La llave que gotea



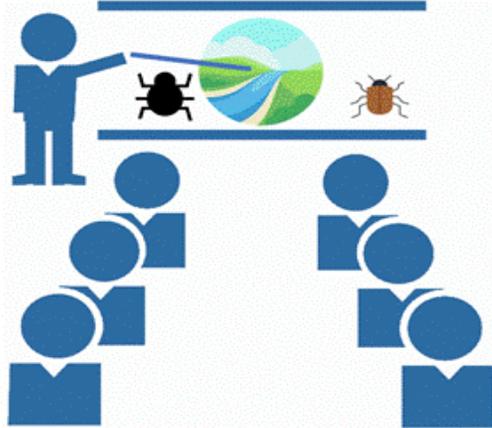
Descripción: El experimento consiste en dejar un recipiente abajo de un grifo averiado por media o una hora. Seguidamente con cálculos matemáticos establecer cuánta agua se desperdicia a lo largo de un año.

Nota: Si no encuentra una llave averiada en la Institución Educativa, abra lentamente el grifo hasta que comience a gotear. Por ultimo después de haber hecho los cálculos, utilice el agua para regar una planta.

Finalidad: Esta actividad, se realiza con el fin de enseñar a los estudiantes la importancia de los recursos naturales y como por descuidos o mala gestión del recurso hídrico el agua “gota a gota se agota”.

10

Clase Magistral



La clase magistral se lleva a cabo, aplicando la estrategia pregunta-respuesta, para integrar a los estudiantes a la dinámica de la clase y fomentar la participación, puesto que ellos tienen un vasto conocimiento o ideas referentes a los recursos hídricos por la interacción en la vida diaria.

Las temáticas a tratar por parte de docente son las siguientes:

1. ¿Qué es el agua y como se relaciona con el ser humano?

El agua es una molécula fundamental para el mante-

11

nimiento de la vida, sin embargo solo la 2/3 partes del planeta tierra esta cubierta por agua, de toda la hidrosfera existente menos de 1% está disponible para consumo humano. El ciclo del agua pone el recurso en circulación y la conserva, pero por las actividades humanas en cercanía a las riberas de los ríos, este ciclo se esta alterando.

2. El recorrido del agua

Los ríos de montaña o de alto gradiente se consideran en buen estado cuando se observa la combinación de rápidos, corriente y piscina o remanso. Por otro lado, el agua circula mas eficientemente si la escorrentía pasa por una cobertura vegetal amplia, puesto que limita la penetración de los rayos del sol en la superficie del agua y evita una evaporación excesiva; además de impedir que los contaminante entren directamente al cauce del río y así poder mantener la vida acuática. Estas corrientes forman redes fluviales formando cuencas hidrográficas para finalmente desembocar en el mar.

3. ¿Cuál es el origen del río?

Un río inicia en los manantiales productos de las aguas subterráneas, que por filtración del agua de lluvia al suelo, crea depósitos subterráneos que lue-

12

go emergen en forma de manantial; pero por las perturbaciones humanas y la tala de bosque, este proceso está disminuyendo paulatinamente dejando sin suministro de agua a los ríos. Los ríos están conformado por una cuenca, cuenca cercana, ribera, cobertura vegetal lateral, bancos y zona inundables.

4. Causas de contaminación en los ríos.

La causa de los contaminantes son las actividades humanas que no respetan los límites ambientales de los ecosistemas acuáticos.

5. ¿Qué es el monitoreo y para qué sirve?

Así como vas al médico para la realización del chequeo, los afluentes necesitan un diagnóstico para saber qué tan enfermos están, esto se hace a través de estudios para observar las alteraciones que ha sufrido el río.

6. ¿Qué es la bioindicación?

Para un ecólogo experimentado con tan solo visitar el área de estudio y observar los organismos existentes se hace una idea de cual es la calidad del sistema, puesto que algunos organismos acuáticos son sensi-

13

bles a los contaminantes y tienden a desaparecer cuando las condiciones del agua no son óptimas para su desarrollo, por el contrario, otros organismos son muy tolerantes a los contaminantes lo que nos indica que el sistema tiene una alteración o perturbación.

7. Aspectos principales de los macroinvertebrados acuáticos.

Aunque hay muchos organismos en el agua, los estudiantes por lo general desconocen a estos diminutos bioindicadores. Están compuestos principalmente por artrópodos (insectos), aunque también incluyen crustáceos y caracoles, entre otros.

Concurso fisicoquímico

Descripción: Para esta actividad se sugiere dividir a los estudiantes en grupos para fomentar el trabajo colaborativo entre ellos. Esta actividad resulta muy atractiva para los estudiantes, dado que van a pensar y aprender los principales parámetros fisicoquímicos. El concurso consiste en presentar un texto con palabras claves, de tal modo que los estudiantes relacionen a que prueba fisicoquímica se esta haciendo referencia.

14

Nota: Es importante que los grupos sean máximo de tres estudiantes.

Finalidad: Los parámetros fisicoquímicos del agua muy pocas veces se dictan en la educación secundaria, por ende, actividades como la anterior permiten la fácil y dinámica explicación, donde los estudiantes relacionan algunos aspectos de los parámetros fisicoquímicos con lo que han visto en sus clases de Química y Física.

