

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE VARIABLES  
FÍSICO QUÍMICAS Y LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS COMO  
BIOINDICADORES EN LA CUENCA ALTA DEL RIO NEGRO (BOSQUE  
GALILEA, 2019)**

**LAURA CAMILA CABALLERO ROLDÁN  
CÓDIGO: 363214209  
MARIA ALEJANDRA SAAVEDRA CALDERÓN  
CÓDIGO: 363214265**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
GIRARDOT- CUNDINAMARCA  
2019**

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE VARIABLES  
FÍSICO QUÍMICAS Y LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS COMO  
BIOINDICADORES EN LA CUENCA ALTA DEL RIO NEGRO (BOSQUE  
GALILEA, 2019)**

**LAURA CAMILA CABALLERO ROLDÁN  
CÓDIGO: 363214209**

**MARIA ALEJANDRA SAAVEDRA CALDERÓN  
CÓDIGO: 363214265**

**Trabajo De Grado Presentado Para Obtener El Título De Ingeniero Ambiental**

**PAOLA ANDREA MORENO OCAMPO  
Magister Ciencias Biológicas  
Director Trabajo de grado**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
GIRARDOT- CUNDINAMARCA**

2019

## DEDICATORIAS

Este trabajo de grado está dedicado a la majestuosidad con la que nos cautivó Bosque Galilea, a su imponencia y a su fragilidad, al delicado equilibrio con el que se sostiene el ecosistema más valioso del departamento del Tolima, a mi papá y a mi mamá por ser el tesoro máspreciado de mi vida, a mi peque por cada palabra de aliento y principalmente a Dios por guiarme en este camino y no soltar mi mano jamás.

Laura Camila Caballero Roldan.

Este Proyecto está dedicado a la vida porque eso es el Bosque Galilea, una reserva de vida que merece ser valorado y preservado como un tesoro, a Dios por darnos fortaleza y perseverancia, a mi mamá, a Juanfe, a mi titi, a todos aquellos que creyeron en nosotras.

María Alejandra Saavedra Calderón

## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos agradecer en primer lugar a Dios por poner en nuestro camino a personas maravillosas que permitieron llevar a cabo este proyecto, en segunda medida a nuestro equipo de trabajo John Jairo Ortiz, German Cárdenas y Julio Caballero con quienes compartimos una de las experiencias más extraordinarias de la vida, agradecer a nuestros padres por el apoyo incondicional que nos brindaron en todo momento, al Doctor Evelio Girón Molina por confiar en nosotras y aceptar ser parte del desarrollo de este proyecto a través del financiamiento de los análisis fisicoquímicos, al profesor Miguel Ángel Quimbayo por escucharnos y vincularnos en este equipo en pro del medio ambiente.

Finalmente, a nuestra directora Paola Moreno y Codirector Jack Fran García por acompañarnos en cada etapa de la elaboración del documento que se presenta.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN .....	15
INTRODUCCIÓN .....	16
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
JUSTIFICACIÓN .....	19
OBJETIVOS .....	20
<i>Objetivo General</i> .....	<b>20</b>
<i>Objetivos Específicos</i> .....	<b>20</b>
MARCO REFERENCIAL .....	21
<i>Marco Teórico</i> .....	<b>21</b>
Importancia del agua para la vida.....	22
Factores que influyen en la cantidad y calidad del agua.....	26
La actividad ganadera y su relación con la calidad del agua .....	27
La agricultura y su influencia en la calidad del agua.....	28
Actividades humanas .....	29
Ecosistemas en Colombia .....	22
Relación entre factores fisicoquímicos y macrofauna .....	32
Bosque de Niebla.....	22
Biología y ecología de los macro-invertebrados acuáticos .....	33
Macroinvertebrados .....	32
Bioindicadores .....	33
BMWP´Col .....	34
Índices Ecológicos .....	37
Índice De Riqueza Margalef .....	37
Índice De Shannon – Weaver (1949).....	38
Índice De Dominancia de Simpson .....	38
Índice De Equidad (Pielou).....	38
<i>Marco Conceptual</i> .....	<b>39</b>
Parámetros fisicoquímicos.....	39
Temperatura .....	39
Potencial de Hidrogeniones (pH) .....	39
Conductividad .....	39
Sólidos Totales Disueltos.....	40
Nitratos.....	40
Fosfatos.....	40

Demanda Bioquímica de Oxígeno en Cinco Días (DBO <sub>5</sub> ).....	40
Demanda química de oxígeno (DQO) .....	41
Parámetros microbiológicos .....	41
Coliformes Totales .....	41
<b>Marco Geográfico .....</b>	<b>41</b>
<b>Marco Legal.....</b>	<b>42</b>
DISEÑO METODOLÓGICO .....	47
<b>Área De Estudio .....</b>	<b>47</b>
<b>Escala Espacial Del Estudio y Selección De Los Puntos De Muestreo .....</b>	<b>48</b>
1. Universo. Cuenca Alta del Río Negro.....	51
2. Población. Especies de Macroinvertebrados, parámetros físicoquímicos y microbiológicos presentes en la cuenca alta de Río Negro .....	51
3. Muestra. Tres estaciones de muestreo.....	51
Técnicas o instrumentos para la recolección de datos .....	51
<b>Método de análisis.....</b>	<b>52</b>
Análisis Físicoquímico y Microbiológico .....	52
Análisis de Bioindicación (Macroinvertebrados).....	52
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	54
<b>1. ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS.....</b>	<b>55</b>
Temperatura .....	56
Conductividad .....	56
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ).....	57
Fosforo Total .....	57
Nitrógeno total.....	57
Potencial de hidrogeniones (pH) .....	58
Sólidos Suspendidos Totales .....	58
ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA) .....	58
ANÁLISIS DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS .....	60
ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA MÉTODO BMWP/COL (MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS).....	62
<b>Descripción de las Comunidades de Macroinvertebrados .....</b>	<b>62</b>
<b>Comunidades De Macroinvertebrados Encontrados En La Temporada De Verano, Junio de 2019 Rio Negro Bosque Galilea.....</b>	<b>63</b>
<b>Composición y Abundancia de la Comunidad De Macroinvertebrados .....</b>	<b>63</b>
<b>ÍNDICE BMWP .....</b>	<b>67</b>

CONCLUSIONES .....	70
RECOMENDACIONES .....	72
BIBLIOGRAFÍA .....	73
Anexos.....	79
<i>Anexo 1.</i> .....	<i>79</i>
<i>Anexo 2.</i> .....	<i>83</i>
<i>Anexo 3.</i> .....	<i>86</i>
<i>Anexo 4.</i> .....	<i>89</i>
<i>Anexo 5.</i> .....	<i>93</i>
<i>Anexo. 6</i> .....	<i>96</i>
<i>Anexo 7.</i> .....	<i>96</i>
<i>Anexo 8.</i> .....	<i>97</i>

## **Lista De Tablas**

Tabla 1. Variables y ponderaciones para el caso de 6 variables.....	29
Tabla 2. Calificación de la calidad del agua según los valores que tome el ICA.....	29
Tabla 3. Puntajes asignados a las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos para la obtención del BMWP/Col .....	33
Tabla 4. Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo al índice BMWP.....	34
Tabla 5. Normatividad Colombiana que se involucra en el proyecto descrito.....	41
Tabla 6. Parámetros fisicoquímicos y técnicas analíticas utilizadas.....	50
Tabla 7. Características de las estaciones estudiadas.....	52
Tabla 8. Resultados de análisis de parámetros fisicoquímicos en las dos fechas de muestreo establecidas .....	53
Tabla 9 Resultado de los Puntajes del Índice de Calidad del Agua para aguas Superficiales.....	56

Tabla 10. Valores de BMWP calculados para 3 estaciones de la cuenca alta del Río negro, transición invierno-verano 2019 Muestreo No.1.....	64
Tabla 11. Valores de BMWP calculados para 3 estaciones de la cuenca alta del Río negro, transición invierno-verano 2019 Muestreo No.2.....	65

## Lista De Figuras

Figura 1. Ubicación del Bosque Galilea al Nororiente del Departamento del Tolima.....	40
Figura 2. Localización de la Microcuenca de Rio Negro.....	46
Figura 3. Ubicación de las estaciones de muestreo.....	47
Figura 4. Primera Estación la Botella.....	47
Figura 5. Segunda Estación La Roca.....	48
Figura 6. Tercera Estación la Playa.....	48

## Lista De Graficas

Grafica 1. Comparación de la presencia de Coliformes Fecales y Coliformes Totales en el mes de junio .....	58
Grafica 2. Comparación de la presencia de Coliformes Fecales y Coliformes Totales en el mes de Agosto... ..	58
Grafica 3. Dendograma de similaridad Macroinvertebrados acuático mes de junio .....	60
Grafica 4. Dendograma de similaridad Macroinvertebrados acuáticos mes de Agosto.....	61
Grafica 5. Índices ecológicos para la época de verano (mes de junio).....	62
Grafica 6. Índices ecológicos para la época de transición verano- invierno (Mes de Agosto).....	63
Grafica 7. Comportamiento del número total de individuos en las dos épocas de muestreo.....	63
Grafica 8. Abundancia total de órdenes y familias de macroinvertebrados .....	64
Grafica 9. Grafica 9. Número total de órdenes. ....	64

## Anexos

Anexo 1. Reporte de Resultados Análisis Laboratorio ANALQUIM LTDA. .....	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 2. Evidencia de Muestreo.....	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 3. Identificación de Macroinvertebrados.....	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 4 Calculo de Índices Ecológicos 30 DE Junio.....	¡Error! Marcador no definido.....84
Anexo 5. Calculo de Índices Ecológicos 05 de Agosto.....	88
Anexo 6. Registro fotográfico de Vertimientos identificados.....	90
Anexo 7. Reporte de análisis de parámetros Microbiológicos del muestreo correspondiente al día 30 de Junio	
Anexo 8. Reporte de análisis de parámetros Microbiológicos del muestreo correspondiente al día 30 de agosto	
Anexo9. Evidencia de la Socialización del Proyecto a la comunidad Villarricense	

## **RESUMEN**

El presente trabajo se realiza en el Bosque Galilea, departamento del Tolima, el cual tuvo como objetivo “Determinar el estado de la calidad del recurso agua en la cuenca alta del Río negro, mediante parámetros fisicoquímicos establecidos en el Índice de calidad de Agua (ICA) y el análisis de macroinvertebrados como bioindicadores de la fuente (BMWP´COL)”. De la misma forma, se pretende evaluar la relación entre el Índice BMWP´Col y los índices ecológicos de diversidad Shannon, dominancia de Simpson, riqueza de Margalef y equidad de Pielou, con base en las informaciones encontradas, se busca analizar el estado del cuerpo hídrico. Con el índice de Calidad del agua se analizó el uso y estado de conservación. Estas metodologías se implementaron en tres tramos de la cuenca alta del Río Negro el cual es uno de los principales afluentes de la represa Hidroprado. La propuesta de investigación que aquí se describe es parte del proyecto Valoración de Servicios Ecosistémicos del Bosque Galilea, liderado por profesionales de la Universidad del Tolima expertos en el área de estudio y la Alcaldía del municipio de Cunday, quienes apoyan considerablemente la fase de ejecución y presentación de resultados.

**Palabras clave:**

Calidad del agua, Diversidad ecológica, Ecosistema, Macroinvertebrados, Bosque de Niebla.

## INTRODUCCIÓN

La contribución más significativa de los bosques de niebla se relaciona con la provisión de agua para todos los seres vivos y consiste en mantener una elevada calidad de la misma. Esto se logra reduciendo al mínimo la erosión del suelo localmente, lo que disminuye los sedimentos en las masas de agua (humedales, estanques y lagos, arroyos y ríos), y atrapando o filtrando otros contaminantes del agua (FAO, 2005), además de la relevancia que representan para la provisión de agua y la estabilización del régimen hídrico, los bosques de niebla tienen el valor agregado de proveer servicios hídricos adicionales como la captura de agua por la condensación de las nubes y de la niebla (Cadena y Moreno, 2007).

El crecimiento poblacional es quizá la principal amenaza que enfrentan los bosques de niebla, debido a dos razones: I) el incremento en la demanda de los servicios provistos, específicamente agua, y II) la conversión de estos bosques hacia otros usos, en especial pastizales y cultivos agrícolas (Hamilton et al. 1995, Bruijnzeel y Hamilton 2001, Bubb et al. 2004). La segunda amenaza más citada para los bosques de niebla en Latinoamérica es su conversión para usos agrícolas, la cual está asociada principalmente a cultivos comerciales de café, frutas, hortalizas y flores. Por su parte, los pastizales para ganadería son preponderantes en áreas por encima de la zona cafetera en la franja de selvas y bosques andinos (Cavelier et al. 2001). La cobertura vegetal es de gran relevancia en la ribera de la cuenca hidrográfica dado a que de acuerdo esto se puede determinar la calidad del agua en el flujo, su presencia contribuye no solo a disminuir la ocurrencia de escurrimiento superficial, en el cual puede causar erosión y arrastre de sedimentos hacia los cauces de agua, sino que también desempeña un efecto de filtrador superficial y subsuperficial de los flujos de agua hacia los canales.

En este tipo de bosques de alta montaña se generan provisiones de agua, que deben ser protegidas junto con su integridad ecológica, de ahí nace el concepto de río protegido, en el caso del Departamento del Tolima cuenta con un relicto de bosque de Niebla en el que nace el Río Negro que es tributante del Embalse Hidroprado y posee características asociadas a la vegetación que los rodea en su cuenca alta y le confiere una coloración oscura. Este proyecto pretende resaltar la importancia de este fluente y contribuir en la ruta declaratoria de área protegida del bosque desde el componente Hídrico.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente el Bosque Galilea ubicado al Nororiente del Departamento del Tolima, enfrenta amenazas como la explotación de Hidrocarburos, expansión de la frontera agrícola y zonas de pastoreo, en la primera amenaza se han otorgado licencias para la ocupación del 80% de cauce del Rio Negro el cual es principal tributante del embalse Hidroprado y suministra de agua a los acueductos veredales de su área de influencia, además de la tala del bosque primario con fines ganaderos y la alteración fisicoquímica y microbiológica del agua por la escorrentía de las heces de los bovinos. La Universidad del Tolima en conjunto con la Corporación Autónoma Regional del Tolima trabajan con la Comunidad del municipio de Villarrica en el cual se ubica más del 70% del relicto del bosque niebla para establecer las estrategias de conservación, dado que este provee de servicios ecosistémicos al Departamento, es un corredor ecológico que une el páramo del Sumapaz y departamentos como Huila y Cundinamarca con el Tolima, en el cual habitan y transitan especies amenazadas como el Oso de Anteojos (*Tremarctos ornatus*) u oso andino, especies endémicas como el mono churuco, especies presionadas por cacería (pavas, cerdo de monte, entre otros) y especies de árboles presionadas por tala para explotación de madera. De Acuerdo con la Universidad del Tolima “las actividades más recientes y determinantes en la ruta de declaratoria del área protegida han sido la definición de objetivos de conservación, valores objeto de conservación y la categoría de conservación, dentro de las cuales se encuentran: Parque Natural Regional, Reserva Natural Forestal, Distrito de Manejo Integrado y Distrito de Conservación de Suelos”.

En el aspecto de Calidad de Agua no se han registrado estudios recientes que sustenten su relevancia para la comunidad y las posibles afectaciones por actividades antropogénicas, como su deterioro ocasionados por el sector de Hidrocarburos como el vertimiento directo de lodos de perforación en base a petróleo inhiben el crecimiento y desarrollo reproductivo de algunas especies acuáticas, reduce el establecimiento de ciertas comunidades biológicas cuyos hábitos son alterados (Patin, 1999), los derrames petroleros ocurren por un manejo rutinario negligente (goteo de las tuberías y otra infraestructura, corrosión de la infraestructura), por accidentes y por atentados, la disminución de caudal entre otras (Bravo, 2007).

Debido a las alteraciones que sufren estos ecosistemas resulta de gran importancia su manejo y conservación, a partir de parámetros cuantificables que ofrezcan información verídica para evaluar y evitar su deterioro, es relevante analizar el estado actual del ecosistema en cuanto a calidad del hábitat resaltando la importancia hídrica por medio de análisis actualizados de la calidad del agua de los principales cuerpos hídricos que del bosque

dependen.

Por esta razón nace la pregunta de investigación:

¿Cuáles son las características de calidad del agua que se presentan actualmente en la cuenca alta del río negro en el Bosque Galilea?

## JUSTIFICACIÓN

Los bosques alto-andinos o de niebla se ubican normalmente en una franja altitudinal donde el ambiente se caracteriza por una cobertura de nubes persistente o estacional (Tobón et al, 2008; Bruijnzeel, 2004). Este ecosistema es importante dado a que provee de servicios hidrológicos como la purificación del agua, regulación del flujo fluvial, evita inundaciones, sequías y mantienen los caudales (Challenger, 2001; 2004). De acuerdo con la FAO (2005) “Cuando la calidad del agua es una prioridad elevada, los bosques son la mejor cubierta del suelo. Una cubierta forestal inalterada ofrece una gran protección contra la erosión, la sedimentación y los daños por otros contaminantes. El mejor uso son los bosques designados con regímenes de ordenación, como las zonas núcleo de los parques nacionales o las reservas protegidas de las cuencas”.

La mitad del territorio colombiano está cubierto por bosques, el acelerado incremento de la deforestación, el cambio de uso de los suelos y el aumento de los afluentes hídricos evidencian la necesidad de actualizar y fortalecer las políticas que rigen el manejo de las áreas boscosas. Esta situación ha llevado a instituciones ambientalistas, científicas y sociales a trabajar en la elaboración de medidas que permitan comprender el problema y proponer soluciones efectivas. Según Cortolima (2018) “En el departamento del Tolima se encuentra un relicto de Bosque de Niebla denominado Galilea su localización corresponde a los municipios de Villarrica, Dolores, Cunday y Purificación, perteneciente a la Región Andina de la cuenca del Alta del río Prado”.

En el año 2007 la Corporación autónoma regional del Tolima realizó la entrega del Plan de Manejo y Ordenamiento de la Cuenca del Río Prado donde se identificó el Río negro como uno de los principales tributantes del embalse Hidroprado, razón por la cual se quiere dar a conocer la importancia del cuerpo hídrico, sus características y su estado de conservación, por otra parte con el desarrollo de este proyecto se contribuye en el contexto de calidad de hábitat en la ruta declaratoria de conservación del Bosque, dado a que proporciona información del estado del afluente en la actualidad, da a conocer indicios sobre su uso, compara el estado en estaciones de muestreo en las cuales la rivera del cauce ha sido inalterada y donde hay alteraciones antropogénicas, así se logró evidenciar el deterioro que sufre el ecosistema manifestado en la alteración de la comunidad de macroinvertebrados y las características fisicoquímicas del mismo.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Caracterización de la calidad del agua en la cuenca alta del Río Negro mediante el índice de Calidad del Agua y el índice BMWP´Col (Bosque Galilea, Tolima - 2019).