1. Presencia de materiales vegetales
2. Aspecto importante en consideraciones estéticas
3. No afecta a los organismos de manera directa
4. Es una medida visual

Puede ser el Color o la Turbiedad



15

A que Orden pertenece



Luego de explicar que es el monitoreo, la bioindicación y los organismos bioindicadores, es importante que los estudiantes se relacionen con estos organismos acuáticos. Para esta actividad se presentan fichas de macroinvertebrados acuáticos que se encuentran en el área de estudio y con ayuda de una guía taxonómica de familias (sugerimos Guía de Identificación de Macroinvertebrados en Agua Dulce de Stroud), los estudiantes relacionan las fichas con las características expuestas en la guía taxonómica.

16

¿Qué Hacer en la Salida de Campo?



17

La práctica de campo fomenta en el estudiante la curiosidad por su entorno, les permite desarrollar habilidades como la observación y la toma de datos en forma coherente y sistematizada en tablas, esto encamina a los estudiantes a la aplicación del conocimiento científico y además generar en el estudiante una conciencia ambiental.

Antes de ejecutar la salida de campo, es importante la planificación y los tiempos para cada actividad, además de reconocer la zona de estudio, las recomendaciones y los aspectos a considerar antes de llevar a los estudiantes.

Para comenzar la salida de campo, es importante identificar las partes del río vistas en clase y dar charlas ambientales sobre la importancia de conservar los recursos hídricos, entre los temas a tratar se deben desatacar: ¿cuáles son los componentes de un río?, ¿cuál es la importancia del lugar visitado?, ¿qué actitudes tener para cuidar los afluentes?

En campo se desarrollaran actividades propuestas en la guía, entre las cuales están: hipótesis, situación problematizadora, localización del área de estudio (a través de la aplicación de Android GPS Status), colecta de macroinvertebrados bentónicos y datos hidrográficos.

18



INSTITUCIÓN EDUCATIVA EUGENIO FERRO FALLA

¿Que propongo para volver sostenible el Rio Frio de Campoalegre?

Nombres de integrantes (6):

Para la realización de las actividades planeadas te pedimos total disposición para que puedas aprender cosas maravillosas que el ecosistema nos enseña todos los días.

Antes de proponer ideas es importante saber cuál es la calidad del sistema. Sabías que las corrientes hídricas albergan un gran número de individuos que con tan solo determinar taxonómicamente a que familia pertenece nos podemos hacer una idea de cuál es la calidad biológica que presenta el cuerpo de agua. Estos organismos se conocen como bioindicadores y su presencia o ausencia son fundamental para determinar si hay zonas con mala calidad o por el contrario las condiciones biológicas, físicas y químicas son ideales para el desarrollo de la vida.

Objetivo General

Relacionar los individuos bentónicos colectados en campo con el puntaje de familias de macroinvertebrados acuáticos para el método BMWP/Col, con el fin de estimar la calidad biológica del agua presente en el Rio Frio de Campoalegre.

Objetivos Específicos

- Identificar en campo los factores ambientales tales como el estado de tiempo, flora, fauna y uso del suelo.
- Colectar y observar la presencia de macroinvertebrados en las fuentes hídricas y diferenciar visualmente los aspectos morfológicos identificables.
- Tomar conciencia del papel primordial que tienen los macroinvertebrados bentónicos en los ríos y quebradas.
- Fortalecer el desarrollo de algunas destrezas en la observación y otros sentidos especiales.

19

- Reconocer la importancia del trabajo en grupo y colaborativo para la construcción de conocimiento.
- Reflexionar sobre la importancia de las fuentes de agua y comprometerme al cuidado del medio ambiente

Nota: Contesta la hipótesis y la situación problematizadora en la última hoja después de los anexos.

Plantea una hipótesis

Los macroinvertebrados bentónicos son individuos que habitan en el fondo de los ecosistemas acuáticos, sus cuerpos están diseñados de tal forma que se pueden agarrar del sustrato como arenilla, gravilla y hojarasca entre otros. El 22 de febrero del 2017 el Rio Frio sufrió una gran perturbación a causa de una avalancha que se generó en la zona alta del afluente (vereda el Esmero) causando graves daños sociales y económicos para el municipio. ¿crees que pasado tres meses los macroinvertebrados pudieron colonizar de nuevo los microhábitats que habitaban tales como arenilla, gravilla y hojarasca? ¿cuántos macroinvertebrados crees que vas a observar en campo? Justifica tus respuestas.

Situación problematizadora

Campoalegre (Huila) se caracteriza por ser un municipio altamente agrícola, sus cultivos generalmente tienen predominancia de café en la zona alta, cacao en la zona media y arroz en la zona baja. El problema actual es que muchos de los residuos derivados de estos cultivos terminan en los cuerpos de agua tales como el Rio Frio. El problema está ocasionando que gran parte de la diversidad existente en la zona desaparezca por la alta contaminación presentes en algunas zonas del rio producto de los desechos agrícolas. Asimismo, su impacto se observa en la zona urbana, dado que en algunas zonas del municipio las aguas residuales van a parar en las fuentes hídricas. ¿Quién o quiénes son los culpables del manejo irregular de los residuos domésticos? ¿Cuál es tu percepción actual sobre el nivel de contaminación que presenta el Rio Frio?, ¿Qué alternativas propones para disminuir significativamente la presencia del problema? Justifica tus respuestas.