### **Objetivos Específicos**

Determinar la calidad del agua empleado el método BMWP´Col en diferentes puntos de la cuenca alta del Río Negro (Bosque de Galilea).

Estudiar las características fisicoquímicas de la cuenca alta del Río Negro, mediante los parámetros establecidos por el Índice de Calidad del Agua en Corrientes Superficiales-IDEAM-Colombia

Analizar la comunidad de Macro-invertebrados Acuáticos mediante los índices ecológicos: diversidad Shannon, dominancia de Simpson, riqueza de Margalef y equidad de Pielou.

## MARCO REFERENCIAL

### Marco Teórico

El Río Negro hace parte de la Cuenca Alta del Río Prado del cual se abastece el municipio que lleva su mismo nombre y se desarrollan actividades pecuarias, agrícolas, turísticas y de producción de energía puesto que en este se ubica una hidroeléctrica que provee de energía a gran parte del país. El Río Negro nace en el relicto de Bosque de Niebla Galilea en Villarrica- Tolima, de acuerdo con Gómez, Pastrana y Quimbayo (2016) se clasifica según Holdridge a bosque húmedo montano bajo (bh-MB) y bosque muy húmedo montano (bmh-M), tiene un área aproximada de 33.000 ha representada por bosques primarios sin intervención, bosques secundarios y áreas intervenidas con ganadería semi-intensiva de doble propósito; esta es un área postconflicto en la que existen intereses de conservación y de extracción de Hidrocarburos, por ende en el Bosque influyen actores sociales que tienen como objetivo establecer la Ruta Declaratoria de Conservación entre ellas la Corporación Autónoma Regional, la Universidad del Tolima, Alcaldías y la Comunidad que de acuerdo con Gómez et al. (2016) manifiestan una buena disposición con el propósito de conocer las diferentes herramientas que se les pueden ofrecer para aprender a conservar la biodiversidad. La conservación de la cobertura vegetal es de gran relevancia dado a que provee servicios ecosistémicos a la población, es corredor de fauna y una de las principales características es que ahí nacen ríos, quebradas, riachuelos que conforman la cuenca alta del Río Prado de los cuales no se tienen conocimiento del estado, de acuerdo con Vannote et al., (1980) “el cuerpo de los ríos, desde su cabecera hasta su desembocadura no se presenta como un sistema homogéneo, ya que su nacimiento y el desarrollo del mismo a través de un área es totalmente diferente entre sus partes. Esta observación es la base de la teoría del río como un continuo, en donde las variables fisicoquímicas dentro del río presentan un gradiente continuo de condiciones. Tal gradiente genera diferentes respuestas en las poblaciones que allí se desarrollan y constituyen así un continuo de ajustes biológicos y patrones consistentes de carga, transporte, utilización y reserva de material orgánico a lo largo de su cauce. De esta manera, los gradientes y procesos producen un cambio continuo y predecible de las comunidades acuáticas a lo largo del río”, con la teoría del río continuo se evidencia que las características fisicoquímicas, microbiológicas e integridad ecológica a lo largo del cauce están en constante cambio.

## **Ecosistemas en Colombia**

Para la WWF-Colombia (2017), en “Colombia se han identificado 85 grandes tipos de ecosistemas, de los cuales 34 son terrestres continentales e insulares (26 naturales y 8 transformados), 16 de agua dulce (15 naturales y 1 transformado) y 35 marino-costeros. Si bien el porcentaje varía de un ámbito a otro, se calcula que el 31,3 % del área de estos ecosistemas ha sufrido alguna transformación de origen antrópico a lo largo de la historia: en los ecosistemas terrestres alcanza el 34 % y en los biomas andinos oscila entre el 54 % y el 79 %.” Según el Sistema de Información Ambiental de Colombia (2015), “la superficie de bosque ha disminuido 5,3 millones de hectáreas para el período 1990-2015, a una tasa promedio histórica anual cercana a 230.000 ha. Las sabanas en la Orinoquia han disminuido el 18,5 %<sup>34</sup> y las praderas marinas alrededor de la bahía de Cartagena aproximadamente el 90 %<sup>35</sup>”.

## **Bosque de Niebla**

El bosque de niebla (también llamado bosque de neblina o bosque mesófilo de montaña) es un ecosistema de gran valor por su biodiversidad y papel hidrológico. Resulta de la confluencia de las zonas biogeográficas Neártica y Neotropical, con una temperatura media anual que oscila entre los 12 y 23° C, una Altitud entre 600 y 2700 msnm y de precipitaciones medias anuales que oscila entre 1000 y 5000 mm; estos bosques cuya ecología y fisiología están vinculadas a su contacto directo con las nubes, se encuentran en laderas de montañas con suelos profundos en las barrancas y muy someros en las pendientes de gran inclinación, ricos en materia orgánica, húmedos todo el año y cordilleras frecuentemente envueltas por nubes y niebla. El bosque mesófilo se localiza en la zona templada húmeda del país, caracterizada por su elevada precipitación pluvial y su considerable humedad atmosférica durante casi todo el año. Los bosques mesófilos de montaña están confinados a estrechas zonas altitudinales de las regiones montañosas en las que con frecuencia existen nubes a la altura de la vegetación; ésta es muy densa y forma varios estratos (herbáceos, arbustivos y arbóreos) de distintas alturas, además con lianas leñosas y epífitas (Armenteras , Cadena, y Moreno., 2007).

## **Calidad Del Agua**

El concepto "calidad del agua" se utiliza para definir aquellas características químicas, físicas, biológicas o radiológicas que se emplean como patrón para calibrar la

aceptabilidad de un agua cualquiera (Pérez, 2000). De acuerdo con la Defensoría del Pueblo de Colombia (2005), el agua ha estado siempre presente en todas las actividades del hombre, como protagonista principal de su desarrollo y del recorrido hacia la civilización, condicionando su propia supervivencia; esto ha llevado a idear y desarrollar diferentes formas de aprovechamiento. Por tanto la escasez del recurso, la dificultad de acceder al mismo y la mala calidad van de la mano de la pobreza y de las enfermedades. Según Ministerio de Medio Ambiente de España (1998) “la calidad de las aguas es una variable descriptora fundamental del medio hídrico, tanto desde el punto de vista de su caracterización ambiental, como desde la perspectiva de la planificación y gestión hidrológica, ya que delimita la aptitud del agua para mantener los ecosistemas y atender las diferentes demandas”.

Para determinar el estado de los cuerpos de agua se utilizan indicadores con el fin de monitorear, lo cual permite la detección temprana de cambios en la calidad del recurso. El monitoreo de las fuentes de agua se convierte en una herramienta de gran importancia para su vigilancia. Los indicadores ambientales nacen como respuesta a la necesidad de obtener información relevante sobre diversos temas ambientales; los datos obtenidos se deben presentar en un formato que permita su análisis y que sea favorable para el uso de estadísticas (Castro et al., 2014). Los indicadores ambientales de Colombia elaborados por el IDEAM se ajustan al modelo PER (Presión- Estado-Respuesta), implementado por el Programa de las Naciones Unidas (PNUMA) y la Comisión de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas para la construcción de indicadores ambientales y de sostenibilidad”.

De acuerdo con (IDEAM, 2012) el Índice de calidad del agua es el valor numérico que califica en una de cinco categorías, la calidad del agua de una corriente superficial, con base en las mediciones obtenidas para un conjunto de cinco o seis variables, registradas en una estación de monitoreo  $j$  en el tiempo  $t$ , como se representa en la **tabla No. 1 y 2**.

Tabla 1. Variables y ponderaciones para el caso de 6 variables

<b>Variable</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Ponderación</b>
Oxígeno Disuelto, OD	% Saturación	0,2
Sólidos Suspendedos Totales, SST	mg/l	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO	mg/l	0,2

Nitrógeno Total - NT/Fosforo Total PT	---	0,17
Conductividad Electrica, CE	μS/cm	0,2
pH	Unidades de pH	0,2

Fuente: (IDEAM, 2012).

Tabla 2. Calificación de la calidad del agua según los valores que tome el ICA

<b>Categorías de valores que puede tomar el indicador</b>	<b>Calificación de la calidad del agua</b>	<b>Señal de alerta</b>
0,00 – 0,25	Muy mala	Rojo
0,26 – 0,50	Mala	Naranja
0,51 – 0,70	Regular	Amarillo
0,71 – 0,90	Aceptable	Verde
0,91 – 1,00	Buena	Azul

Fuente: (IDEAM)

### **Importancia del agua para la vida**

La importancia que el agua tiene para la vida en el planeta ha justificado múltiples eventos de todo tipo, desde cumbres de líderes mundiales hasta proyectos de investigación en los más diversos campos; en los últimos años han encontrado datos aterradores acerca del cambio climático, la devastación a que han sido sometidos grandes territorios que antes eran reservas boscosas generadoras de agua, los vertimientos de contaminantes a los cuerpos de agua y otros más que han ocasionado entrar en una fase de alerta máxima frente a la disponibilidad de este recurso, necesario para las actividades de vida, que se agota sin que

hagamos mucho por conservarla(Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano, Rojas, 2002)

En el medio Académico-investigativo, se producen diariamente estudios cuyos informes están a disposición de quien desee aprovecharlos para beneficio de sus comunidades, sirven de guía para implementar soluciones y/o de modelo para realizar estudios similares; estos estudios cubren todos los aspectos de la problemática del agua. Los parámetros de calidad no son universales, cada región o país tiene aspectos específicos para controlar y de ser los mismos, los valores límite difieren. Los organismos asesores y de ayuda técnica establecen equipos a través de los países más vulnerables para realizar estudios específicos e implementar soluciones adaptadas a las necesidades regionales. (Guías para la calidad del agua potable OMS)

### **Distribución del agua en la tierra**

El 97,5 % de los recursos hídricos de la tierra es agua salada. El 2,5 % restante está en los continentes como agua dulce. Unas tres cuartas partes de toda el agua dulce se halla inaccesible. El total de agua dulce en nuestro planeta es de 39 millones de km<sup>3</sup> , de los cuales 29 millones de km<sup>3</sup> se encuentran en estado sólido en los casquetes polares y glaciares, 5 millones de km<sup>3</sup> son aguas subterráneas y 16 los otros 5 millones corresponden a las aguas superficiales. Sólo un 1% es agua dulce superficial fácilmente accesible (en los lagos y ríos y a poca profundidad en el suelo, de donde puede extraerse sin mayor costo). Sólo esa cantidad de agua se renueva habitualmente con la lluvia y las nevadas y es, por tanto, un recurso sostenible. (Decreto 1729 del 6 de agosto de 2002)

### **Calidad y cantidad de agua en una cuenca hidrográfica**

La cuenca hidrográfica es la unidad de análisis y planificación para darle el enfoque integrado al estudio del recurso hídrico superficial y subterráneo. Es el territorio o espacio de terreno limitado por cerros, partes elevadas y montañas, de los cuales se configura una red de drenaje superficial, que en presencia de precipitación de lluvias, forma el escurrimiento de un río para conducir sus aguas a un río más grande o a otro río principal, lago o mar.(Faustino,2001)

En una cuenca hidrográfica se da el deterioro de los suelos, bosques y agua, daño a las aguas superficiales, los cuales de se reflejan como una respuesta inmediata de la cuenca a las

alteraciones en la ocurrencia temporal del flujo y el deterioro de la calidad de las aguas de ríos. Los recursos naturales de una cuenca (agua, suelo, biodiversidad) son renovables si se pueden reemplazarse por la vía natural o mediante la intervención humana. Por el contrario, son no renovables cuando no se les puede reemplazar en un periodo de tiempo significativo en términos de las actividades humanas a que están sometidos (Ramakrishna 1997). Los cambios en el uso de la tierra sobre la calidad del agua han sido ampliamente comprobados. Éstos provocan alteraciones en los regímenes hídricos, cambios dramáticos de la calidad y cantidad del agua, especialmente al uso potable. Las prácticas de manejo en el uso de la tierra tienen una influencia muy fuerte en la calidad y cantidad del agua (Mitchell et al, 1991).

### **Factores que influyen en la cantidad y calidad del agua**

#### **Uso de la tierra y su relación con la calidad del agua**

Los cambios en el uso de la tierra sobre la calidad del agua han sido ampliamente comprobados. Éstos provocan alteraciones en los regímenes hídricos, cambios dramáticos de la calidad y cantidad del agua, especialmente al uso potable. Las prácticas de manejo en el uso de la tierra tienen una influencia muy fuerte en la calidad y cantidad del agua (Mitchell et al, 1991).

Se dice que el 80% del deterioro de la calidad del agua, se debe a sedimentos suspendidos, en su mayoría provenientes de la erosión de suelos como producto de presencia de urbanizaciones, deforestación, actividades agrícolas y ganaderas, siendo este tipo de actividades las que mayor impacto causa en la calidad del agua (Singh 1989). El uso de la tierra tiene efectos sobre los procesos hidrológicos y de sedimentación, y está relacionada con la escorrentía, inundaciones, recarga de agua subterránea, erosión y carga de sedimentos. El tamaño de los granos del suelo, su ordenamiento y su contenido de materia orgánica son factores íntimamente ligados a la capacidad de infiltración y de retención de humedad, por lo que el tipo de suelo predominante en la cuenca, así como su uso, influye de manera notable en la magnitud y distribución de los escurrimientos. Los impactos de las prácticas del uso de la tierra se pueden agrupar en dos categorías: impactos sobre los valores de uso y valores de no uso. Los valores de uso pueden ser consuntivos, por ejemplo, el riego y el uso doméstico, y no consuntivos, como el transporte. Las masas de agua y las zonas de ribera pueden tener también valores de usos no significativos, por ejemplo como almacén de biodiversidad. La incertidumbre existente en las relaciones entre las actividades del uso de la tierra en la cuenca

alta y los impactos sobre los usuarios de los recursos de la cuenca baja, crea a su vez una incertidumbre en los valores económicos.

### **La actividad ganadera y su relación con la calidad del agua**

La ganadería es una de las prácticas de uso de la tierra más comunes, con impactos sobre la calidad del recurso hídrico. Cuando se da un sobrepastoreo, es un efecto muy negativo desde el punto de vista bacteriológico y químico (Brooks et al. 1991). Generalmente este efecto se observa en lugares de alta precipitación, fuertes pendientes, cercanos a fuentes de agua. Los contaminantes provenientes de estas áreas son arrastradas con facilidad y rapidez hacia los cuerpos de agua. El impacto más significativo se da en el caso de que estas fuentes hídricas estén desprovistas de cobertura vegetal que les de protección, o la ausencia de una zona de amortiguamiento, ya que estas corrientes arrastran microorganismos patógenos, nutrientes y sólidos suspensos (Brooks et al. 1991). Los incrementos de bacterias en el agua se evidencian cuando el ganado pasta en áreas muy cercanas a las fuentes de agua. En un estudio realizado, la cantidad de bacterias en el suelo fue en función del tipo y del número de ganado, y la forma en que los desechos fueron tratados o almacenados (Brooks et al. 1991). Asimismo, la contaminación de las aguas superficiales por nutrientes provenientes de áreas de pastoreo afecta la calidad del agua (Wagner 1996). Es por ello que un efecto sobre la calidad del agua se da por la intensidad del sobrepastoreo, ya que afecta la densidad del suelo, con el incremento del pisoteo, de tal forma que al ocurrir una lluvia o riego, la capacidad de almacenamiento del suelo es superada fácilmente, e inevitablemente ocurrirá arrastre de nutrientes por efecto de la escorrentía y lixiviación a las fuentes de agua. Se ha estimado que en áreas de ganadería con 1% de pendiente basta con 8 toneladas de peso seco por hectárea de 20 estiércol para que las aguas superficiales sean enriquecidas por nitrógeno y fósforo (Vidal et al. 2000). Los factores que controlan y disminuyen los efectos de la contaminación por el estiércol están íntimamente relacionados a la capacidad de absorción de los cultivos al nitrato la capacidad de absorción del amonio por parte del suelo. Siendo afectada esta última por la compactación del suelo, lo que provoca una baja liberación de amonio en el suelo y seguido por el transporte a las fuentes de agua mediante la escorrentía (Vidal. 2000).

## **La agricultura y su influencia en la calidad del agua**

La agricultura constituye una de las actividades más practicadas en el mundo, particularmente en áreas rurales. Su impacto sobre la calidad del agua es de mucha importancia. Aproximadamente el 70% de los recursos hídricos del mundo son usados por la agricultura, lo cual significa el principal factor de la degradación de éstos, como consecuencia de la erosión y de la escorrentía química (FAO 1993).

Según Ongley (1997), la agricultura es el mayor usuario del agua dulce a escala mundial y el principal factor de degradación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos, debido a la erosión y la escorrentía con productos proveniente de agroquímicos. Esto justifica la preocupación existente por sus repercusiones en la calidad del agua a escala mundial. La agricultura tiene un fuerte impacto sobre el ambiente, especialmente sobre las condiciones de las aguas superficiales y subterráneas, es considerada como una fuente importante de contaminación en las aguas dulces de América Latina. Las principales fuentes agrícolas contaminantes la constituyen los fertilizantes, pesticidas y la ausencia del manejo de desechos sólidos. La agricultura no es solamente el mayor consumidor de los recursos hídricos, sino que debido a las ineficiencias en su distribución y aplicación sus efluentes que retornan a los recursos de aguas superficiales o subterráneas contienen grandes cantidades de sales, nutrientes, productos agroquímicos que también contribuyen al deterioro de su calidad (FAO 1993). La expansión agrícola y la deforestación en países tropicales son causas de degradación del agua. Se ha demostrado que plaguicidas asociados con sedimentos son una fuente muy común en países del trópico. En la actualidad, los organismos dedicados a determinar la calidad de agua realizan muestreos más diversos, incluyendo agua, sedimento y biota, con la finalidad de determinar con mayor precisión los plaguicidas que se encuentran en el medio acuático (IICA 1997). En la mayor parte de los países latinoamericanos, uno de los problemas más fuerte es la contaminación derivada de las fuentes no puntuales, como es el caso de la agricultura, dada por el uso de fertilizantes, plaguicidas, insecticidas y residuos que son arrastrados por las lluvias a las fuentes de agua (Wagner et al. 2000).

De igual manera al usar estiércol de ganado como abono en la agricultura, una porción significativa de amonio puede ser transportada a los cuerpos de agua por escorrentías de los campos agrícolas (Chambers et al. 2002).

## **Actividades humanas**

El uso inapropiado que el hombre ha hecho de la tierra, eliminando las masas boscosas, ha sido causa principal en relación con el caudal de los ríos. Es decir, se refleja en la más rápida evacuación del agua y en la calidad de la misma. La recepción de aguas contaminadas se da a través de dos fenómenos: las aguas de lluvias que discurren por el suelo y el subsuelo, que luego de su contacto con ella arrastran sub productos de las actividades humanas que cambian su calidad natural, y las aguas que luego de ser usada y transformada su calidad físico- química, son reintegradas a los cuerpos de aguas naturales. El receptor de todas las aguas que discurren por el territorio de la cuenca es el océano. De igual forma, los acuíferos que son otras fuentes de abastecimiento de agua pueden ser contaminadas por las actividades del ser humano (Mendoza 1989). El deterioro de la calidad causado por la contaminación influye sobre el uso de las aguas curso abajo, amenaza la salud humana y el funcionamiento de los sistemas acuáticos, induciendo así la efectiva disponibilidad e incrementando la competencia por agua de calidad (GWP 1996).

Los ríos son parte fundamental y vulnerable en el ciclo hidrológico. De acuerdo con Restrepo (2005), estos afluentes en 212.000 km<sup>3</sup>, contienen 0,006% del agua dulce del mundo. Andrade (2011), afirma “que un río protegido sería un sistema de drenaje que se maneja con el objetivo de conservación de su integridad ecológica. Los ríos, incluyendo las llanuras aluviales y los humedales, se encuentran entre los ecosistemas globalmente amenazados. El carácter ecológico singular de estos y su biodiversidad característica los constituyen en una pieza esencial de las políticas de conservación, y su no reconocimiento explícito hace que estos no queden adecuadamente representados en las estrategias de protección. El autor manifiesta que es difícil aplicar el concepto de río protegido a un tramo inferior, si su parte alta ha sido severamente modificada porque todos los atributos de la Integridad ecológica revisados presentan una fuerte dependencia con el estado del río en sus tramos superiores”. En las afirmaciones se evidencia la relevancia de proteger el ecosistema lótico, sus características cambian durante se recorrido hasta su desembocadura, en este trayecto se presentan cambios en la composición física-química a causa de sus intervenciones naturales o a intervenciones del ser humano. Un río con alto grado de conservación tiene su integridad ecológica en las mejores condiciones, ofreciendo características únicas para el desarrollo de especies de fauna y flora, por tanto, se debe conservar el medio que lo rodea, sus interacciones y su equilibrio natural.

## **Impactos Ambientales del Sector de Hidrocarburos en el recurso Agua**

Los lodos de producción pueden estar basados en agua o en petróleo.

Los lodos solubles en agua tienen como componente principal la barita y el carbonato de calcio, a los que se añaden compuestos inorgánicos como la bentonita y otras arcillas que aumentan la viscosidad. Estos lodos incluyen varios metales pesados tóxicos, sales inorgánicas, detergentes, polímeros orgánicos, inhibidores de la corrosión y biocidas. A pesar de su nombre, estos lodos contienen cantidades significativas de hidrocarburos (100-7000 ppm), los mismos que son usados para reducir la fricción y como lubricantes (Bravo, 2007).

Los lodos en base a hidrocarburos contienen petróleo mineral, con cantidades variables de hidrocarburos aromáticos, limo para aumentar el pH y controlar la corrosión, químicos en base a lignita para controlar la pérdida de fluidos, emulsificantes y detergentes, entre los que se incluyen ácidos grasos, aminas, amidas, ácido sulfónico y alcoholes como emulsificantes secundarios; bentonita; cloruro de calcio es usado como emulsificante para aumentar la viscosidad de los lodos. Se han hecho experimentos que muestran que los lodos de perforación en base a petróleo pueden estar presentes en el medio después de 180 días de la descarga, con un grado de biodescomposición de menos del 5% (Bakke y Laake, 1991). Los lodos de perforación en base a petróleo inhiben el crecimiento y desarrollo reproductivo de algunas especies acuáticas, reduce el establecimiento de ciertas comunidades biológicas cuyos hábitos son alterados. Se observa cambios en las respuestas inmunológicas en peces y otras especies. Hay un incremento en la sensibilidad de algunos crustáceos marinos (como camarones y langostas), especialmente en las fases tempranas del desarrollo embrionario (Patin, 1999).

### **AGUAS SALOBRES TÓXICAS DE YACIMIENTOS PETROLEROS**

Uno de los problemas más significativos durante la extracción de petróleo, es el agua salobre presente en los yacimientos petroleros, y que sale a la superficie asociada con el crudo. Es conocida también como agua de formación, y representa uno de los problemas que con mayor dificultad enfrenta la industria petrolera (Reyes & Ajamil, 2005).

Los organismos más vulnerables son:

- Fitoplancton.- El petróleo interrumpe la fotosíntesis porque reduce la

penetración de luz. Inhibe o retrasa la división celular

- Componentes del zooplancton
- Huevos y juveniles acuáticos.
- Animales que se alimentan por filtración
- Animales que absorben el alimento por quimio-recepción
- Animales que viven en túneles acuáticos pueden ahogarse por la presencia de petróleo
- Tortugas acuáticas y otros reptiles
- Peces bentónicos. Produce larvas deformadas
- Aves acuáticas-. Alteraciones fisiológicas por ingestión crónica de agua contaminada, incluyendo aceleración de la función hepática para eliminar el petróleo ingerido), debilidad general, pérdida de flotabilidad, por lo que se ahogan, las plumas pierden la capacidad aislante por lo que están más expuestas a cambios climáticos. Son presa fácil de predadores porque su movilidad se altera
- Mortalidad en huevos de aves a concentraciones de 20 ppb, producida por contaminantes traídos por las hembras al nido junto con los alimentos

## DERRAMES DEL HIDROCARBURO

Cuando la contaminación llega al agua, los componentes más pesados tienden a hundirse en los sedimentos, provocando una contaminación constante del agua, y afectando a la fauna acuática y fundamentalmente a los organismos que viven en el fondo de los ríos y de los lagos. Las zonas de baja energía son también propensas a la concentración de contaminantes. Los componentes del petróleo pueden entrar en la cadena alimenticia. Los componentes más livianos o volátiles se evaporarán y son depositados en otras partes por la lluvia (Bravo, 2007).

Un río afectado por un derrame de crudo pierde toda su capacidad de sostener flora y fauna acuática, muchas de las sustancias que contiene el crudo se depositan en los sedimentos y son de difícil degradación y fácilmente bioacumulables. Se calcula que metales pesados como el vanadio puede permanecer en los sedimentos de los ríos por lo menos unos 10 años. Luego de un derrame petrolero, se altera la composición de las poblaciones de peces, pues desaparecen las especies sensibles a la contaminación, y se seleccionan las especies más resistentes (Bravo, 2007).

## **Teoría del río continuo**

De acuerdo con Vannote et al., (1980) “el cuerpo de los ríos, desde su cabecera hasta su desembocadura no se presenta como un sistema homogéneo, ya que su nacimiento y el desarrollo del mismo a través de un área es totalmente diferente entre sus partes. Esta observación es la base de la teoría del río como un continuo, en donde las variables fisicoquímicas dentro del río presentan un gradiente continuo de condiciones. Tal gradiente genera diferentes respuestas en las poblaciones que allí se desarrollan y constituyen así un continuo de ajustes biológicos y patrones consistentes de carga, transporte, utilización y reserva de material orgánico a lo largo de su cauce. De esta manera, los gradientes y procesos producen un cambio continuo y predecible de las comunidades acuáticas a lo largo del río”.

## **Río Protegido**

Los ríos son parte fundamental y vulnerable en el ciclo hidrológico. De acuerdo con Restrepo (2005), estos afluentes en 212.000 km<sup>3</sup>, contienen 0,006% del agua dulce del mundo. Andrade (2011), afirma “que un río protegido sería un sistema de drenaje que se maneja con el objetivo de conservación de su integridad ecológica. Los ríos, incluyendo las llanuras aluviales y los humedales, se encuentran entre los ecosistemas globalmente amenazados. El carácter ecológico singular de estos y su biodiversidad característica los constituyen en una pieza esencial de las políticas de conservación, y su no reconocimiento explícito hace que estos no queden adecuadamente representados en las estrategias de protección. El autor manifiesta que es difícil aplicar el concepto de río protegido a un tramo inferior, si su parte alta ha sido severamente modificada porque todos los atributos de la Integridad ecológica revisados presentan una fuerte dependencia con el estado del río en sus

## **Relación entre factores fisicoquímicos y macrofauna acuática**

La composición química del agua está relacionada con la capacidad que tiene esta de mantener elementos y sustancias en solución, importantes para el desarrollo de la microbiota (Gil, 2014). Los parámetros fisicoquímicos del agua determinados por factores ambientales influyen de manera directa en la diversidad de las comunidades de los macroinvertebrados. Algunos factores como la profundidad, pH, alcalinidad, dureza, iones de calcio, materia orgánica, contaminantes de tipo industrial y doméstico, determinando la abundancia relativa de las comunidades. La turbiedad, el color y los sólidos suspendidos afectan a los organismos que requieren directamente de las plantas para su alimentación debido a que estos reducen la entrada de los rayos solares suprimiendo la producción primaria.

Por otro lado, existen otros factores que influyen directamente en las comunidades de macroinvertebrados acuáticos como la heterogeneidad de los hábitats, el tamaño del espejo de agua, el tipo de sustrato y el fitoplancto ( Gualdron, 2016).

## **Macroinvertebrados**

Los macroinvertebrados acuáticos son todos aquellos organismos que viven en el fondo de ríos y lagos, adheridos a la vegetación acuática, troncos y rocas sumergidas. Sus poblaciones están conformadas por platelmintos, insectos, moluscos y crustáceos principalmente. Se les denomina macroinvertebrados, porque su tamaño va de 0.5mm hasta alrededor de 5.0mm, por lo que se les puede observar a simple vista. Es un hecho que la composición de las comunidades de macroinvertebrados refleja la calidad de los ecosistemas acuáticos; por ello, los métodos de evaluación basados en dichos organismos han sido ampliamente utilizados desde hace varias décadas como una parte integral del monitoreo de la calidad del agua (Roldán G, 2016).

## **Biología y ecología de los macro-invertebrados acuáticos**

Los macroinvertebrados son organismos generalmente bentónicos (organismos de aguas profundas), los cuales se subdividen en tres tipos: 1) el neuston, incluyen aquellos organismos que viven sobre las superficies de agua, 2) el necton, compuestos por todos aquellos individuos que nada libremente en el agua y 3) el bentos, se refiere a aquellos organismos que viven en el fondo de ríos y lagos, adheridos a rocas, troncos, restos materia vegetal y sustratos similares.

Muchos organismos de las familias Trichoptera, Plecóptera, Crustacea y algunos dípteros y coleópteros, consumen materia orgánica particulada gruesa no leñosa. Algunos de estos son filtradores, consumiendo principalmente materia orgánica fina, microbiota y perifiton. Además, algunos de estos son depredadores, pueden consumir macrofitas por perforación de tallo y hojas o presas animales como el caso de algunos plecópteros, tricótelos y coleópteros.

Algunos factores como la disponibilidad de oxígeno son determinantes para el desarrollo de los macroinvertebrados. Así, el aumento de materia orgánica en el agua produce una proliferación de microorganismos encargados de su descomposición, generando una reducción de la concentración de oxígeno disuelto en el agua y un aumento de la concentración de nutrientes inorgánicos, como el amonio y el fosfato. La mayoría de estos invertebrados son sensibles a la reducción de oxígeno disuelto, viéndose afectada su

abundancia. Por el contrario, otros grupos toleran bajas concentraciones de oxígeno disuelto. Estos grupos presentan una serie de modificaciones morfológicas que les permite vivir en condiciones de anoxia, siendo capaces de fijar oxígeno a muy baja concentración o incluso obtener energía mediante fermentación anaerobia. (Roldan, 2003)

### **Bioindicadores**

Los bioindicadores son organismos o comunidades de estos que a través de su presencia indican el nivel de preservación o el estado de un hábitat (Morais et al., 2009). El bioindicador ideal es aquel que tiene tolerancias ambientales estrechas (Zúñiga y Caicedo, 1997), es decir, son sensibles a las alteraciones de los factores físicos y químicos del medio en el que viven. Los bioindicadores miden los efectos de la contaminación en el ambiente y en los propios seres vivos, por tanto, ofrecen información sobre los riesgos para otros organismos, el ecosistema y también para el ser humano (Anze et al., 2007). Las especies bioindicadoras son aquellas que pueden vivir bajo condiciones ambientales relativamente particulares (Segnini 2003).

### **BMWP'Col**

Según Roldán, y Restrepo (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 macroinvertebrados como bioindicadores. Las razones para ello fueron básicamente económicas y del tiempo que se requiere invertir. El método solo necesita llegar al nivel de familia y los datos son cualitativos (presencia/usencia)”. Basados en el conocimiento que actualmente se tiene en Colombia de los diferentes grupos de macroinvertebrados hasta el nivel de familia, se propone utilizar el método BMWP/Col como una primera aproximación para evaluar los ecosistemas acuáticos de Colombia (Roldán, 1988, 1997, 1999, 2003). Zúñiga et al (1997) fueron los primeros que adoptaron este método para algunas cuencas del Valle del Cauca, Colombia.


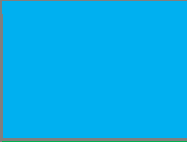

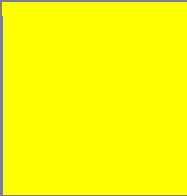

Tabla 3. De acuerdo con Roldan (1998), Puntajes asignados a las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos para la obtención del BMWP/Col.

<b>Familias</b>	<b>Puntajes</b>
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blephariceridae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gripopterygidae, Lampyridae, Odontoceridae, Perlidae, Polymitarcyidae, Polythoridae, Psephenidae	10
Coryphoridae, 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, Hyaellidae, 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, Planorbidae, Simuliidae, Tabanidae, Thiaridae	5
Belostomatidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Ephydriidae, Glossiphoniidae, Haliplidae, Hydridae, Muscidae Scirtidae, Empididae, Dolichopodidae, Hydrometridae, Noteridae, Sciomyzidae	4
Chaoboridae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Stratiomyidae, Tipulidae.	3

<b>Familias</b>	<b>Puntajes</b>
Chironomidae (cuando no es la familia dominante), Isotomidae, Culicidae, Psychodidae, Syrphidae	2
Haplotaxida, Tubificidae	1

Fuente: Roldan Pérez. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia-uso del método BMWP/Col. Edit. Universidad de Antioquia. Primera Edición 2003)

Tabla 4. Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo al índice BMWP Roldan G. (1998).

<b>Clase</b>	<b>Calidad</b>	<b>Valor del BMWP</b>	<b>Significado</b>	<b>Color</b>
I	Buena	≥150	Aguas muy limpias	
		123-149	Aguas no contaminadas	
II	Aceptable	71-122	Ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación	
III	Dudosa	46-70	Aguas moderadamente contaminada	
V	Crítica	21-45	Aguas muy contaminadas	

Clase	Calidad	Valor del BMWP	Significado	Color
V	Muy crítica	<20	Aguas fuertemente contaminadas, situación crítica	

Fuente: Roldan Pérez. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia-uso del método BMWP/Col. Edit. Universidad de Antioquia. Primera Edición 2003)

### Índices Ecológicos

Han sido propuestos por ecólogos con el propósito de estimar la cantidad de especies existentes en una localidad a partir de información parcial, comparar biológicamente diferentes localidades o evaluar el reparto de recursos entre las distintas especies de lo que suele denominarse una comunidad. Generalmente, estas herramientas metodológicas eran y son utilizadas para el estudio de conjuntos de organismos similares (taxocenosis) colectados en una serie de localidades que difieren en alguna característica ambiental. Son índices cuyos valores sirven para comparar agrupaciones biológicas de distintas localidades o fases temporales. (Moreno, 2000).

### Índice De Riqueza Margalef

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

Dónde:

**S** = Número de especies

**N** = Número total de individuos

Transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra. Supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos donde k es constante (Magurran, 1998). Si esto no se mantiene, entonces el índice varía con el tamaño de muestra de forma desconocida. Usando S-1, en lugar de S, da DMg = 0 cuando hay una sola especie.

### Índice De Shannon – Weaver (1949)

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Magurran, 1988). Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. (Moreno, 2000).

### Índice De Dominancia de Simpson

Índices de dominancia Los índices basados en la dominancia son parámetros inversos al concepto de uniformidad o equidad de la comunidad. Toman en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies.

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Dónde:

$p_i$  = abundancia proporcional de la especie i, es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra. (Moreno, 2000).

### Índice De Equidad (Pielou)

El índice de Pielou ( $J'$ ) se expresa como el grado de uniformidad en la distribución de individuos entre especies. Se puede medir comparando la diversidad observada en una comunidad contra la diversidad máxima posible de una comunidad hipotética con el mismo número de especies (Moreno, 2000).

$$J' = \frac{H'}{H'_{Max}} = \frac{H'}{\ln(S)}$$

Donde:

$H'$  = es el Índice de Shannon – Wiener

$S$  = es la riqueza máxima esperada

H' es el valor del índice de Shannon-Wiener es una relación entre la diversidad observada y el máximo valor de diversidad esperado. Varía entre cero (0) y 0.1, donde adquiere el valor de 0.1 cuando todas las especies presentan la misma abundancia (Moreno, 2000).

## **Marco Conceptual**

### **Parámetros fisicoquímicos**

Entre las variables fisicoquímicas, se identifican la temperatura, el color, la turbiedad, la demanda biológica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO), presencia de nitratos, sulfatos y fosfatos, metales pesados, oxígeno disuelto, el pH y la conductividad.. Estas variables son de gran importancia para los ecosistemas acuáticos debido a que son indicativos de la composición y dinámica de los agentes contaminantes y contribuyen en la evaluación de la calidad de agua de los cuerpos loticos (Gualdron, 2016)

### **Temperatura**

La temperatura es una de las variables más significativas en los cuerpos de agua, sirviendo de indicativo de la estabilidad ecológica del sistema. Además, las variaciones de este parámetro generan un cambio en el ambiente de desarrollo de la fauna y flora presentes en los cuerpos de agua; elevando el potencial tóxico de ciertas sustancias disueltas en el agua.

La turbiedad es el grado de opacidad en el agua debido a la presencia de material particulado en suspensión. La concentración de sustancias determina la transparencia del agua debido a que limita el paso de luz. Algunas actividades como: construcciones de carreteras, canteras, minería; dejan el suelo expuesto a la erosión, permitiendo que por escorrentía se altere este parámetro en ríos.