20

Metodología

En campo

1. Al llegar a la zona establecida para hacer la colecta, toma datos de los factores ambientales establecidos en el Anexo 1.
2. En una investigación es muy importante establecer cuáles son las coordenadas donde se realizó la investigación, por lo tanto, con la aplicación de Android *GPS Status* establece cual es la latitud y longitud del lugar muestreado, además a que altura te encuentras. Anexo 2
3. Elabora un mapa del lugar establecido para realizar la colecta de los macroinvertebrados y ubica los microhábitats muestreados. El mapa debe llevar características del afluente vistos en clase Anexo 3
4. Estima los siguientes datos hidrológicos tales como temperatura, profundidad, amplitud, caudal, velocidad de la corriente tal como lo plantea el Anexo 4.
5. Con tu grupo de trabajo muestrea en cada uno de los microhábitats (arenilla, gravilla y hojarasca) con ayuda de la red Surber. El objetivo es que en cada sustrato colectes los macroinvertebrados distintos para posterior identificación.
6. En un recipiente debidamente rotulado con alcohol al 90% introduce los individuos colectados para posterior identificación.

En Casa

7. Con ayuda de la aplicación Android *“macroinvertebrados Rio Frio Campoalegre”* identifica los individuos colectados con ayuda de una lupa.

En clase

8. Con tu grupo de trabajo ilustra algunas propuestas para mejorar el estado del afluente del cual mucho de los Campoalegruna dependemos. Las ideas serán expuestas frente a todos los grupos de trabajo.

21

Factor ambiental	Anexo 1																			
	Palmar bajo					Piravante bajo														
Estado del tiempo. "Describe que condiciones presenta la atmosfera". Marca en la escala donde 1 representa mucho frio y 10 mucho calor.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Flora "Que tan abundante es la vegetación asociada al rio?, ¿identificas alguna planta? ¿Cómo se llama? Marca en la escala donde 1 representa poca vegetación y 10 representa abundante.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fauna "A parte de los macroinvertebrados, ¿cuantos animales asociados al rio has visto?" ¿Cuales son? Marca en la escala la cantidad de animales distintos que has observado.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Uso del suelo "Las zonas aledañas al rio que tipo de actividad economica o social presenta?" ¿hay cultivos cercanos? ¿hay ganado cercano?	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Condiciones del Rio. "El agua es corriente?, ¿tiene olores extraños?, ¿se arrojan al rio basuros?, ¿Cual es la condición de las riberas?"	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Anexo 4

Valor					Valor				
Piravante					Palmar				
Datos Hidrológicos									
Temperatura °C									
V1	V2	V3	V4	V5	V1	V2	V3	V4	V5
Operere $\frac{m}{s}$					Operere $\frac{m}{s}$				
$\frac{m}{s}$					$\frac{m}{s}$				
$\frac{m}{s}$					$\frac{m}{s}$				
$\frac{m}{s}$					$\frac{m}{s}$				
Total					Total				
Amplitud (m)					Amplitud (m)				
$\frac{m}{s}$					$\frac{m}{s}$				
$\frac{m}{s}$					$\frac{m}{s}$				
Profundidad (m)					Profundidad (m)				
A					A				
B					B				
Operación $\frac{m}{s}$					Operación $\frac{m}{s}$				
$\frac{m}{s}$					$\frac{m}{s}$				
$\frac{m}{s}$					$\frac{m}{s}$				
Total					Total				
Velocidad de la corriente (m/s)									
Operación $\frac{10 m}{s} 0,85$					Operación $\frac{10 m}{s} 0,85$				
$\frac{m}{s}$					$\frac{m}{s}$				
Total					Total				
Sección transversal media									
Operación $\frac{m}{s} * \frac{m^2}{s}$					Operación $\frac{m}{s} * \frac{m^2}{s}$				
$\frac{m}{s} * \frac{m^2}{s}$					$\frac{m}{s} * \frac{m^2}{s}$				
Total					Total				
Caudal (m ³ /s)					Caudal (m ³ /s)				
$\frac{m}{s} * \frac{m^2}{s}$					$\frac{m}{s} * \frac{m^2}{s}$				
Total					Total				

23

Anexo 3

Valor		Valor	
Piravante bajo		Palmar bajo	
COORDENADAS		COORDENADAS	
ALTITUD		ALTITUD	

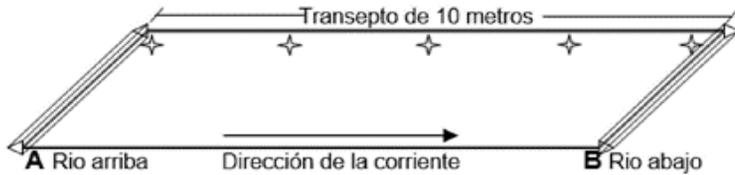
22

Anexo 2

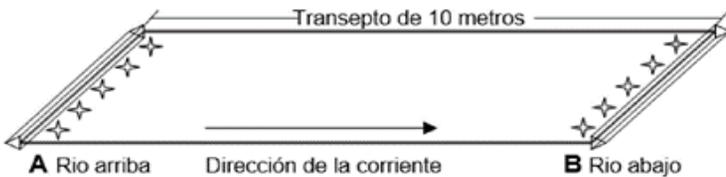
24

Temperatura: Introduce el termómetro al cuerpo de agua, espera unos segundos y registra la temperatura en la tabla.

Amplitud: En el transepto de diez metros establecidos, mida el ancho del río cada 2 metros (5 mediciones) y referencie los valores en el Anexo 4. Para hallar la amplitud saque el promedio de las mediciones.



Profundidad: A lo ancho de la zona A ubique cinco estacas y mida la profundidad del río, los valores se registran en el Anexo 4. Sume los cinco resultados y halle el promedio de profundidad.

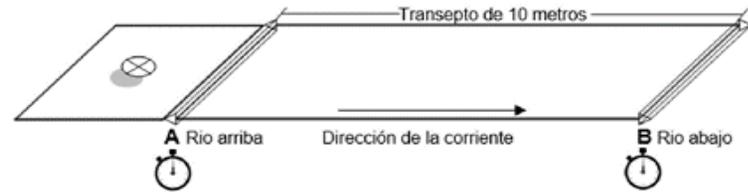


Repita el mismo procedimiento anterior para la zona B y registre los valores en el anexo 4.

Velocidad de la corriente

A unos pocos metros de la zona A ubica en el centro del río un objeto flotador, por ejemplo, un ping pong. Cuando el objeto pase por la zona A inicia a tomar el tiempo hasta que llegue a la zona B. Repite el procedimiento tres veces y registra los valores en v1, v2 y v3. En la casilla *operación* siguiendo la formula física de velocidad (metro sobre segundo) divida 10m que es la distancia recorrida, con el promedio del tiempo y multiplíquelo por 0,85 (factor de corrección).

25



Caudal

Para hallar el caudal es necesario medir primero la sección transversal media del transepto de diez metros. Para este procedimiento es necesario multiplicar la profundidad media de la zona A (este dato ya debe estar registrado en la tabla) por el ancho de la zona A. Este procedimiento también se repite para la zona B. Después de tener la sección transversal de la zona A y B se suman estos valores y se divide por dos (en la casilla sección transversal de la tabla). Por último, para estimar el caudal se multiplica la velocidad de la corriente con la sección transversal media.

¿Qué aprendí hoy durante la práctica de campo?

¿Por qué es importante cuidar las fuentes hídricas como el Rio Frio de Campoalegre?

¿Cuál es mi grado de compromiso para salvaguardar los recursos hídricos y hacer todo lo que está a mi alcance para hacerlos sostenibles?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

26

27

Aplicando lo Aprendido



28

Identificación de macroinvertebrados

Para finalizar las estrategias para la fortalecer la conciencia ambiental por parte de los estudiantes, procedemos a identificar los macroinvertebrados acuáticos colectados en la salida de campo, con ayuda de las aplicaciones macroinvertebrados Río Frio (aplicación creada por los investigadores) y lupa (descargada de la Play Store)

Nota: En el siguiente link encontraras, la plantilla para modificar la aplicación con el programa App Inventor 2, además de las aplicaciones Macroinvertebrados Río Frío y Lupa.

<http://bit.ly/2hYAINN>



29

Determinación de la calidad biológica

Seguidamente, los macroinvertebrados identificados por los estudiantes, se suman de acuerdo al puntaje asignado en el método BMWP/Col. Por medio de esta actividad, se demuestra que es posible fomentar la investigación desde los colegios, además de que si no se encuentran equipos especializados en los laboratorios de las I.E para el desarrollo de las mismas, buscar alternativas para suplirlos.

Juego “La ruta de la vida”

Para finalizar las actividades lúdicas, se elaboró un juego que se puede elaborar con ayuda de los estudiantes, en este se muestra la ruta del río (asemejando la zona de estudio) y a medida que el río fluye se va contaminando por diversas actividades locales como: cultivos, ganadería, piscicultura y asentamientos humanos. El río se divide en colores según lo establecido en el método BMWP/Col. Cada grupo de trabajo se representó con un macroinvertebrado bentónico, donde al lanzar un dado avanzaba, si contestaba correctamente la pregunta (se asentaba en la zona), si no, permanecía donde estaba (no se pudo asentar dadas las actividades antrópicas). El juego se anexa a continuación.