### **Potencial de Hidrogeniones (pH)**

Es un indicativo del grado de acidez, basicidad y alcalinidad del agua. Además, este parámetro origina variación en la composición de la fauna y flora de los cuerpos de agua e influye en el grado de toxicidad de ciertos compuestos, como el amoníaco, metales pesados, hidrógeno sulfurado, entre otros (Gualdron 2016)

### **Conductividad**

La conductividad es una medida de la propiedad que poseen las soluciones acuosas para conducir la corriente eléctrica. Esta propiedad depende de la presencia de iones, su concentración, movilidad, valencia y de la temperatura de la medición. Las soluciones de la

mayor parte de los compuestos inorgánicos son buenas conductoras. Las moléculas orgánicas al no disociarse en el agua, conducen la corriente en muy baja escala. Para la determinación de la conductividad la medida física hecha en el laboratorio es la resistencia, en ohmios o megaohmios. La conductividad es el inverso de la resistencia específica, y se expresa en micromho por centímetro ( $\mu\text{mho/cm}$ ), equivalentes a microsiemens por centímetro ( $\mu\text{S/cm}$ ) o milisiemens por centímetro ( $\text{mS/cm}$ ) en el Sistema Internacional de Unidades (IDEAM, 2006).

### **Sólidos Totales Disueltos**

Indica la presencia de sales disueltas, partículas en suspensión de carácter orgánico e inorgánico. Con los sólidos se puede establecer relaciones con otros parámetros como la DQO y la DBO, generando resultados más acertados.

### **Nitratos**

Estos son compuestos solubles conformados molecularmente por nitrógeno y oxígeno. En el ambiente, el nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) generalmente se convierte a nitrato fácilmente ( $\text{NO}_3^-$ ), lo que significa que el nitrito raramente está presente en aguas subterráneas. El nitrato es esencial en el crecimiento de las plantas. Por esta razón su uso predominante es como fertilizante y se produce en grandes cantidades industrialmente (Singler & Bauder, 2005).

### **Fosfatos**

Es un indicador de la cantidad de detergentes sintéticos vertidos a una corriente, debido a que estos poseen entre 12 y 13% de fósforo en sus formulaciones. Además, este parámetro es fundamental al contribuir en procesos de eutroficación en los cuerpos de agua.

### **Oxígeno disuelto, OD**

La demanda química de oxígeno es un parámetro analítico de polución que mide el material orgánico contenido en una muestra líquida. La determinación de la DQO es una medida de la cantidad de oxígeno consumido por la porción de materia orgánica existente en la muestra y oxidable por un agente químico oxidante fuerte (Romero J, 2002).

### **Demanda Bioquímica de Oxígeno en Cinco Días (DBO5)**

Es un indicativo de la carga polucional que pueden generar los desechos domésticos e industriales de carácter orgánico al ser descargado en corrientes de agua en las que existen condiciones aeróbicas. Generalmente, se determina la demanda a los cinco (5) días y

mediante ecuaciones de cinética bacteriana se extrapolan los resultados a los 20 días, para obtenerlos más rápidamente.

### **Demanda química de oxígeno (DQO)**

Determina la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica presente en una muestra de agua, bajo condiciones específicas de un agente oxidante, temperatura y tiempo. (Gualdron 2016)

### **Parámetros microbiológicos**

Las aguas crudas pueden tener una gran variedad de microorganismos, algunos de estos son patógenos y otros no patógenos. Por patógenos se entienden aquellos organismos con la capacidad de causar enfermedades a los seres vivos mientras que los no patógenos no generan efectos en la salud humana o animal. Los microorganismos más importantes que se encuentran en el agua y que tienen potencial patógeno son las bacterias, virus, algas, hongos y algunos protozoos.

### **Coliformes Totales**

Los coliformes fecales son un grupo de bacterias representado por las familias de las enterobacterias que han sido utilizadas como indicador idóneo para el agua potable. Dentro de este grupo, se destacan bacterias aeróbicas y anaeróbicas facultativas; aunque el mayor representante es la bacteria *Escherichia coli*, distinguiéndose por su facilidad de crecer a elevadas temperaturas y por la capacidad de producir la enzima glucoronidasa. (Gualdron, 2016).

## **Marco Geográfico**

El bosque de Galilea se encuentra ubicado en los Municipios de Villarrica, Dolores, Prado, Purificación, Cunday e Icononzo en el Departamento del Tolima, cuenta con un área aprox. a las 33.000 has. Altitud entre los 1.300- 3.000 msnm; en las estribaciones de la Cordillera Oriental, con variedad de pendientes que van desde zonas onduladas, hasta áreas escarpadas (Cortolima, 2004). En el que se ubica la cuenca alta del Rio Negro.



Figura 1. Ubicación del Bosque Galilea al Nororiente del Departamento del Tolima.

Fuente: Fuente: Proyecto Valoración de Servicios Ecosistémicos Bosque Galilea

### Marco Legal

Tabla 5. Normatividad Colombiana que se involucra en el proyecto descrito, además de sustentar la importancia de desarrollo de la investigación.

DECRETO/LEY	DISPOSICIÓN	OBSERVACIONES
<b>Constitución política de Colombia de</b>	Artículo 8 Artículo 79	Artículo 8. Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación.

DECRETO/LEY	DISPOSICIÓN	OBSERVACIONES
1991.		<p>Artículo 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.</p> <p>Artículo 80. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.</p> <p>Es de relevancia tener en cuenta que este es un corredor ecológico para especies que están amenazadas, es un bosque nativo primario en cual se tienen intereses de extracción y explotación.</p>
<b>Ley 99 de 1993</b>	<p>Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se</p>	<p>En el artículo 2 menciona que el Ministerio es el organismo rector de la gestión del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, encargado de definir las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables y el medio ambiente de la Nación, a fin de asegurar el</p>

<b>DECRETO/LEY</b>	<b>DISPOSICIÓN</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
	organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.	desarrollo sostenible.
<b>Resolución 2115 de 2007</b>	Sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano	Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.
<b>Resolución 631 del 2015</b>	Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.	El objeto del presente decreto es establecer el sistema para la protección y control de la calidad del agua, con el fin de monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por su consumo, exceptuando el agua envasada.
<b>Resolución 151 de 2001</b>	Regulación integral de los servicios públicos de Acueducto, Alcantarillado y Aseo	Las disposiciones contenidas en la presente resolución aplican a los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo; a las actividades complementarias de éstos y a las actividades que realizan los prestadores de los mismos en los términos de la Ley 142 de 1994.
<b>Decreto 1729 del 2002 Cuencas</b>	Reglamenta la ordenación de las cuencas hidrográficas,	

DECRETO/LEY	DISPOSICIÓN	OBSERVACIONES
<b>hidrográficas</b>	orientada al planeamiento del uso y manejo sostenible de los recursos naturales renovables, expone la necesidad de partir de diagnósticos y prospectivas, así como de la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de manera concertada con los actores sociales.	<p>En este aplica a nuestra propuesta</p> <p>Artículo 4° Los criterios de calidad establecidos en el presente Decreto son guías para ser utilizados como base de decisión en el ordenamiento, asignación de usos al recurso y determinación de las características del agua para cada uso.</p> <p>Artículo 10°. Entiéndase por zona de mezcla, el área técnicamente determinada a partir del sitio de vertimiento, indispensable para que se produzca mezcla homogénea de éste con el cuerpo receptor; en la zona de mezcla se permite sobrepasar los criterios de calidad de agua para el uso asignado, siempre y cuando se cumplan las normas de vertimiento.</p> <p>Capítulo II: DEL ORDENAMIENTO DEL RECURSO</p>
<b>Decreto 1594 de 1984. Derogado por el art. 79, Decreto Nacional 3930 de 2010, salvo los arts. 20 y 21.</b>	<p>Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.</p>	

DECRETO/LEY	DISPOSICIÓN	OBSERVACIONES
<b>Decreto 1575 del 2007</b>	Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano	<p>Capítulo IV: De los Criterios de Calidad para destinación del Recurso</p> <p>Capítulo XI: De los procedimientos para la modificación de normas de vertimiento y criterios de calidad.</p> <hr/> <p>El objeto del presente decreto es establecer el sistema para la protección y control de la calidad del agua, con el fin de monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por su consumo, exceptuando el agua envasada.</p> <p>Aplica a todas las personas prestadoras que suministren o distribuyan agua para consumo humano, ya sea cruda o tratada, en todo el territorio nacional, independientemente del uso que de ella se haga para otras actividades económicas, a las direcciones territoriales de salud, autoridades ambientales y sanitarias y a los usuarios.</p>
<b>Decreto 1076 del 2015</b>	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible	<p>En la cual el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible es el rector de la gestión del ambiente y de los recursos naturales renovables, encargado orientar y regular ordenamiento ambiental del territorio y de definir las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y del</p>

<b>DECRETO/LEY</b>	<b>DISPOSICIÓN</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
		ambiente de la Nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible, perjuicio de funciones asignadas a otros sectores.

Fuente: Autores

## **DISEÑO METODOLÓGICO**

### **Área De Estudio**

El presente proyecto se realiza en la cuenca alta del Río Negro en el Bosque Galilea, el cual se halla ubicado principalmente en la vereda Galilea del municipio de Villarrica, este

tiene una extensión de 33000 ha, su área de influencia está comprendida entre los 850 y 3000 msnm, con temperaturas que varían entre 6° y 18°C (Gómez y Pastrana, 2016).

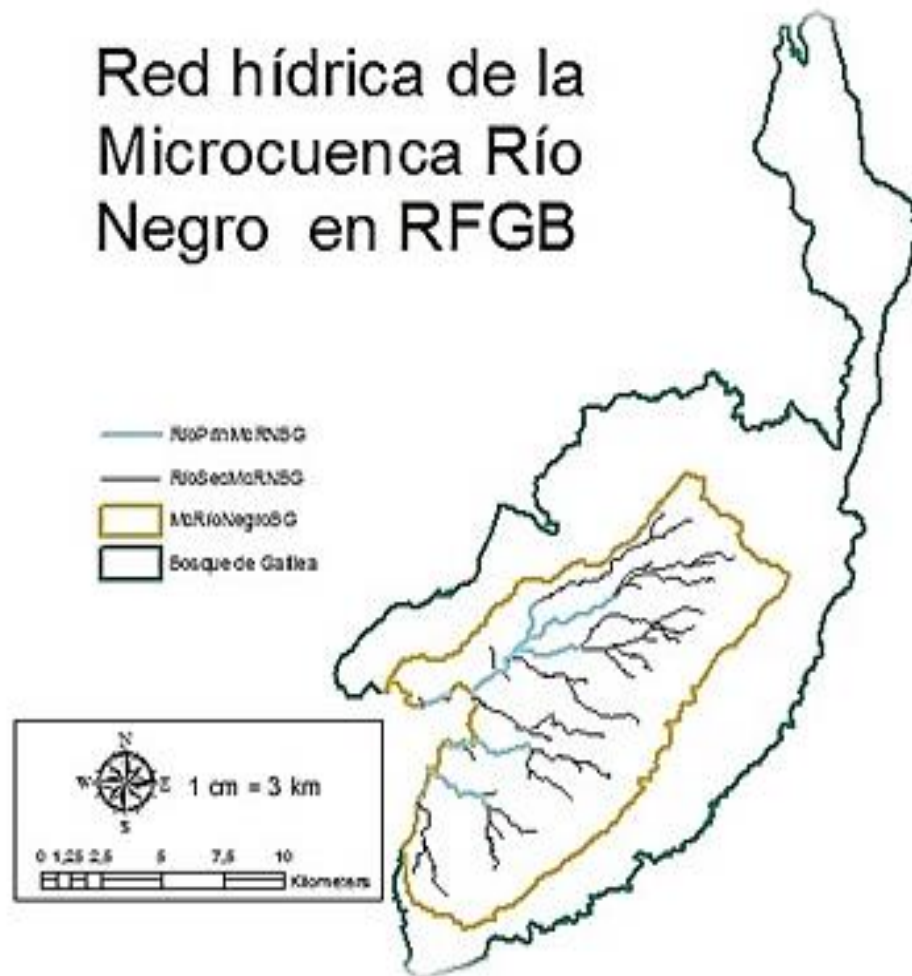
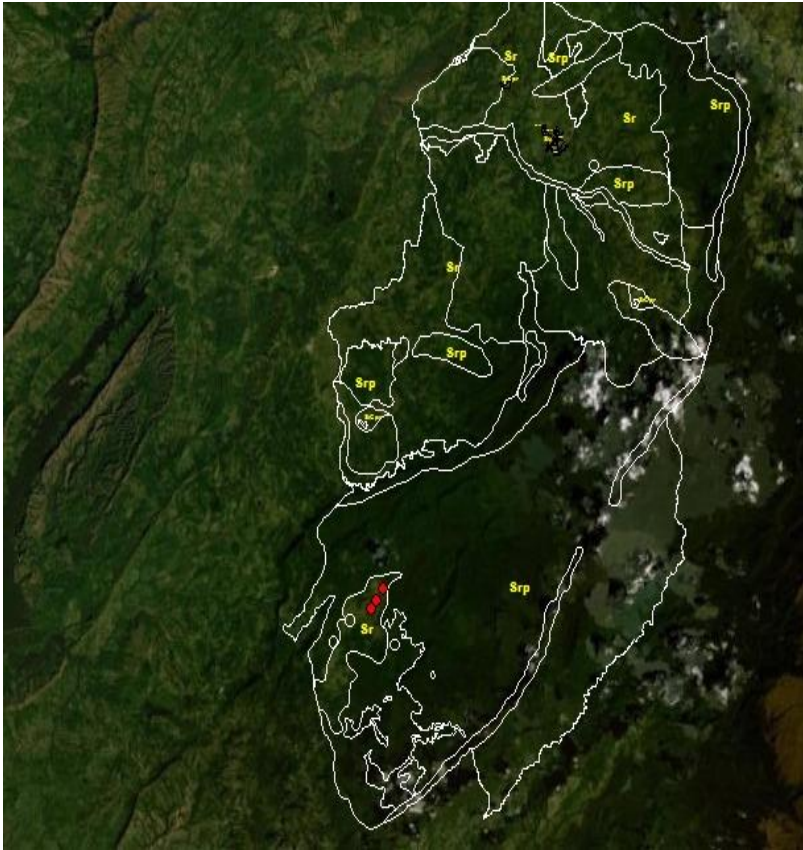


Figura 2. Localización de la Microcuenca de Río Negro

Fuente: Proyecto Valoración de Servicios Ecosistémicos Bosque Galilea

### **Escala Espacial Del Estudio y Selección De Los Puntos De Muestreo**

El estudio se realiza en los meses de junio y agosto del año 2019 donde se evidenció variabilidad climática **con altas y menores precipitaciones**. El área de muestreo seleccionado se ubica en la vereda Galilea, Municipio de Villarrica, en el cual se establecieron tres puntos denominados la botella, la roca y la playa.



Símbolo	Clasificación	
Srp	Suelo Rural	Suelo rural de Protección
Sr		Suelo Rural
SrCpr		Suelo rural con Centros poblados rurales
SU	Suelo Urbano	Suelo Urbano
Sup		Suelo Urbano de protección
SEU		Suelo que puede ser utilizado para desarrollo Urbanístico

Figura 3: Ubicación de las estaciones de muestreo, los cuales están representados con puntos de color Rojo y por último la clasificación uso del suelo de acuerdo con datos suministrados por la alcaldía de Villarrica- Tolima

Fuente: Google Earth

**Estación No. 1. La Botella.** En este punto de muestreo se establecieron las coordenadas 3° 46' 39" N y 74° 40' 36" O. Se escogió este punto porque está ubicado en un lugar donde no se observaron intervenciones antrópicas y a los alrededores del cuerpo hídrico presenta una cobertura vegetal alta como se observa en la imagen



Figura 4. Primera Estación la Botella

Fuente: Autores

**Sitio No. 2. La Roca.** Este sitio de muestreo se ubica en las coordenadas 3° 27' 03" N y 74° 40' 43" O. En sus alrededores se observó que existen pastizales para ganadería.



Figura 5. Segunda Estación La Roca

Fuente: Autores

**Sitio No. 2. La Playa.** Se realiza en este lugar debido a que se identifican dos vertimientos puntuales en el tramo del sitio 2 y 3, provenientes de actividades de ganadería lo cual genera indicio a la modificación de la calidad de agua, sus coordenadas corresponden a 3° 46' 03" N y 74° 40' 43" O.



Figura 6. Tercera Estación la Playa

Fuente: Autores

1. **Universo.** Cuenca Alta del Río Negro
2. **Población.** Especies de Macroinvertebrados, parámetros fisicoquímicos y microbiológicos presentes en la cuenca alta de Río Negro
3. **Muestra.** Tres estaciones de muestreo

### **Técnicas o instrumentos para la recolección de datos**

Se realizaron dos visitas a la Cuenca alta del Río Negro con el objetivo de recolectar macroinvertebrados, tomar las muestras de agua y los parámetros in situ como el oxígeno disuelto, temperatura y la ubicación geográfica, para esto se establecieron las fechas teniendo en cuenta el comportamiento de las precipitaciones de los últimos cinco años lo cual según el IDEAM se presentan dos épocas de invierno y dos de verano durante el transcurso del año; el periodo de lluvias es intenso durante los dos semestres del año, con un verano marcado en los meses de diciembre, enero, julio y agosto.

Dadas las condiciones climáticas del municipio, se establecen como temporadas de muestreo el mes de Junio (temporada lluvia) y el mes de Agosto (temporada Seca).

Para realizar el Índice de Calidad del Agua se establecieron tres puntos de muestreo denominados la botella, la roca y la playa en los cuales se analizaron 5 parámetros: Conductividad, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Fósforo total, Nitrógeno total, Sólidos suspendidos totales en el laboratorio ANALQUIM LTDA, quienes suministraron los envases en los que se tomaron las muestras para cada muestreo seis frascos, tres plásticos de un litro y tres de vidrio los cuales contenían ácido sulfúrico como conservante, cada envase fue respectivamente rotulado de acuerdo al sitio de muestreo y se conservaron en neveras de icopor las cuales mantuvieron la cadena de frío que exige el laboratorio.

Para la Elaboración del Método BMWP/COL se realizó la colecta de Macroinvertebrados Acuáticos en los tres sitios mencionados, donde se emplearon tres técnicas colecta manual, con red de Patada y Red Surber, los cuales se depositaron en frascos de 700ml con alcohol, seguidamente se identificaron las familias de acuerdo a la guía (Roldán, 2003) y se asignaron los puntajes correspondientes.

Por último, se desarrollan los Índices ecológicos utilizando el software Past Program donde se establece la estadística descriptiva del estudio.