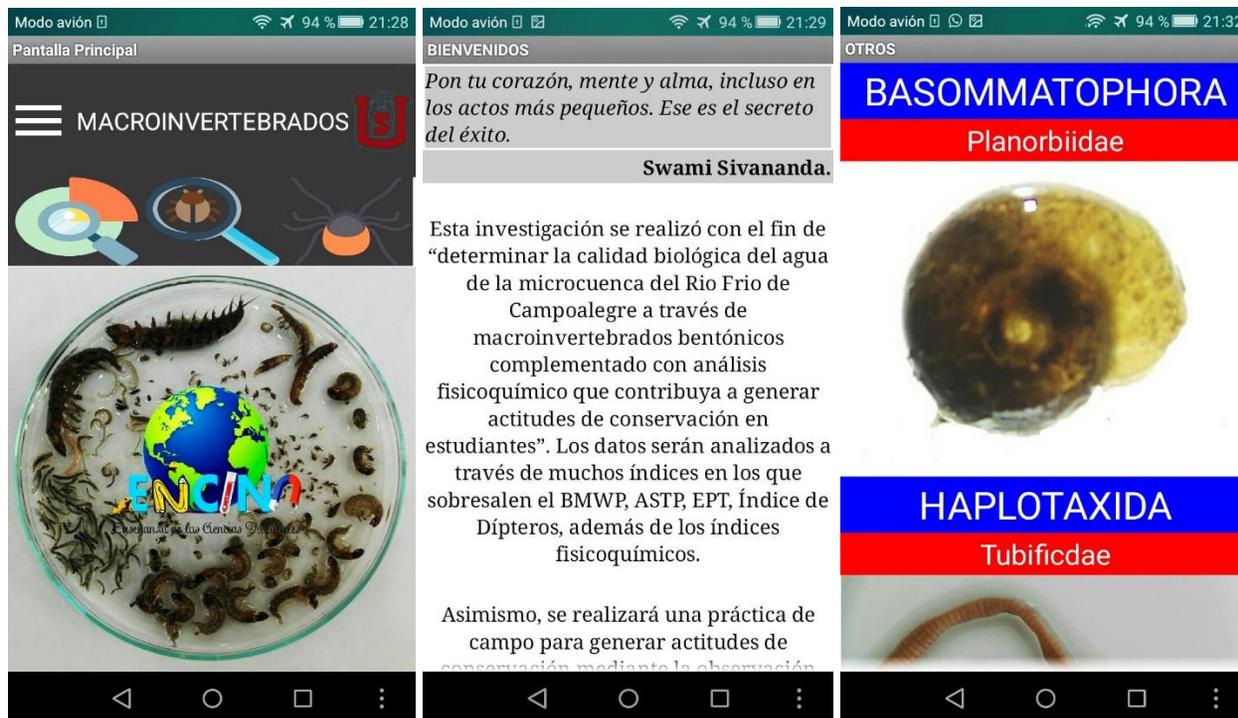
30



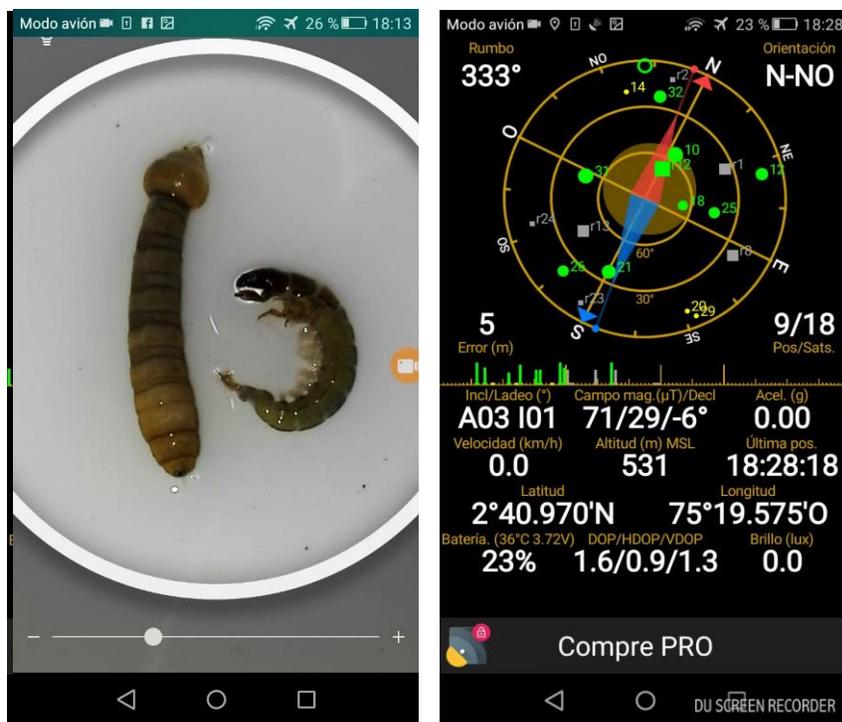
Juego Ruta de la vida: Creado por autores

ANEXO 4. APLICACIONES UTILIZADAS EN LA INTERVENCIÓN DIDÁCTICA

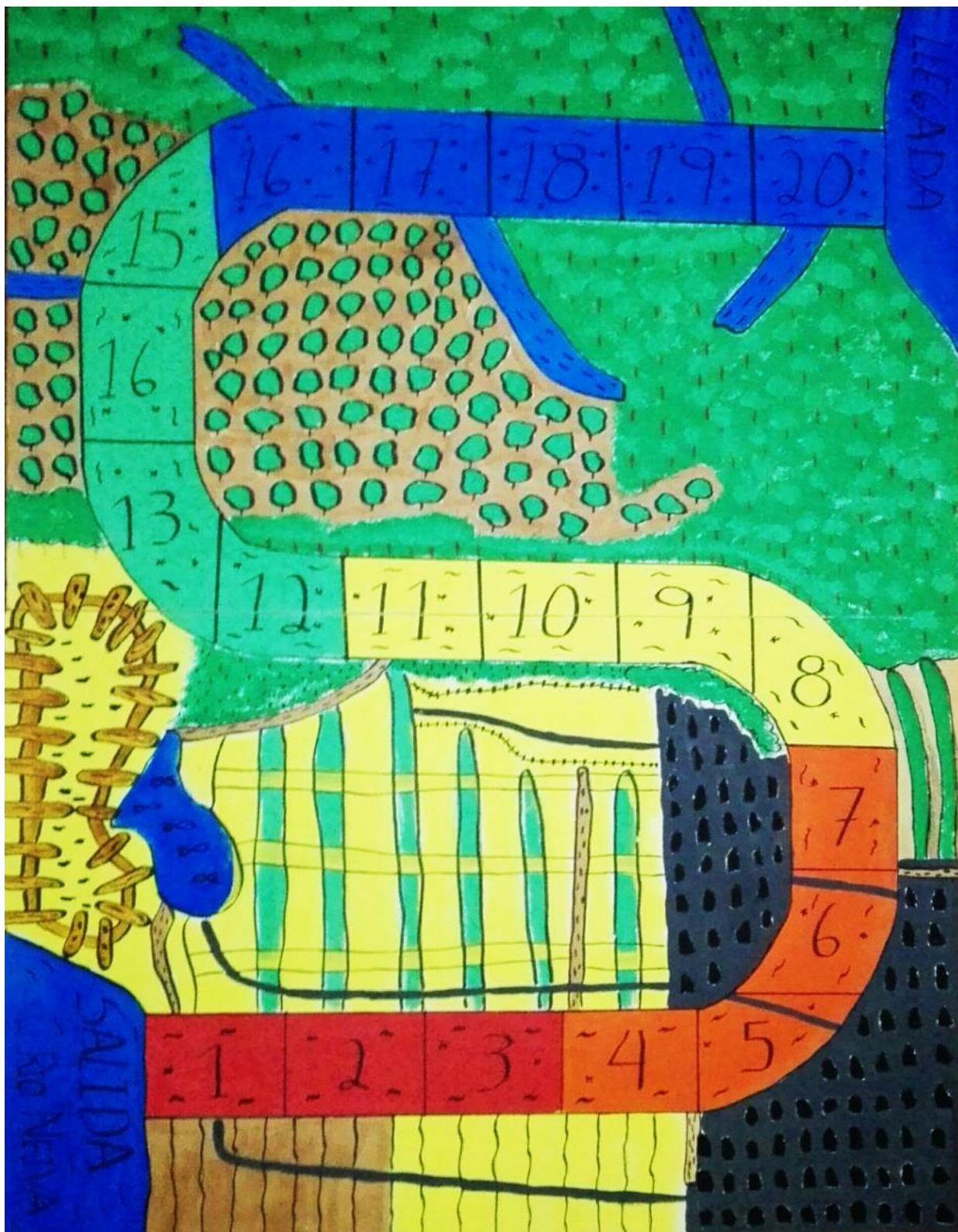
Macroinvertebrados Río Frío (Creada por autores)