## Método de análisis

### Análisis Fisicoquímico y Microbiológico

Los parámetros fisicoquímicos con el apoyo de la Alcaldía de Cunday se analizaron en el Laboratorio ANALQUIM LTDA, ubicado en la ciudad de Bogotá en el cual se analizaron cinco parámetros químicos: Conductividad, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Fósforo total, Nitrógeno total, Sólidos suspendidos totales, in situ se midieron oxígeno disuelto y temperatura, por último se analizaron parámetros microbiológicos en el laboratorio de aguas de la Universidad de Cundinamarca, con la ayuda del co-director del trabajo de grado.

El método de análisis de cada parámetro Fisicoquímico utilizados por el laboratorio se describe a continuación:

Tabla 6. Parámetros fisicoquímicos y técnicas analíticas utilizadas

PARÁMETRO	TÉCNICA ANALÍTICA
CONDUCTIVIDAD	Electrometría
D.B.O 5	Incubación 5 días y electrodo de membrana
FÓSFORO TOTAL	Colorimétrico
NITRÓGENO TOTAL KENDALL	Volumétrico
pH	Electrométrico
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	Gravimétrico – Secado a 105 °C

Fuente: Laboratorio ANALQUIM LTDA

### Análisis de Bioindicación (Macroinvertebrados)

La colecta de macroinvertebrados se realizó en las estaciones de muestreo establecidas, siguiendo la metodología de colecta y preservación de los individuos, seguidamente fueron trasladados a laboratorios de la Universidad del Tolima donde con

ayuda de estereoscopios se observaron e identificaron según la guía de Roldán hasta el nivel de familia, seguidamente se separan las familias de acuerdo a la guía establecida por Roldan (2012) y Domingo & Hugo Fernández (2009), por último se asigna la puntuación y valoración para que de esta manera identificar la calidad de agua de los tres puntos de muestreo del afluente.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se describen los resultados obtenidos en cuanto a los diferentes parámetros evaluados y a las metodologías empleadas para la obtención de los mismos, se describen los principales factores que pudieron incidir en los datos obtenidos, así como todo el análisis de bioindicación establecido a través de la colecta de macroinvertebrados en la cuenca alta del Rio Negro.

Tabla 7. Características de las estaciones estudiadas

<b>Nombre De La Estación</b>	<b>Número</b>	<b>Nombre Del Rio</b>	<b>Sustrato</b>	<b>Morfología Del Terreno</b>	<b>Tipo de Vegetación</b>	<b>Uso del Suelo</b>
BOTELLA	1	Rio Negro	Arenas blancas, grava, roca	semiplano	Arbórea, arbustos, arvenses, musgos	Bosque natural
ROCA	2	Rio Negro	Arenas blancas, grava, roca	Semiplano	Arbórea, arbustos, arvenses, musgos	Bosque natural, silvopastoril
PLAYA	3	Rio Negro	Arenas blancas, grava, roca	Ondulado	Arbustos, arvenses, musgos,	Silvpastoril

Fuente: Autores

Se identificó que en las tres estaciones en general se presenta una dominancia de sustratos finos, con dominancia de suelo tipo arenoso y húmedo, además de sustratos rocosos de diferente tamaño desde piedras finas hasta grandes espacios de roca firme, dentro de las especies de vegetación en la rivera de rio negro se encuentra especialmente en las estaciones uno y dos una alta cobertura arbórea con un dosel aproximado de 12 metros de altura en suelos bastante húmedos con características propias de áreas de humedal, cobertura de musgos y epifitas que almacenan un porcentaje elevado de agua, en la estación de muestreo 3 denominada playa se evidenciaron las consecuencias del impacto de la ampliación de la frontera agrícola, con un porcentaje de cobertura arbórea menor al 40% en la ribera del rio y un suelo en el cual se logra apreciar la compactación y degradación generada a causa del uso

inadecuado para cría de ganado en zona de humedal.

Respecto a vertimientos, se presentan en algunos puntos desde la estación de muestreo 2, principalmente de pequeños riachuelos que atraviesan las áreas de potrero aledañas a la rivera del río y que con ellas arrastran contaminación de tipo orgánico (Ver anexo 6) provenientes de los desechos generados por los bovinos que pastorea allí.

## 1. ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS

En este capítulo del documento final DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE VARIABLES FÍSICO QUÍMICAS Y LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO NEGRO (BOSQUE GALILEA, 2019), se presentan los resultados obtenidos del muestreo realizado.

En el Anexo 1, se encuentra el informe entregado por el laboratorio ANALQUIM LTDA de cada una de las muestras donde se indica también el límite de detección de los equipos utilizados durante el análisis. Cada uno de los parámetros analizados y su concentración, se constituyen en indicadores de la calidad del agua, a partir de los cuales se puede definir si el agua está contaminada.

Para el estudio espacio-temporal de la calidad del agua en la cuenca alta del río negro se realizaron muestreos en las siguientes fechas en los 3 puntos definidos anteriormente el día 30 de junio de 2019 y 5 de agosto del presente año, en los que se reportaron los resultados en la tabla 8.

Tabla 8. Resultados de análisis de parámetros fisicoquímicos en las dos fechas de muestreo establecidas

PARÁMETRO	Unidades	JUNIO			AGOSTO		
		Estación No.1	Estación No.2	Estación No.3	Estación No.1	Estación No.2	Estación No.3
Conductividad	$\mu\text{S}/\text{cm a } 25^{\circ}\text{C}$	18,7	18,7	18,0	24,6	24,5	24,9
D.B.O 5	mg/L O <sub>2</sub>	2	2	2	12	12	14
Fósforo Total	mg/L P	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

PARÁMETRO	Unidades	JUNIO			AGOSTO		
		Estación No.1	Estación No.2	Estación No.3	Estación No.1	Estación No.2	Estación No.3
Nitrógeno Total Kendall	mg/L N	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
pH	UNT	4,93	5,40	5,63	4,20	4,24	4,29
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	5	5	5	5	5	5

Fuente: Autores

### Temperatura

El valor promedio (muestreos realizados en el año 2019) de la temperatura ambiente para la cuenca alta del río Negro fue de 7,0 °C para la época de transición invierno verano, mostrando una característica típica de los ríos de alta montaña, según (Duran, 2016) este valor se encuentra dentro del rango óptimo (< 35 °C) establecido para la biota acuática. Esta variable es de suma importancia debido a que en condiciones de alta temperatura, disminuye el oxígeno disuelto; aumentando la actividad bacteriana y la sensibilidad de la biota acuática a ciertos componentes tóxicos.

Se muestra una marcada diferencia en relación a la temperatura registrada durante la elaboración del POMCA Rio Prado estación de muestreo No 1 (Rio Negro) en el año 2004, en la cual se registraron temperaturas entre los 20 y 25 °C. Esto puede relacionarse directamente a la medición realizada en campo, lo que pondría en duda el dato tomado según la literatura consultada para ríos de montaña en zona tropical temperaturas promedio para alturas de 1400 MSNA a 2000 MSNM de alrededor de 19 °C

### Conductividad

Para este parámetro se evidencia un promedio de 25 microciens por centímetro, sin embargo se marca una amplia diferencia entre las dos temporadas de muestreo, esto puede estar relacionado con la diferencia de caudal para la temporada de agosto, ya que se evidenció una disminución, adicional a esto puede estar asociado a fluctuaciones no percibidas de la

temperatura, ya que para el mes de agosto la sensación térmica fue más alta que en el mes de junio. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

presentó un valor promedio de 7 aunque en el mes de agosto se presentó un incremento significativo en este parámetro, esto puede estar asociado a una menor disolución de la carga orgánica contaminante ya que el caudal del río fue más bajo para esta época. Adicional a esto,.

### **Fosforo Total**

Los valores de fosforo total se mantuvieron estables tanto en los puntos como en las dos épocas de muestreo, esto se relaciona directamente con la ausencia de vertimientos de aguas residuales y la poca intervención agrícola que pudiese interferir en los valores de fosforo presentes en el agua del Río Negro. El valor se mantuvo constante en 0,1 mg/L P. evidenciado en la poca nula proliferación de algas además de esto el valor encaja perfecto dentro de la concentración máxima permitida en la normatividad colombiana (0,5 mg/L). el valor de 0,1 mg/L P, encaja con los muestreos realizados En el muestreo de agosto de 2005 para algunos afluentes de la cuenca del río Negro el valor promedio fue de 0,31 mg/l, siendo la estación quebrada El Boquerón la de mayor valor con 0,66 mg/l y el menor valor se registró en la quebrada El Pescado con 0,04 mg/l.

### **Nitrógeno total**

Los valores para este parámetro fluctuaron por debajo de los 3,3 mg/L N, siendo un claro indicador de la escasa presencia de contaminación por materia orgánica, en relación a las cantidades de nitritos y nitratos en el agua del Río Negro se traduce en cantidades bajas de estos dos compuestos siendo la suma de estos el contenido de nitrógeno total, esta información nos arroja un promedio de 1,65mg/L tanto para nitritos como para nitratos, esto teniendo en cuenta que los contenidos en nitratos tienen habitualmente un origen en la nitrificación del nitrógeno orgánico o también pueden proceder de la disolución de los terrenos que los contiene. A su vez, los nitritos provienen de una oxidación incompleta del amoníaco o de una reducción de los nitratos bajo la influencia de una acción desnitrificante (villa, 2011). En el agua analizada en los diferentes puntos se encontraron concentraciones bajas de nitrógeno total, valores que además corresponden al rango a los límites permisibles de nitritos y nitratos, y que se encuentran en la normativa legal vigente del Ministerio del Ambiente.

## Potencial de hidrogeniones (pH)

Los valores de pH fueron muy similares en los tres puntos de muestreo, presentándose como aguas ácidas con un promedio de pH igual 5,32. La medida más alta se presentó en el punto de muestreo 1 denominado botella, con una medición de pH igual a 5,63 y la más baja para el punto de muestreo 3 denominado Playa con 4,93. Según Manahan el fenómeno de acidez en el agua suele estar asociado a contaminación, sin embargo la acidez en aguas naturales es generalmente el resultado de la presencia de ácidos débiles particularmente por la solubilización del CO<sub>2</sub>, pero a veces incluye otros como H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, H<sub>2</sub>S, proteínas y ácidos grasos. Para el caso de Río Negro y en general para las fuentes que nacen en Bosque Galilea, se puede asociar el rango de pH tan bajo a la presencia de iones metálicos ácidos, particularmente el Fe<sup>3+</sup>, el cual se vería manifestado en el color rojo intenso que tiene las aguas, adicional a esto se puede relacionar a los tipos de suelos sobre los cuales está ubicado el bosque, representados en su mayoría por roca y arenas blancas de las cuales se presentaría un porcentaje alto de lavado de carbonatos los cuales intervendrían en el pH de las aguas.

## Sólidos Suspendidos Totales

El parámetro de sólidos totales no presentó variación entre las estaciones evaluadas contrario a lo que se esperaba las mediciones de sólidos suspendidos totales estuvieron por debajo de 5mg/L tanto en la temporada de lluvias como en la temporada seca, de esto se puede deducir que a pesar del incremento de las lluvias la cobertura vegetal inhibe el impacto del arrastre de material hacia el cauce del río. En general se obtiene un porcentaje bajo para este parámetro el cual es típico para muestreos realizados en fuentes cuya rivera mantienen un nivel de conservación de la cobertura vegetal tan bueno como el de Bosque Galilea.

## ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA)

Tabla 9. Resultado de los Puntajes del Índice de Calidad del Agua para aguas Superficiales

PUNTAJES DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA					
JUNIO			AGOSTO		
Estación 1	87	Aceptable	Estación 1	78	Aceptable
Estación 2	83	Aceptable	Estación 2	72	Aceptable
Estación 3	84	Aceptable	Estación 3	76	Aceptable

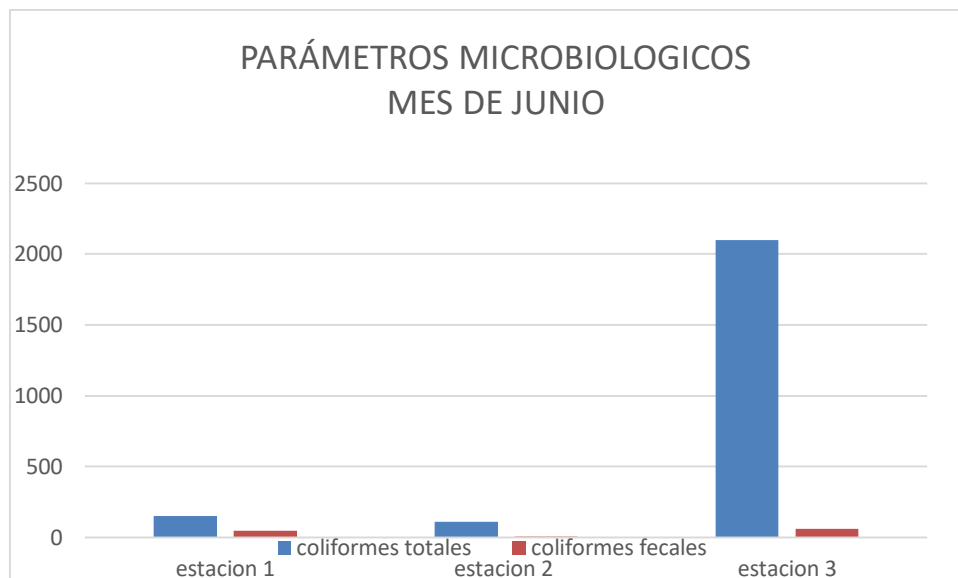
Los Valores de Índice de Calidad de Agua evidencian que el afluente está en buenas condiciones fisicoquímicamente, el nivel de conservación se genera a partir de zona de influencia en donde no se presenta una alta actividad antropogénica y su densa vegetación.

Por otra parte, las variaciones espacio temporales en las zonas estudiadas durante los dos muestreos pueden estar relacionadas con el caudal, la velocidad, la altura y la capacidad de oxigenación, características propias de cada cuerpo de agua, donde las concentraciones de contaminantes a causa del estiércol bovino pueden fluctuar de acuerdo a las precipitaciones que se presenten. Este río de Montaña tiende a tener las condiciones óptimas para que se desarrolle la vida, debido a que tiene un alto porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, aunque por sus niveles de pH tan bajos no se evidencia presencia de peces, por esta razón se deben realizar biomonitoreos y establecer el uso del agua de este afluente.

En el presente análisis general permitió determinar que en el primer componente las variables más significativas y con mayor varianza fueron: conductividad eléctrica y la demanda bioquímica de oxígeno, la primera relacionada con el lavado por escorrentía de los suelos del bosque y la segunda con la disminución del caudal por ende menor dilución de materia orgánica presente, que no es significativa debido al alto porcentaje de oxígeno disuelto en el cauce de esta manera se determina que el estado del cuerpo hídrico es aceptable.

## ANÁLISIS DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

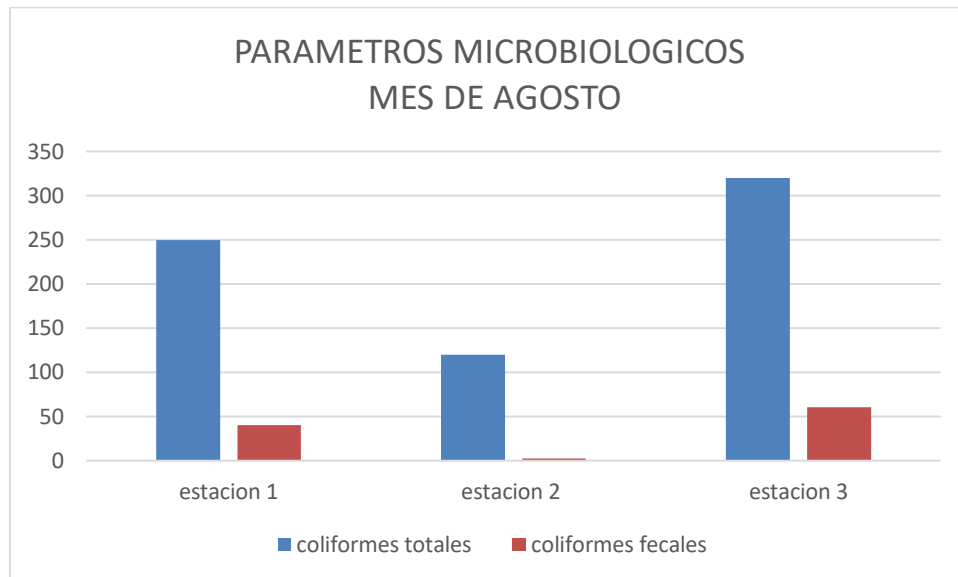
Haciendo énfasis en el incremento de la DBO para el mes de agosto, nos adentramos en el análisis de los parámetros microbiológicos, ya que al igual que esta variable también aumento considerable mente la presencia de coliformes fecales y totales, esto se puede atribuir en primera medida a la disminución del caudal, ya que las actividades realizadas en la zona de influencia al área de muestreo no mostro cambios significativos, aunque pudiese estar relacionado con el incremento en el número de reses en la ribera del punto tres (playa) aunque no es de gran relevancia dado que el aumento se presentó de forma general en todos los puntos de muestreo.



Grafica 1. Comparación de la presencia de Coliformes Fecales y Coliformes Totales en las tres estaciones seleccionadas, en el primer muestreo correspondiente al mes de junio

Fuente: Autores

La fluctuación de los parámetros Coliformes fecales y Coliformes totales para el muestreo 1, evidencian un notable incremento en la estación 3, lo que estaría directamente relacionado con los vertimientos de aguas contaminadas con estiércol de bovinos que pastorea cerca al punto de muestreo denominado playa.



Grafica 2. Comparación de la presencia de Coliformes Fecales y Coliformes Totales en las tres estaciones seleccionadas, en el primer muestreo correspondiente al mes de agosto.