Lupa y GPS Status (Play Store)

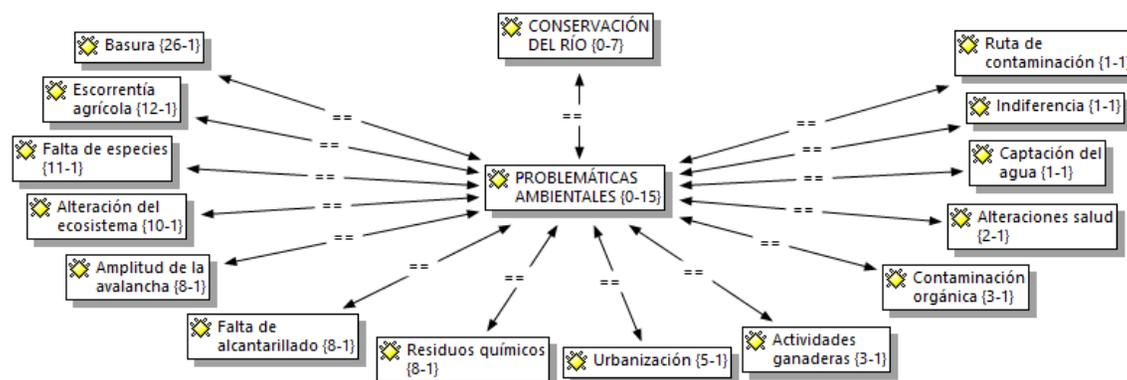
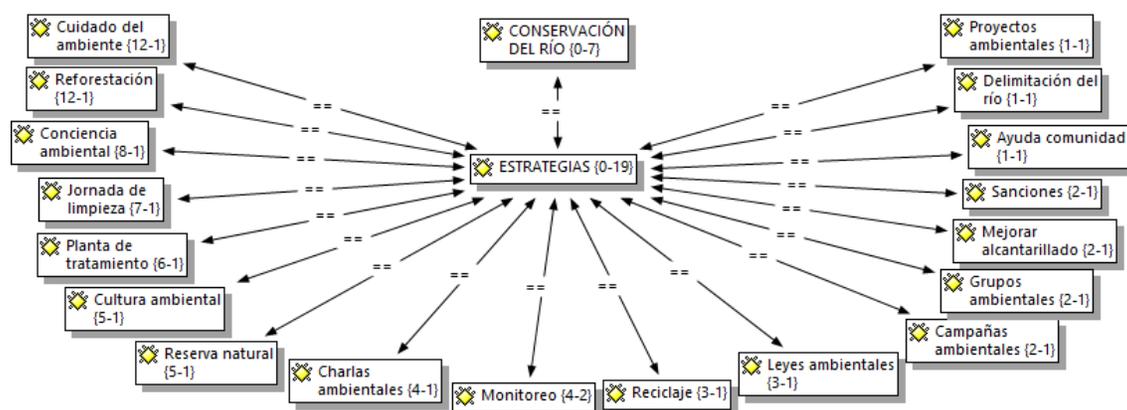
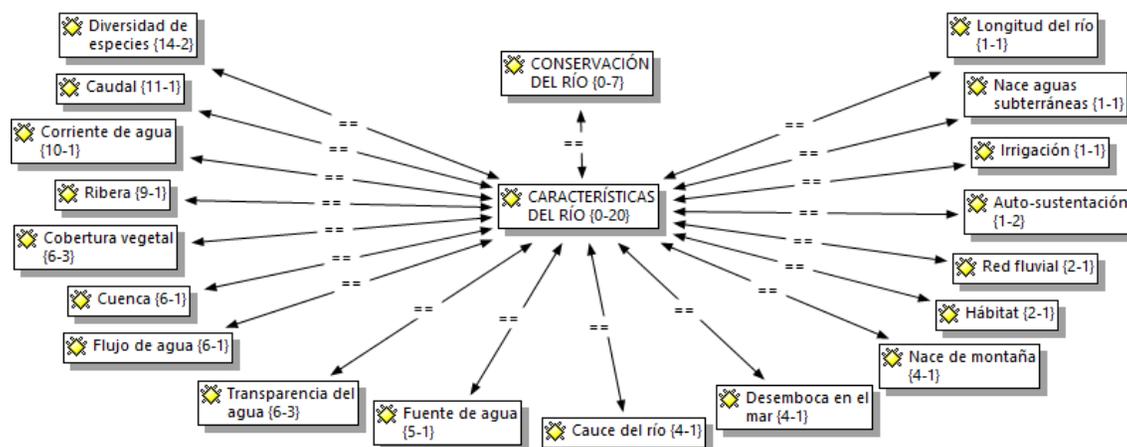