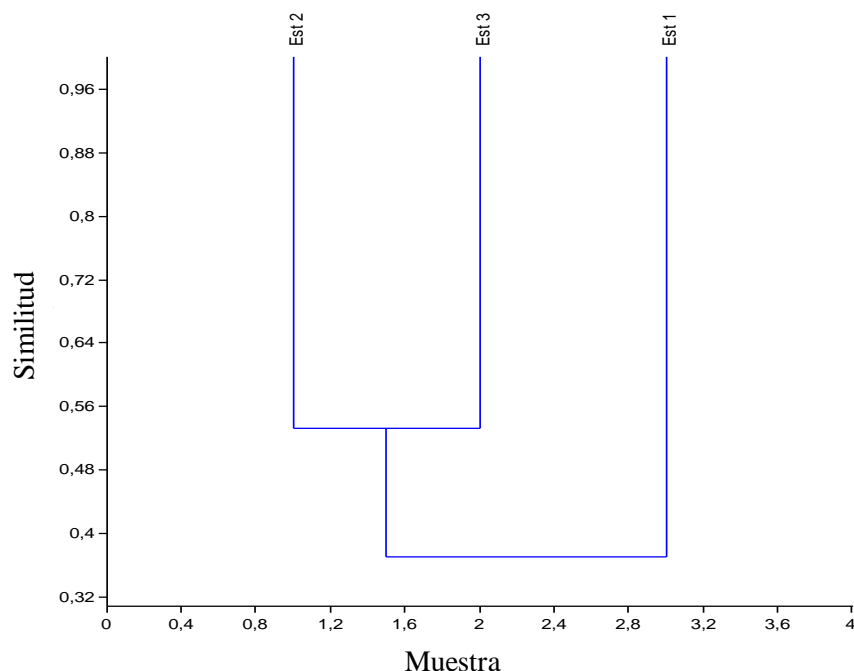
Fuente: Autores

Respecto a la segunda toma de muestras, se evidencia que el porcentaje más bajo para los dos parámetros se presenta en la estación 2 de muestreo (Grafica 3) lo que podría indicar una alteración reciente en la estación 1 que no es evidente ya que en este punto no se intensificaron a simple vista ningún tipo de vertimientos de aguas residuales, sin embargo, puede relacionarse con algún tipo de actividad que se esté desarrollando en la parte superior del punto uno de muestreo. A pesar de ello sigue siendo la estación número tres la que presenta los niveles más altos para estos parámetros, en el anexo 8 se muestran los reportes del laboratorio de Microbiología y Micorrizas de la Universidad del Tolima. En general la calidad microbiológica del agua fue mejor en la estación de muestreo número 2 denominada roca, concentraciones menores de Coliformes totales (Grafica 2). En cuanto a E.coli, todas las estaciones presentan concentraciones que indican que la calidad del agua no es apta para el consumo humano.

## ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA MÉTODO BMWP/COL (MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS)

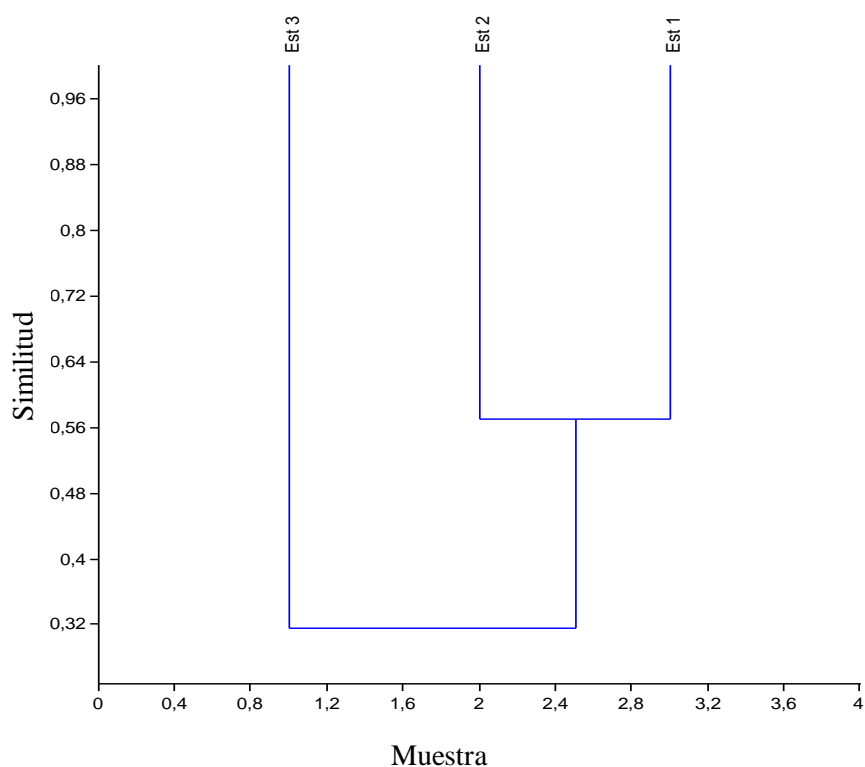
### Descripción de las Comunidades de Macroinvertebrados

La comunidad de macroinvertebrados encontrada en las estaciones de muestreo de la cuenca alta del Río Negro, en temporada de invierno estuvo representada por 219 individuos pertenecientes a 10 órdenes y 13 familias. Dentro de las familias reportadas, se destaca la presencia de *Leptoplebiidae* con un total de 76 organismos equivalentes al 36,07% del total de la comunidad reportada. El restante 63,92 estuvo representado principalmente por *Hemipteros* de la familia *veliidae* y por individuos pertenecientes al orden *Efemeroptera*. Durante el segundo muestreo en época de transición invierno-verano, la comunidad de macroinvertebrados estuvo representada por 326 individuos, pertenecientes a 14 órdenes y 16 familias. Dentro de los órdenes se destacaron por su porcentaje de abundancia fue *Ephemeroptera* con el 24% y *hemiptera* con el 13,24%, el restante 62,76% estuvo representado por los órdenes con abundancias iguales o inferiores 15 individuos, dentro de los que se encuentran entre otros *Trichoptera*, *Hemiptera*, *Coleóptera*.



Grafica 3. Dendrograma de similitud Macroinvertebrados acuáticos Análisis de Clasificación Bray Curtis. Se genera un grupo compuesto por las estaciones 1 y 2 con una similitud del 53%.

Fuente: Autores



Grafica 4. Dendrograma de similaridad Macroinvertebrados acuáticos Análisis de Clasificación Bray Curtis, en el eje Y se ubica la similitud en porcentaje y en el eje X se ubica la Muestra. Contrario a junio, en agosto son las estaciones 1 y3 las que generar agrupación con una similitud de 56 %.

### **Comunidades De Macroinvertebrados Encontrados En La Temporada De Transición invierno-verano, Junio de 2019 Rio Negro Bosque Galilea**

Para esta temporada se encontró una diversidad media respecto a estudios realizados en otras fuentes, con un total de 10 Ordenes de los cuales se presentó la mayor diversidad entre el orden Hemíptero, esto se puede relacionar con las características fisicoquímicas del agua especialmente el nivel bajo de pH que maneja el agua, el cual interviene en la biota interna del cauce, adicional a esto el limitado espacio de cobertura durante el muestreo al solo tener 3 estaciones de muestreo.

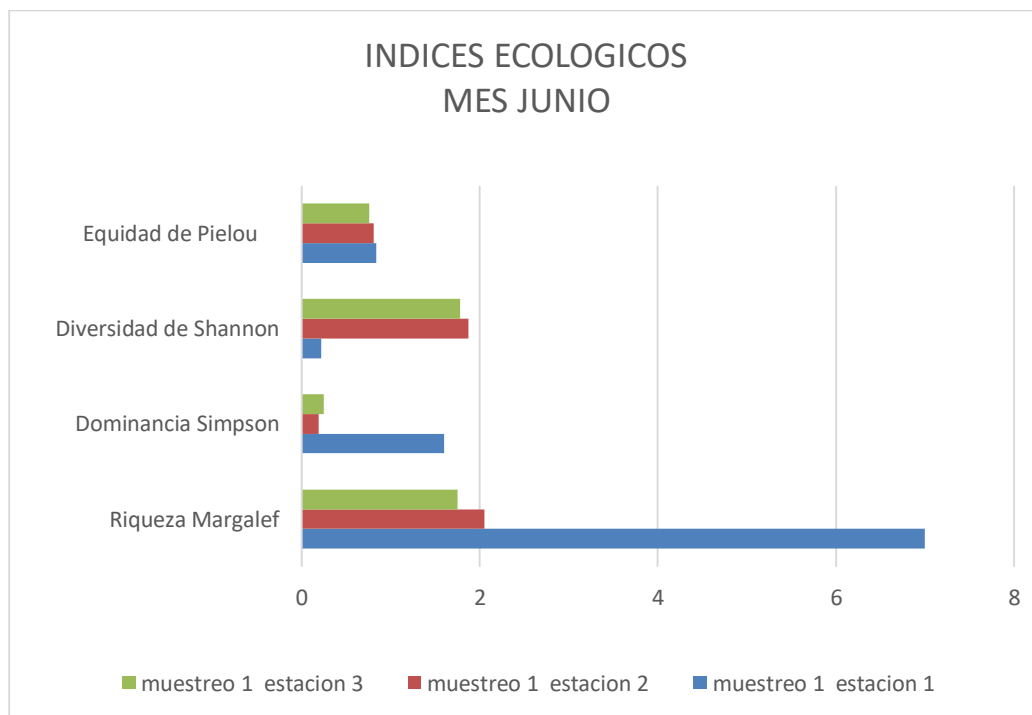
### **Composición y Abundancia de la Comunidad De Macroinvertebrados**

En relación con el hábitat fluvial, el Río negro presenta a lo largo de prácticamente todo su cauce diferentes características nombradas con anterioridad, por lo cual se esperaba encontrar una biota abundante, principalmente por la cobertura vegetal y el corredor biológico que representa para el departamento. Pese a lo que se esperaba, la realidad encontrada en las estaciones de muestreo contrasta con el escenario planteado para la biota

acuática.

Respecto a la distribución espacial se presentó de manera homogénea a lo largo del tramo de en el que se establecieron las estaciones de muestreo. Presentado una similitud amplia entre generos y familias.

En la gráfica 5 se pueden apreciar los resultados obtenidos respecto a los índices ecológicos, en la cual se puede evidenciar que en general no se presentan diferencias marcadas en aspectos como la riqueza, donde se presenta una mayor cantidad de especies para el primer muestreo en la estación numero 1 denominada botella lo que se asocia a las condiciones ecológicas provistas por esta área no intervenida que representa el nicho más adecuado para el desarrollo de la biota acuática dentro de la zona de muestreo.

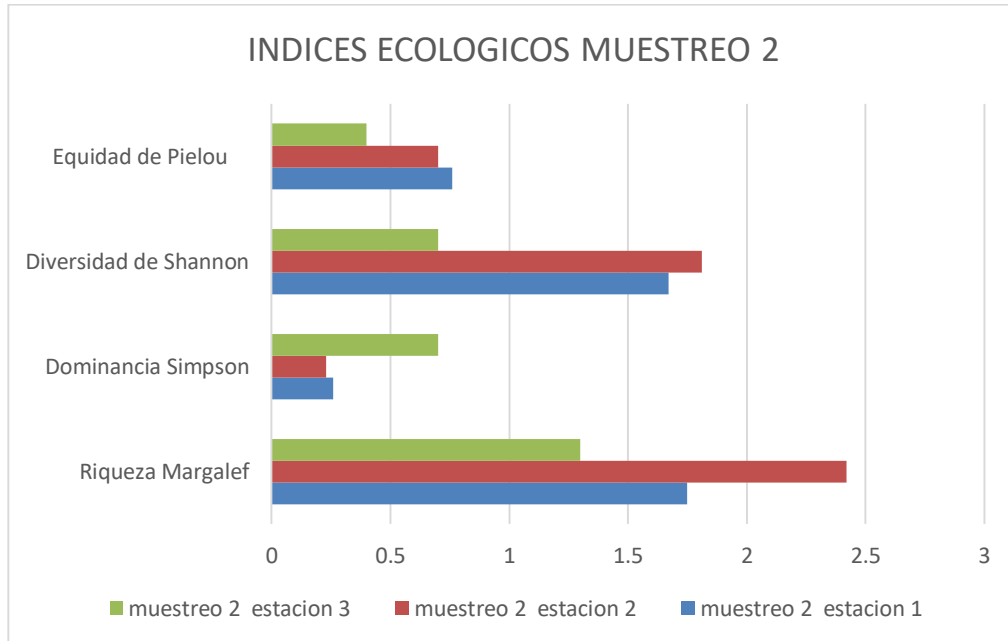


Grafica 5. Índices ecológicos para la época de verano (mes de junio).

Fuente: Autores

Para el muestro numero 2 realizado en el mes de agosto se evidencia que las características ecológicas que más favorecieron el desarrollo de la biota acuática fueron las del punto de muestreo número dos, esto indica algún tipo de afectación no identificada en la estación de muestreo número 1, esto haciendo un símil con los resultados obtenidos en el muestreo realizado en el mes de junio en cual se obtuvieron mejores resultados para la estación 1.

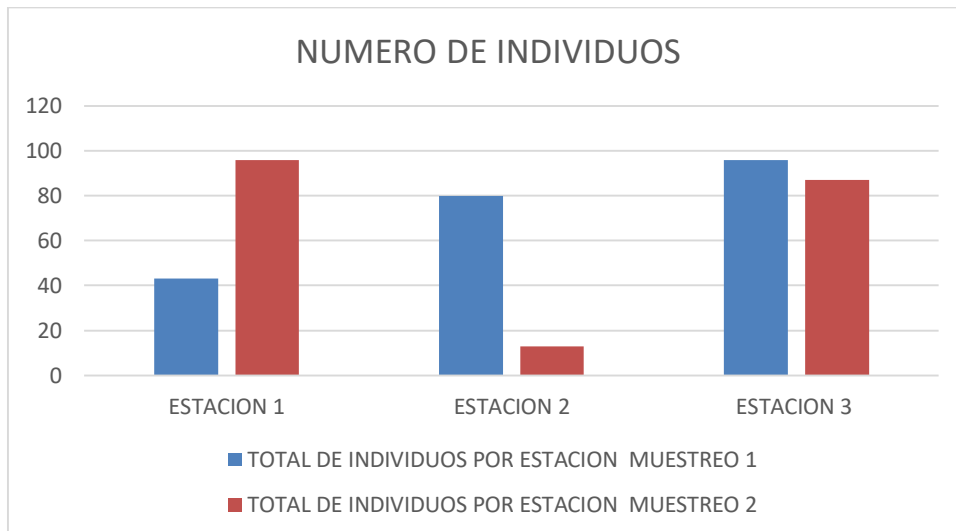
Adicional a esto se puede apreciar que en las tres estaciones de muestreo el índice de riqueza de Margalef está por encima que el de la dominancia de Simpson mostrando que las condiciones que ofrece el Rio Negro provee las características óptimas para el desarrollo de diferentes especies de macroinvertebrados



Grafica 6. Índices ecológicos para la época de transición verano- invierno (Mes de Agosto).

Fuente: Autores

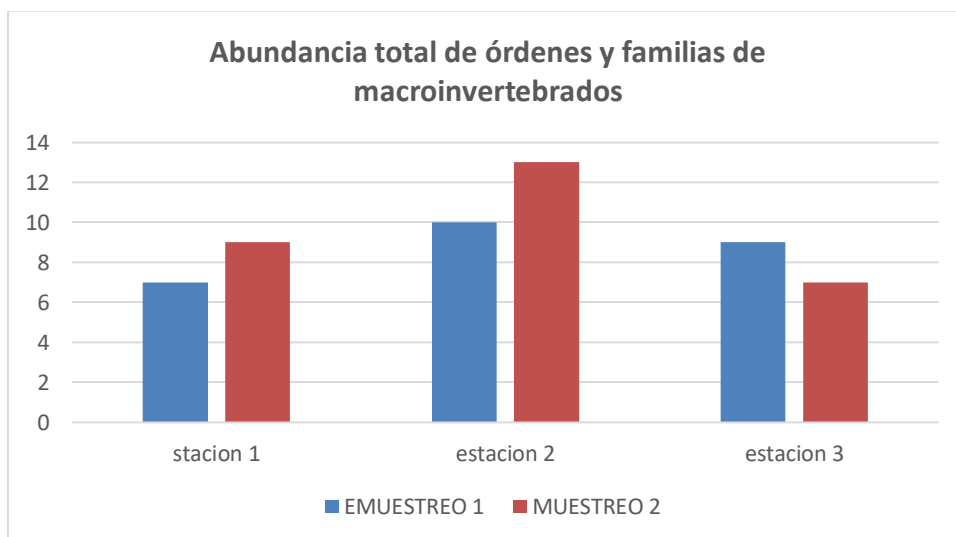
En la gráfica número 7 se muestra el número total de individuos colectados por estación y se realiza la comparación de este dato respecto a las dos épocas de muestreo, en esta grafica se puede apreciar que la diferencia más marcada se presenta en la estación dos de muestreo donde la diferencia es de 80 individuos en el muestreo uno y tan solo 10 en el muestreo dos, esto puede estar relacionado a las condiciones climáticas o a fluctuaciones en parámetros como la DBO que pudo afectar las condiciones para el desarrollo de la biota durante el muestreo en el me de agosto.



Gráfica 7. Comportamiento del número total de individuos en las épocas de muestreo.

Fuente: Autores

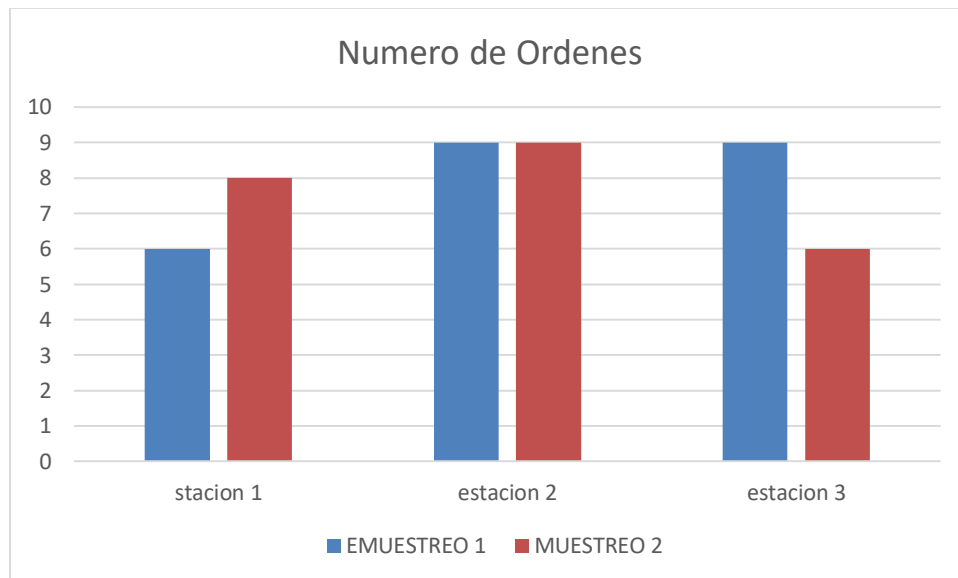
En la gráfica número 8 se puede identificar la variabilidad en el número de órdenes encontrados en cada estación de muestreo durante las dos temporadas de muestreo, en el cual resulta interesante descubrir que para el mes de agosto se presentó una mayor cantidad de individuos, representados en mayor número tanto de órdenes como de familias, esto se relaciona con la disponibilidad de hábitats que habría aumentado debido al retroceso de las guas para temporada de verano.



Gráfica 8. De acuerdo a los resultados encontrados en número de familias totales por punto de muestreo, se puede apreciar que la mayor diversidad se encuentra en la estación 2 de muestreo, esto para las dos temporadas.

Fuente: Autores

En la gráfica número 9 se presentan los resultados obtenidos respecto al número total de órdenes para cada estación de muestreo y para cada época de muestreo, dejando como conclusión que independientemente al número de individuos y de familias, no se presentó una gran variabilidad en los órdenes encontrados siendo muy similares tanto en las dos épocas de muestreo como en las estaciones.



Grafica 9. Número total de órdenes. Se muestra una gran similitud entre las estaciones dos y tres, aunque al igual que familias el número más alto de órdenes se encontró en el punto 2.

Fuente: Autores

## ÍNDICE BMWP

Al utilizar el índice BMWP en un tramo de la cuenca alta del Rio Negro, se obtiene (Tabla 10), que las aguas de estos ecosistemas pueden categorizarse en tres tipos así: - Aguas de calidad aceptable Ligeramente contaminadas en las que se evidencian efectos de contaminación, esto específicamente para la estación de muestro 2 denominada roca en las que la comunidad de macroinvertebrados parece encontrar ciertas dificultades que limitan su establecimiento, sin embargo es la estación que presenta un mayor puntaje para el índice BMWP. – aguas moderadamente contaminadas o de calidad dudosa, esto para las estaciones 1 y dos denominadas botella y playa respectivamente las que las condiciones ecológicas de los sistemas pueden estar limitando el establecimiento de algunos organismos con requerimientos ecológicos más específicos, o en las que al parecer se está viendo favorecido el establecimiento de organismos con rangos de tolerancia un poco más amplios que los reportados en la estación 2.

Tabla 10. Valores de BMWP calculados para 3 estaciones de la cuenca alta del Río negro, transición invierno-verano 2019 MUESTREO NUMERO 1

<b>MUESTREO 1</b>					
<b>Estación</b>	<b>Bmwp</b>	<b>Clase</b>	<b>Calidad</b>	<b>Color</b>	<b>Significado</b>
1	51	VI	Dudosa	Amarillo	aguas moderadamente contaminadas
2	74	II	Aceptable	Verde	aguas ligeramente contaminadas
3	53	VI	Dudosa	Amarillo	aguas moderadamente contaminadas

Fuente: Autores

Tabla 11. Valores de BMWP calculados para 3 estaciones de la cuenca alta del Río negro, transición invierno-verano 2019 MUESTREO NUMERO 2

<b>MUESTREO 2</b>					
<b>Estación</b>	<b>Bmwp</b>	<b>Clase</b>	<b>Calidad</b>	<b>Color</b>	<b>Significado</b>
1	46	VI	Dudosa	Amarillo	aguas moderadamente contaminadas
2	70	II	Aceptable	Verde	aguas ligeramente contaminadas
3	53	VI	Dudosa	Amarillo	aguas moderadamente contaminadas

Fuente: Autores

De acuerdo a los resultados obtenidos se tiene que contrario a lo que se esperaba, la calidad del agua si se está viendo afectada por las actividades antropogénicas incluso desde el punto 1 de muestreo, lo que deja al descubierto la fragilidad del ecosistema y como desde los inicios de la formación del cauce del Río Negro se ven alteradas sus propiedades físico químicas y microbiológicas, esto deja las puertas abiertas al desarrollo de programas de mitigación y prevención que se enfoquen en la importancia de preservar las características únicas de este ecosistema resaltando la importancia de este para la región.

Se ayuda a fortalecer la línea base en la ruta declaratoria de área protegida ya que se aporta información valiosa de las características y condiciones actuales del afluente más importante de Bosque Galilea, los aspectos que están generando mayor impacto en cuanto a

contaminación en la cuenca alta del Río, además de esto al ser realizado y socializado por personas de la región se incentiva de manera directa a la apropiación del territorio y se da a conocer la importancia de la conservación de este relicto de bosque. Por otra parte, los impactos ambientales asociados a la explotación de Hidrocarburos que se viene realizando y que otorgo licencia en el año 2005, que por la presencia de grupos al margen de la ley no lo habían podido ejecutar se puede destacar la afectación al Río Negro dado que tienen permiso según la documentación de la alcaldía de Villarrica para ocupar el 80% del cauce; Lo cual trae consecuencias graves para el ecosistema lotico, además de la deforestación, pérdida de hábitat para especies en vía de extinción como el oso de anteojos, especies endémicas como el mono churuco por la fragmentación del bosque y vertimientos que se pueden presentar a lo largo de extracción del crudo.

Respecto a la socialización del proyecto a la comunidad de Villarrica se realizó durante el foro GALILEA FUENTE DE VIDA, realizado el viernes 6 de septiembre en el cual participaron las diferentes entidades y asociaciones que lideran la ruta declaratoria de área protegida del Bosque Galilea, allí se nos brindó el espacio para compartir los resultados de la investigación realizada, además de tener la oportunidad de compartir con la comunidad Villarricense el alcance del proyecto y la importancia que tiene la protección del recurso hídrico del municipio y del planeta.

## CONCLUSIONES

- ✓ La comunidad de macroinvertebrados reportada en la cuenca del Río Negro durante los muestreos realizados en los meses junio y agosto del año 2019 estuvo mejor representada durante el segundo muestreo, donde posiblemente las condiciones de clima más cálido genero un caudal más bajo, dejando a disposición de las comunidades micro hábitats en los que gracias a la baja velocidad de corriente se favoreció el establecimiento de estas.
- ✓ El componente biológico en las aguas de rio negro influye en la medida que modifica las condiciones físicas de los sistemas y además provocan cambios en la concentración de algunas variables químicas como el porcentaje de oxígeno disuelto en el agua.
- ✓ Uno de los aspectos más relevantes dentro de los análisis físico químicos es el pH el cual se mantuvo en el rango de 4 a 6, representando una característica muy especial para las aguas procedentes de galilea.
- ✓ De acuerdo con los resultados obtenidos del cálculo del índice BMWP, podría decirse que las estaciones analizadas de la cuenca alta de Rio Negro presentan en su mayoría aguas moderadamente contaminadas de calidad dudosa donde la comunidad de macroinvertebrados encuentra ciertas limitaciones de tipo hidráulico que limitan su establecimiento.
- ✓ En general la calidad microbiológica del agua fue mejor en la estación de muestreo número 2 denominada roca, concentraciones menores de coliformes totales (figura, 1). En cuanto a E.coli, todas las estaciones presentan concentraciones que indican que la calidad del agua no es apta para el consumo humano.
- ✓ Realizando un símil entre las muestras analizadas en otros tramos de rio negro durante el año 2004 se coincide que los grupos de variables que presentaron correlación alguna dentro de las variables de óxido-reducción de la materia orgánica fueron DBO, nitratos, turbiedad y sólidos en suspensión, variables que por estar más cercanas entre sí que de las otras variables pueden estar correlacionadas y se consideran asociadas a procesos propios del metabolismo natural de la cuenca.
- ✓ En relación con el hábitat fluvial, el Río negro presenta a lo largo de prácticamente todo su cauce diferentes características nombradas con anterioridad, por lo cual se esperaría encontrar una biota abundante, principalmente por la cobertura vegetal y el corredor biológico que representa para el departamento. Pese a lo que se esperaría, la realidad encontrada en las estaciones de muestreo contrasta con el escenario planteado para la

biota acuática.

## RECOMENDACIONES

- ✓ Para la realización de próximas investigaciones en el interior de río negro es de gran importancia tener en cuenta el límite real de la frontera agrícola, para de este modo lograr apreciar las características ambientales naturales de áreas de bosque sin intervención de las actividades humanas.
- ✓ Resulta interesante adentrarse más en las características particulares del bosque, que puedan representar ecosistemas y hábitats especiales para el desarrollo de especies endémicas de la región.
- ✓ Se recomienda a los futuros estudiantes que se interesen por desarrollar proyectos de investigación en Bosque Galilea, tener en cuenta aspectos como la distancia y la logística que representa adentrarse a realizar muestreos o prácticas de investigación en la zona ya que se vivieron algunas dificultades por subestimar lo inhóspito que puede llegar a ser adentrarse en el bosque de niebla.
- ✓ Se recomienda realizar convenios con las entidades que trabajan en proyectos de investigación dentro de Galilea como la Universidad del Tolima y la Corporación Autónoma Regional del Tolima ya que el potencial investigativo con el que cuenta se presta para que la universidad de Cundinamarca explore las capacidades en investigación de los estudiantes.

## BIBLIOGRAFÍA

Andrade, G. (2011). Rio Protegido un Nuevo concepto para la gestión de sistemas fluviales en Colombia. *Gestión y ambiente*, 13(2), 66-69.

Anze et al. (2007). Metodología para el establecimiento el Estado Ecológico según la Directiva Marco del Agua: Protocolos de muestreo y análisis para invertebrados bentónicos, de Ministerio de medio ambiente Recuperado de:

[https://www.miteco.gob.es/es/agua/publicaciones/Protocolos\\_muestreo\\_biologico\\_con\\_portada\\_tcm30-214764.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/agua/publicaciones/Protocolos_muestreo_biologico_con_portada_tcm30-214764.pdf)

Álvarez (2005). Metodología para la Utilización de los Macroinvertebrados Acuáticos como Indicadores de la Calidad de Agua (Tesis de Maestría). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.

Armenteras D., Cadena V. C, y Moreno R. 2007. Evaluación del Estado de los Bosques de Niebla y de la meta 2010 en Colombia. Instituto de Investigación Biológico Alexander Von Humboldt. Bogotá D.C. –Colombia 712 p.

Bravo, E. (2007). Los Impactos De La Explotación Petrolera En Ecosistemas Tropicales y la Biodiversidad. Recuperado de:  
[https://www.inredh.org/archivos/documentos\\_ambiental/impactos\\_explotacion\\_petrolera\\_esp.pdf](https://www.inredh.org/archivos/documentos_ambiental/impactos_explotacion_petrolera_esp.pdf)

Bruijnzeel, LA y Hamilton, LS. 2001. Tiempo decisivo para las selvas de neblina. IHP Programa Trópicos húmedos serie No. 13., Unesco, Vrije Universiteit, WWF. 37 p.

Bubb P., May I., Miles L. & Sayer J. 2004. Cloud Forest Agenda. UNEP-WCMC, Cambridge, UK. 32 p.

Cadena C, Moreno R. (2007). Servicios Hidrológicos. En Evaluación del Estado de los Bosques De Niebla y De L a Meta 2010 En Colombia (24,25). Bogotá Colombia: Ediprint E.U.

CAR. (2017). BOLETIN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA EN CORRIENTES SUPERFICIALES “ICA” 2017 - II, de Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR. Recuperado de:

<https://www.car.gov.co/uploads/files/5ada16a46c9f6.pdf>

Castro, M., Almeida, J., Ferrer, J., y Díaz, D. (2014). Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global, de Facultad de Ingeniería, Universidad Cooperativa de Colombia Sitio web: <http://dx.doi.org/10.16925/in.v9i17.811>

Cavelier J., Lizcano D. y Pulido, M.T. 2001. Bosques nublados del Neotrópico: Capítulo Colombia. En: M. Kappelle y A. Brown (Ed): Bosques nublados del Neotrópico. Inbio. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica.

Corporación Autónoma Regional del Tolima. (2018). INFORME DE GESTIÓN Vigencia Primer Semestre 2018. Recuperado de [http://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/nuestra/rendicion/Informe\\_de\\_Gestion\\_Cortolima\\_vigencia\\_2018.pdf](http://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/nuestra/rendicion/Informe_de_Gestion_Cortolima_vigencia_2018.pdf)

Corporación Autónoma Regional del Departamento Del Tolima, Cortolima. (2007). POMCA, Fase II Diagnostico-Río Prado. Calidad de Aguas (L-2.11). Recuperado de [http://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro\\_documentos/pom\\_prado/diagnostico/l211.pdf](http://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/pom_prado/diagnostico/l211.pdf)

Defensoría del Pueblo Colombia. (2005). Diagnóstico sobre la calidad del agua para el consumo humano en Colombia, en el marco del derecho humano al agua. Recuperado de: <http://defensoria.gov.co/es/public/Informesdefensoriales/429/Diagn%C3%B3stico-sobre-la-calidad-del-agua-para-el-consumo-humano-en-Colombia-en-el-marco-del-derecho-humano-al-agua-Informes-defensoriales---Agua-Informes-defensoriales---Medio-Ambiente-Informes-defensoriales---Salud.htm>

Duarte D, Baquero L, Gómez S, Monsalve H. (2015). Bosque De Niebla, de Corporación Autónoma Regional Del Departamento De Cundinamarca Recuperado de: <http://sie.car.gov.co/bitstream/handle/20.500.11786/33800/29118.pdf?sequence=1>

Evaluación de la calidad de agua. V.E.N. 2004. MINAM-DGCA. Perú. <http://cuencas.minam.gob.pe/cuencas/home/lista-de-cuencas/cuenca-del-lagotiticaca>. Mamani

FAO. (2005). Los Bosques de niebla. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i0410s.pdf>

Fundación Secretos para contar FSC. (2011). Los bosques alto andinos de clima frío Recuperado de: <http://www.secretosparacontar.org/Lectores/Contenidosytemas/Losbosquesaltoandinosdetierraaltasoclima.aspx?CurrentCatId=228>

Hamilton L.S., Juvik J.O. & Scatena, F.N. (eds). 1995. Tropical Montane Cloud Forests. Ecological Studies 110, Springer Verlag, New York.

ICONTEC. (2004). Guía Técnica Colombiana para los procedimientos de cadena de custodia de muestras de agua. Recuperado de <http://files.control-ambiental5.webnode.com.co/200000133-1df241eed0/GTC%20100->

2004.%20%20Gu%C3%ADa%20ara%20los%20procedimientos%20de%20cadena%20de%20Ocustodia.pdf

INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM)., (2004).Guía técnica científica para la ordenación y manejo de cuencas hidrográficas en Colombia. Bogotá D.C,

IDEAM. Índice de alteración potencial de la calidad del agua (IACAL) (Hoja metodológica versión 1,00), de Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Recuperado de: [http://www.ideam.gov.co/documents/24155/125494/53-3.22\\_HM\\_IACAL\\_3\\_FI.pdf/0b603e3d-7b31-4b31-9e8e-71ce9bbdf2e5](http://www.ideam.gov.co/documents/24155/125494/53-3.22_HM_IACAL_3_FI.pdf/0b603e3d-7b31-4b31-9e8e-71ce9bbdf2e5)

IDEAM. (2006). Conductividad Eléctrica por el Método Electrométrico en Aguas (2). Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Conductividad+El%C3%A9ctrica.pdf/f25e2275-39b2-4381-8a35-97c23d7e8af4>

IDEAM. (2012). Índice de calidad del agua en corrientes superficiales (ICA), de Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Recuperado de: [http://www.ideam.gov.co/documents/24155/125494/36-3.21\\_HM\\_Indice\\_calidad\\_agua\\_3\\_FI.pdf/9d28de9c-8b53-470e-82ab-daca2d0b0031](http://www.ideam.gov.co/documents/24155/125494/36-3.21_HM_Indice_calidad_agua_3_FI.pdf/9d28de9c-8b53-470e-82ab-daca2d0b0031)

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. IDEAM, Posada, F, Barbosa, C y Gutiérrez, H, 1996. Mapa de coberturas vegetales, uso y ocupación del espacio en Colombia.

IDEAM, INVEMAR, Protocolo de Monitoreo del agua– año 2017. Bogotá, D. C., 2017.

Laboratorio de Calidad Ambiental. Cuenca del río Suchez: Resultados de análisis de laboratorio de agua. Informe final. LCA. IE. UMSA. 54pp.

Magurran, A. E. (1988). Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp.

Manejo integrado de la cuenca del río Suchez. 2010. Informe central. Proyecto de conservación de la biodiversidad en la cuenca del lago Titicaca – Desaguadero – Poopo – Salar de Coipasa. 245pp.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO., (2002). Decreto 1729 de 2002, 6 de Agosto, Por el cual se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto-ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas, parcialmente el numeral 12 del artículo 5° de la Ley 99 de 1993 y se dictan otras disposiciones. Bogotá,

Ministerio de Medio Ambiente de España (1998). LA CALIDAD DE LAS AGUAS. En Libro blanco del agua en España (196). España: Centro de Publicaciones Secretaría general Técnica Ministerio de Medio Ambiente.

Morais et al., (2009). Aplicación de la evaluación biológica de la calidad del agua en las zonas hidroeléctricas de la cuenca del río St. Thomas, Rio Verde. Recuperado de: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1982-45132009000300013&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1982-45132009000300013&script=sci_abstract&tlng=pt)

Orellana, J. (2009). Determinación de índices de diversidad florística arbórea en las parcelas permanentes de muestreo del valle de sactea (Tesis tecnico superior forestal, Universidad mayor de San Simón). Bolivia.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Guías para la Calidad del agua potable. Organización Mundial de la Salud. Ginebra, 2006. ISBN 4 1546964.

Pérez J. (2000). TRATAMIENTO DE AGUAS. De Universidad Nacional. Facultad de Minas. Sitio web: [http://www.bdigital.unal.edu.co/70/3/45\\_-\\_2\\_Capi\\_1.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/70/3/45_-_2_Capi_1.pdf)

Ramírez A. y Viña G. 1998. Limnología colombiana: Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis. Ed. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 293 p.

Patin, S. (1979). Pollution impact on the biological resources and productivity of the World Ocean. Moscow: Pishepromizdat, 305 pp (en ruso), citado en (Bravo, 2007).

Restrepo, A., (2005). Los sistemas hídricos fluviales: Visión general. Capítulo 1. En: Restrepo Ángel J, D. (Ed.), *Los sedimentos del rio Magdalena: Reflejo de la crisis ambiental*. Medellín, Antioquia: Fondo editorial Universidad EAFIT y Colciencias.

Reyes, F & Ajamil C. (2005). El agua de formación como pasivo ambiental acumulado. En: *Petróleo, Amazonía y Capital Natural*. Fondo Editorial C.C.E. Quito.).

Roldan, G., (1978). Problemas de eutrofización en lagos y embalses Colombianos, *Rev. Cont.* 2(3): 51-56.

Rojas, Ricardo., (2002). Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Lima,

Roldan, G., (1997). Desarrollo de la limnología en neotrópicos. En *wissenschaftleraustausch und Entwiscklungszusammenarbeit vor der jahrtausendwende*, Nomos Verlagsgesellschaft, Baden, pp.367-370.

Roldan, G., (1999). Los Macroinvertebrados como Indicadores de la Calidad del agua. *Rev. Acad. Col. Cien. Exac. Fisi. Nat.*, xxiii (88): 375-387.