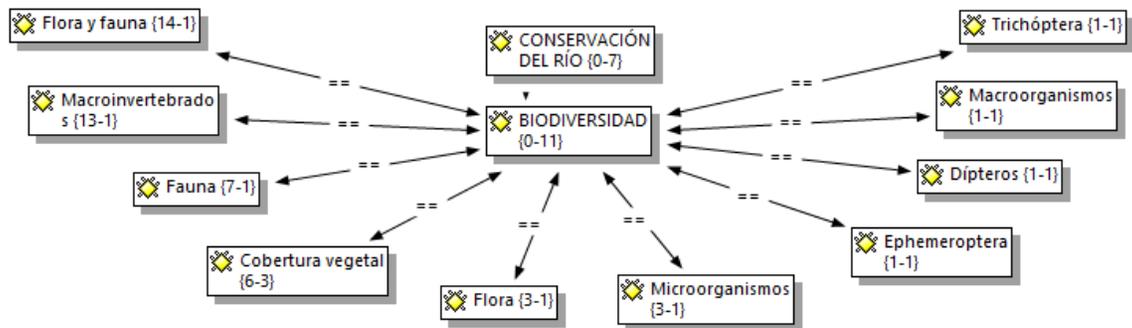
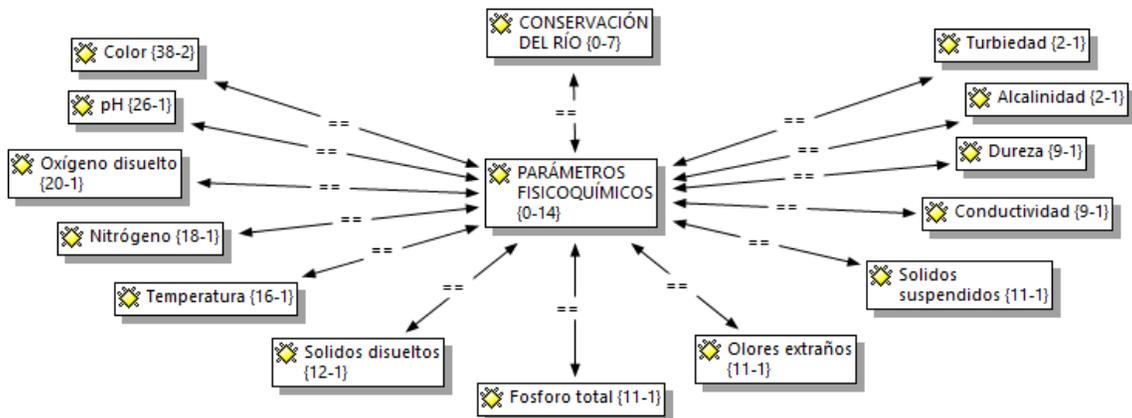
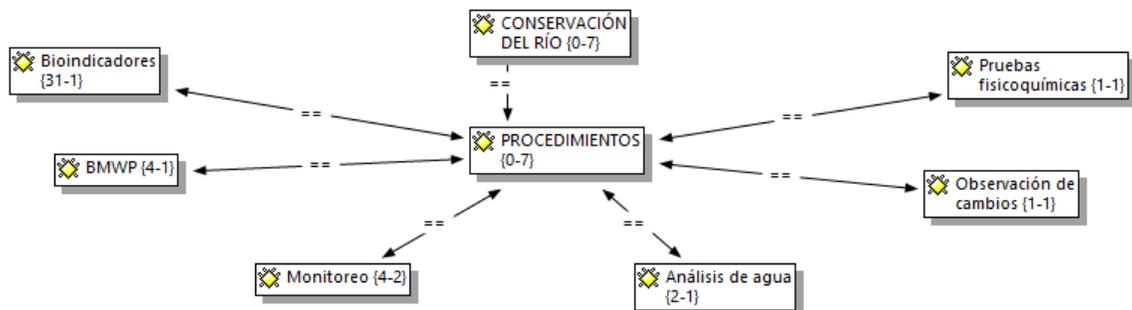
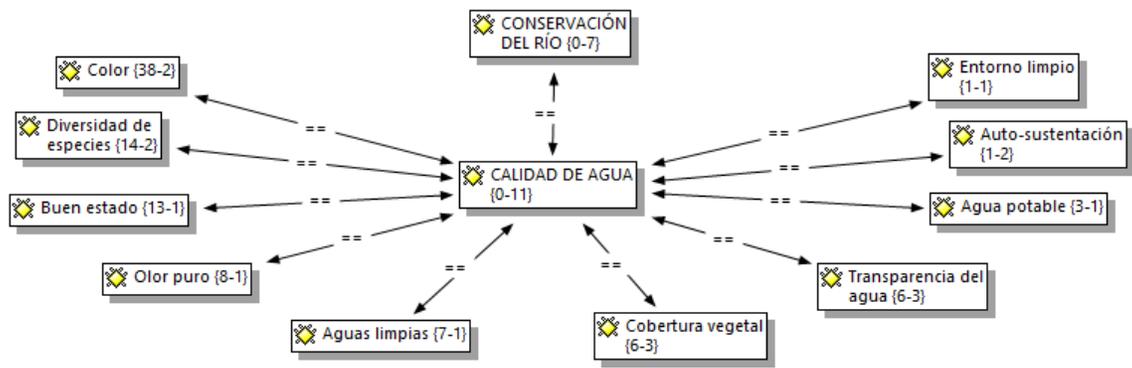
ANEXO 5. JUEGO LA RUTA DE LA VIDA



Creada por: Autores

ANEXO 8. CONCEPCIONES EN EL CUESTIONARIO FINAL





**ANEXO 8. PUNTAJES DE CUESTIONARIO INICIAL Y FINAL PARA ANÁLISIS EN
SPSS**

Individuos	Momento	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	ΣP
Estudiante 1	Previa	2,00	1,00	1,00	1,50	1,25	2,00	2,00	1,54
	Final	4,75	2,75	4,00	3,75	3,50	3,50	3,25	3,64
Estudiante 2	Previa	2,25	1,00	3,00	3,75	2,25	2,75	2,50	2,50
	Final	2,25	2,50	4,25	5,00	4,00	2,25	3,25	3,36
Estudiante 3	Previa	2,50	1,00	1,00	2,75	1,00	2,50	2,00	1,82
	Final	2,75	4,00	1,00	4,00	3,50	2,75	5,00	3,29
Estudiante 4	Previa	1,75	1,00	1,50	1,75	1,00	2,00	1,00	1,43
	Final	2,25	2,75	1,50	3,50	3,25	2,00	2,75	2,57
Estudiante 5	Previa	2,50	1,00	3,25	1,00	1,25	1,25	2,00	1,75
	Final	2,25	3,50	2,50	2,25	2,25	3,00	2,00	2,54
Estudiante 6	Previa	3,75	1,75	2,00	2,50	2,75	2,50	4,00	2,75
	Final	3,75	2,25	2,50	3,00	3,75	2,25	3,50	3,00
Estudiante 7	Previa	2,00	1,00	2,00	2,25	1,50	3,00	2,25	2,00
	Final	3,75	2,75	1,75	4,00	3,75	4,25	2,75	3,29
Estudiante 8	Previa	2,25	1,00	1,00	2,00	1,75	2,00	2,50	1,79
	Final	2,75	3,75	3,00	3,00	3,50	2,50	1,75	2,89
Estudiante 9	Previa	3,50	1,25	4,00	2,50	1,50	3,75	3,00	2,79
	Final	3,50	2,50	4,25	4,75	3,00	4,25	3,50	3,68
Estudiante 10	Previa	4,25	2,00	3,75	4,25	3,75	3,25	4,00	3,61
	Final	3,00	3,00	2,50	4,75	4,75	4,75	4,50	3,89
Estudiante 11	Previa	1,25	1,00	1,50	1,75	1,00	1,25	1,00	1,25
	Final	2,25	4,25	2,75	3,50	3,00	1,75	2,25	2,82
Estudiante 12	Previa	2,25	1,00	3,50	4,00	3,00	3,00	3,25	2,86
	Final	2,25	2,00	2,75	4,25	3,00	3,25	3,50	3,00
Estudiante 13	Previa	2,00	1,00	2,00	1,00	2,00	1,50	2,50	1,71
	Final	4,25	4,25	3,00	4,50	3,00	3,00	3,75	3,68
Estudiante 14	Previa	2,75	1,25	2,50	1,75	3,50	2,75	2,75	2,46
	Final	4,00	2,75	4,25	4,00	4,00	4,00	4,75	3,96
Estudiante 15	Previa	2,25	1,25	3,75	1,75	2,50	3,25	2,75	2,50
	Final	3,25	2,75	3,00	3,75	4,75	3,25	3,00	3,39
Estudiante 16	Previa	2,75	1,00	3,75	3,50	3,25	3,25	4,00	3,07
	Final	3,25	4,00	5,00	4,75	2,50	4,00	3,50	3,86
Estudiante 17	Previa	2,25	1,75	4,25	3,25	2,75	2,50	1,75	2,64
	Final	2,75	4,25	3,00	3,00	4,00	3,50	3,50	3,43
Estudiante 18	Previa	2,00	1,00	2,25	2,25	1,25	2,25	2,75	1,96
	Final	3,50	3,75	3,25	3,75	5,00	3,50	3,25	3,71

Continuación Anexo 8. Puntajes de cuestionario inicial y final para análisis en SPSS

Estudiante 19	Previa	2,00	1,00	3,75	3,00	2,00	3,00	2,50	2,46
	Final	3,75	4,00	3,50	4,50	3,00	3,25	4,25	3,75
Estudiante 20	Previa	1,75	1,25	2,00	1,75	1,75	3,25	3,00	2,11
	Final	2,00	2,75	4,00	2,00	2,50	1,50	3,50	2,61
Estudiante 21	Previa	2,25	1,25	2,75	2,25	2,00	2,00	2,50	2,14
	Final	2,50	4,50	2,75	4,00	4,00	4,00	3,75	3,64