Roldan, G., (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia, uso del metodo BMWP/Col. Medellín, Editorial Universidad de Antioquia.

Roldán, G., (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v40n155/v40n155a07.pdf>

Roldan, G. y Restrepo J., (2008). Fundamentos de limnología neotropical. Medellín, Colombia: Editorial Universidad de Antioquia

Romero J. (2002). Calidad del Agua. Bogotá-Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, p.141.

Scatena FN, Bruijnzeel LA, Bubb P y Das S., (2010). Tropical Montane Cloud Forests: Science for Conservation and Management. de Universidad de Cambridge. Recuperado de: [https://www.hydrology.nl/images/docs/ihp/nl/Tropical\\_Montane\\_Cloud\\_Forests.pdf](https://www.hydrology.nl/images/docs/ihp/nl/Tropical_Montane_Cloud_Forests.pdf) Sistema de Información Ambiental de Colombia (2015).

Singler y Bauder, Nitrato y Nitrito.(2005) Estados Unidos: Universidad Estatal de Montana. [On line] s.f. Disponible en <https://goo.gl/rjwCCB>

Segnini, S. (2003). El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. Septiembre 28, 2018, de Universidad de Los Andes, Venezuela. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/profile/Samuel\\_Segnini/publication/284495760\\_El\\_uso\\_de\\_los\\_macroinvertebrados\\_bentonicos\\_como\\_indicadores\\_de\\_la\\_condicion\\_ecologica\\_de\\_los\\_cuerpos\\_de\\_agua\\_corriente/links/568690c408ae1e63f1f58d5c/El-uso-de-los-macroinvertebrados-bentonicos-como-indicadores-de-la-condicion-ecologica-de-los-cuerpos-de-agua-corriente.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Samuel_Segnini/publication/284495760_El_uso_de_los_macroinvertebrados_bentonicos_como_indicadores_de_la_condicion_ecologica_de_los_cuerpos_de_agua_corriente/links/568690c408ae1e63f1f58d5c/El-uso-de-los-macroinvertebrados-bentonicos-como-indicadores-de-la-condicion-ecologica-de-los-cuerpos-de-agua-corriente.pdf)

Toledo, T. (2009). Bosque de Niebla. Biodiversitas, 1-6(83), p.4

UNESCO. 2010. Reservas de la Biósfera. Su contribución a la provisión de servicios de los ecosistemas. UNESCO. Chile. 80 pp. 43

Vannote et al., (1980). The River Continuum Concept. Can. J. Fish. Aquat. Sci. Recuperado de: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/f80-017#.W7g0nXtKJIU>

WWF-Colombia 2017. Colombia Viva: un país megadiverso de cara al futuro. Informe 2017. Cali: WWF-Colombia. Sitio web: [http://www.wwf.org.co/sala\\_redaccion/publicaciones\\_new/?uNewsID=316652](http://www.wwf.org.co/sala_redaccion/publicaciones_new/?uNewsID=316652)

ZÚÑIGA, M. y CAICEDO, G. (1997). Indicadores ambientales de calidad del agua en la cuenca del río Cauca. En: Bioindicadores Ambientales de la Calidad del Agua, de

Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle Sitio web:

<https://quimiambientalutp.files.wordpress.com/2015/03/zc3bac3b1iga-m-2009-capitulo-7-bioindicadores-de-calidad-de-agua-y-caudal-ambiental.pdf>







Segundo Muestreo

Estación la Botella

<b><u>VER - RESULTADOS ESTADO REC</u></b>				<b>CÓDIGO: 179592</b>
SEÑOR(ES): <b>ALCALDIA DE CUNDAY</b>		TELÉFONO: 2477090		
DIRECCIÓN: <b>CARRERA 5 CALLE 5 ESQUINA</b>		DEPARTAMENTO: <b>TOLIMA</b>		
MUESTRA PROCEDENTE DE : <b>CUNDAY</b>				
LUGAR TOMA DE LA MUESTRA: <b>2965 - 2019 RIO NEGRO BOSQUE GALILEA</b>				
PUNTO DE CAPTACIÓN: <b>NO. 1 PARTE MEDIA - LA BOTELLA</b>				
TIPO DE MUESTRA : <b>AGUA SUPERFICIAL</b>				
FECHA DE TOMA DE LA MUESTRA: <b>2019-08-5</b>		HORA TOMA DE LA MUESTRA: <b>15:40 H</b>		
FECHA RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: <b>2019-08-9</b>				
<b>RESULTADOS</b>				
<b>ENSAYO</b>	<b>FEC-ANALISIS</b>	<b>TECNICA DE ANALISIS</b>	<b>REFERENCIA</b>	<b>RESULTADO</b>
a. 1 - CONDUCTIVIDAD	2019-08-09	Electrometría	SM 2510 B	<b>24,9</b> µS/cm a 25°C
a. 2 - D.B.O. 5	2019-08-09	Incubación 5 días y electrodo de membrana	SM 5210 B, 4500-O G	<b>14</b> mg/L O2
a. 3 - FOSFORO TOTAL	2019-08-09	Colorimétrico	SM 4500-P B, E	<b>&lt;0,1</b> mg/L P
a. 4 - NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL	2019-08-15	Volumétrico	SM 4500 N ORG C, 4500-NH3 B, C	<b>&lt;3,3</b> mg/L N
a. 5 - PH	2019-08-09	Electrométrico	SM 4500-H B	<b>4,29</b> Unidades
a. 6 - SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	2019-08-13	Gravimétrico - Secado a 105°C	SM 2540 D	<b>&lt;5</b> mg/L
<b>FIN DEL REPORTE</b>				

Estación la Roca

<b><u>VER - RESULTADOS ESTADO REC</u></b>				<b>CÓDIGO: 179591</b>
SEÑOR(ES): <b>ALCALDIA DE CUNDAY</b>		TELÉFONO: 2477090		
DIRECCIÓN: <b>CARRERA 5 CALLE 5 ESQUINA</b>		DEPARTAMENTO: <b>TOLIMA</b>		
MUESTRA PROCEDENTE DE : <b>CUNDAY</b>				
LUGAR TOMA DE LA MUESTRA: <b>2669 - 2019 RIO NEGRO BOSQUE GALILEA</b>				
PUNTO DE CAPTACIÓN: <b>NO. 2 PARTE MEDIA - LA ROCA</b>				
TIPO DE MUESTRA : <b>AGUA SUPERFICIAL</b>				
FECHA DE TOMA DE LA MUESTRA: <b>2019-08-5</b>		HORA TOMA DE LA MUESTRA: <b>14:16 H</b>		
FECHA RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: <b>2019-08-9</b>				
<b>RESULTADOS</b>				
<b>ENSAYO</b>	<b>FEC-ANALISIS</b>	<b>TECNICA DE ANALISIS</b>	<b>REFERENCIA</b>	<b>RESULTADO</b>
a. 1 - CONDUCTIVIDAD	2019-08-09	Electrometría	SM 2510 B	<b>24,5</b> µS/cm a 25°C
a. 2 - D.B.O. 5	2019-08-09	Incubación 5 días y electrodo de membrana	SM 5210 B, 4500-O G	<b>12</b> mg/L O2
a. 3 - FOSFORO TOTAL	2019-08-09	Colorimétrico	SM 4500-P B, E	<b>&lt;0,1</b> mg/L P
a. 4 - NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL	2019-08-15	Volumétrico	SM 4500 N ORG C, 4500-NH3 B, C	<b>&lt;3,3</b> mg/L N
a. 5 - PH	2019-08-09	Electrométrico	SM 4500-H B	<b>4,24</b> Unidades
a. 6 - SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	2019-08-13	Gravimétrico - Secado a 105°C	SM 2540 D	<b>&lt;5</b> mg/L
<b>FIN DEL REPORTE</b>				

Estación No.3 la Playa

<b><u>VER - RESULTADOS ESTADO REC</u></b>				<b>CÓDIGO: 179592</b>
SEÑOR(ES): <b>ALCALDIA DE CUNDAY</b>		TELÉFONO: 2477090		
DIRECCIÓN: <b>CARRERA 5 CALLE 5 ESQUINA</b>		DEPARTAMENTO: <b>TOLIMA</b>		
MUESTRA PROCEDENTE DE : <b>CUNDAY</b>				
LUGAR TOMA DE LA MUESTRA: <b>2670 - 2019 RIO NEGRO BOSQUE GALILEA</b>				
PUNTO DE CAPTACIÓN: <b>NO. 3 PARTE MEDIA - LA PLAYA</b>				
TIPO DE MUESTRA : <b>AGUA SUPERFICIAL</b>				
FECHA DE TOMA DE LA MUESTRA: <b>2019-08-5</b>		HORA TOMA DE LA MUESTRA: <b>15:40 H</b>		
FECHA RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: <b>2019-08-9</b>				
<b>RESULTADOS</b>				
<b>ENSAYO</b>	<b>FEC-ANALISIS</b>	<b>TECNICA DE ANALISIS</b>	<b>REFERENCIA</b>	<b>RESULTADO</b>
a. 1 - CONDUCTIVIDAD	2019-08-09	Electrometría	SM 2510 B	<b>24,9</b> µS/cm a 25°C
a. 2 - D.B.O. 5	2019-08-09	Incubación 5 días y electrodo de membrana	SM 5210 B, 4500-O G	<b>14</b> mg/L O2
a. 3 - FOSFORO TOTAL	2019-08-09	Colorimétrico	SM 4500-P B, E	<b>&lt;0,1</b> mg/L P
a. 4 - NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL	2019-08-15	Volumétrico	SM 4500 N ORG C, 4500-NH3 B, C	<b>&lt;3,3</b> mg/L N
a. 5 - PH	2019-08-09	Electrométrico	SM 4500-H B	<b>4,29</b> Unidades
a. 6 - SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	2019-08-13	Gravimétrico - Secado a 105°C	SM 2540 D	<b>&lt;5</b> mg/L
<b>FIN DEL REPORTE</b>				

**Anexo 2.**

Evidencia de Muestreo

Estación 1. La Botella: Toma de Muestras y colecta de Macroinvertebrados



Fuente: Autores

Estación 2. La Roca. Toma de Muestras y colecta de Macroinvertebrados



Fuente: Autores

Estación 3. La Playa. Toma de Muestras y colecta de Macroinvertebrados



Fuente: Autores

**Anexo 3.**

Identificación de Macroinvertebrados

ORDEN Y FAMILIA	IMAGEN
<p><i>Turbellaria</i> <i>Planariidae</i></p>	
<p><i>Trichoptera</i> <i>Xiphontridae</i></p>	
<p><i>Plecoptera</i> <i>Perlidae</i></p>	
<p><i>Coleoptera</i> <i>Dryopidae</i></p>	

**ORDEN Y FAMILIA**

**IMAGEN**

*Megaloptera- Neuroptera*  
*Corydalidae*



*Lepidoptero*  
*Pyralidae*



*Hemiptera*  
*Veliidae*



*Lepidóptero*  
*Crambidae*

*Ephemeroptera*  
*Leptophlebiidae*



**ORDEN Y FAMILIA**

**IMAGEN**

*Odonato*  
*Libellulidae*



*Odonato*



*Hemiptera*  
*Naucoridae*



*Trichoptera*  
*Hydroptilidae*





*Trichoptera*  
*Perlidae*



**ORDEN Y FAMILIA**

**IMAGEN**

<p><i>Hemiptera</i> <i>Notonectidae</i></p>	
<p><i>Ephemeroptera</i> <i>Baetidae</i></p>	

**Anexo 4.**

Calculo de Índices Ecológicos

Muestreo del 30 junio de 2019

<b>Primera Estación</b>								
No.	Ordenes	Familias	No. de Individuos (ni)	Pi = (ni/N)	Pi <sup>2</sup>	Ln(pi)	H' (pi*lnPi)	
1	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	10	0,23	0,05	4	-1,46	0,34
2		<i>Leptophlebiidae</i>	13	0,30	0,09	1	-1,20	0,36
3	<i>Trichoptera</i>	<i>Xiphocentronidae</i>	1	0,02	0,00	1	-3,76	0,09
4	<i>Odonata</i>	<i>Libellilidae</i>	2	0,05	0,00	2	-3,07	0,14
5	<i>Hemiptera</i>	<i>Naucoridae</i>	8	0,19	0,03	5	-1,68	0,31
6	<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	8	0,19	0,03	5	-1,68	0,31

Primera Estación							
No.	Ordenes	Familias	No. de Individuos (ni)	Pi = (ni/N)	Pi <sup>2</sup>	Ln(pi)	H' (pi*lnPi)
7	<i>Megaloptera- Neuroptera</i>	<i>Corydalidae</i>	1	0,023	0,00 1	-3,76	0,09
N			43		0,22		1,64
S			7				
<b>Riqueza Margalef</b>			1,60				
<b>Dominancia Simpson</b>			0,22				
<b>Diversidad de Shannon</b>			1,64				
<b>Equidad de Pielou</b>			0,84				

Segunda Estación							
No	Ordenes	Familias	No. de Individuos (ni)	Pi = (ni/N)	Pi <sup>2</sup>	Ln(pi)	H' (pi*lnPi)
1	Coleoptera	<i>Dryopidae</i>	6	0,075	0,0056 3	-2,59	0,194
2		<i>Elmidae</i>	5	0,0625	0,0039 1	-2,77	0,173
3	Megaloptera - Neuroptera	<i>Corydalidae</i>	1	0,0125	0,0001 6	-4,38	0,055
4	Hemiptera	<i>Naucoridae</i>	3	0,0375	0,0014 1	-3,28	0,123
5		<i>Veliidae</i>	13	0,1625	0,0264 1	-1,82	0,295
6		<i>Notonectidae</i>	1	0,0125	0,0001 6	-4,38	0,055
7	Plecoptera	<i>Perlidae</i>	1	0,0125	0,0001 6	-4,38	0,055
8	Efemeroptera	<i>Leptoptelebidae</i>	21	0,2625	0,0689 1	-1,34	0,351
9		<i>Baetidae</i>	22	0,275	0,0756 3	-1,29	0,355
10	Odonata	<i>Cornagrionidae</i>	7	0,0875	0,0076 6	-2,44	0,213
N			80		0,19		1,87
S			10				
Riqueza Margalef			2,05				
Dominancia Simpson			0,19				
Diversidad de Shannon			1,87				
Equidad de Pielou			0,81				

Tercera Estación							
No.	Ordenes	Familias	No. de Individuos (ni)	Pi = (ni/N)	Pi <sup>2</sup>	Ln(pi)	H' (pi*lnPi)
1	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	42	0,438	0,191	-0,827	0,362
2	<i>Hemiptera</i>	<i>Veliidae</i>	10	0,104	0,011	-2,262	0,236
3	<i>Coleoptera</i>	<i>Dryopidae</i>	8	0,083	0,007	-2,485	0,207
4	<i>Megaloptera</i> <i>- Neuroptera</i>	<i>Corydalidae</i>	3	0,031	0,001	-3,466	0,108
5	<i>Lepidoptera</i>	<i>Pyralidae</i>	1	0,010	0,000	-4,564	0,048
6	<i>Plecoptera</i>	<i>Perlidae</i>	12	0,125	0,016	-2,079	0,260
7	<i>Odonata</i>	<i>Cornagrionidae</i>	16	0,167	0,028	-1,792	0,299
8	<i>Tricoptera</i>	<i>Xiphontridae</i>	2	0,021	0,000	-3,871	0,081
9	<i>Megaloptera</i> <i>- Neuroptera</i>	<i>Corydalidae</i>	2	0,021	0,000	-3,871	0,081
<b>N</b>			96		0,25		1,68
<b>S</b>			9				
<b>Riqueza Margalef</b>			1,75				
<b>Dominancia Simpson</b>			0,25				
<b>Diversidad de Shannon</b>			1,68				
<b>Equidad de Pielou</b>			0,76				

**Anexo 5.**

Calculo de Índices Ecológicos

Muestreo del 05 de agosto 2019

Pimera Estación							
No .	Ordenes	Familias	No. de Individuos (ni)	Pi = (ni/N)	Pi <sup>2</sup>	Ln(pi)	H' (pi*lnPi)
1	<i>Megaloptera- Neuroptera</i>	<i>Corydalidae</i>	4	0,042	0,0017	-3,178	0,132
2	<i>Odonata</i>	<i>Libellilidae</i>	4	0,042	0,0017	-3,178	0,132
3	<i>Hemiptera</i>	<i>Naucoridae</i>	18	0,188	0,0352	-1,674	0,314
4	<i>Efemeroptera</i>	<i>Beatidae</i>	15	0,156	0,0244	-1,856	0,290
5		<i>Leptophlebiidae</i>	42	0,438	0,1914	-0,827	0,362
6	<i>Lepidóptero</i>	<i>Crambidae</i>	1	0,010	0,0001	-4,564	0,048
7		<i>Pyralidae</i>	3	0,031	0,0010	-3,466	0,108
8	<i>Pupas No identificadas</i>	<i>N/A</i>	3	0,031	0,0010	-3,466	0,108
9	<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	6	0,063	0,0039	-2,773	0,173
<b>N</b>			96		0,26		1,67
<b>S</b>			9				
<b>Riqueza Margalef</b>			1,75				
<b>Dominancia Simpson</b>			0,26				
<b>Diversidad de Shannon</b>			1,67				
<b>Equidad de Pielou</b>			0,76				

Segunda Estación							
No.	Ordenes	Familias	No. de Individuos (ni)	Pi = (ni/N)	Pi <sup>2</sup>	Ln(pi)	H' (pi*lnPi)
1	<i>Hemiptera</i>	<i>Naucoridae</i>	11	0,08	0,01	-2,56	0,20
2		<i>Veliidae</i>	52	0,36	0,13	-1,01	0,37
3	<i>Megaloptera- Neuroptera</i>	<i>Corydalidae</i>	4	0,03	0,00	-3,58	0,10
4	<i>Efemeroptera</i>	<i>Leptoplebiidae</i>	37	0,26	0,07	-1,35	0,35
5		<i>Baetidae</i>	20	0,14	0,02	-1,97	0,28
6	<i>Odonato</i>	<i>Conagrionidae</i>	2	0,01	0,00	-4,27	0,06
7	<i>Anelida</i>		1	0,01	0,00	-4,96	0,03
8	<i>Trichoptero</i>	<i>Pupa</i>	1	0,01	0,00	-4,96	0,03
9		<i>Xiphontridae</i>	5	0,03	0,00	-3,35	0,12
10		<i>Hidrottilidae</i>	2	0,01	0,00	-4,27	0,06
11	<i>Blattaria</i>		1	0,01	0,00	-4,96	0,03
12	<i>Turbellaria</i>	<i>Planariidae</i>	2	0,01	0,00	-4,27	0,06
13	<i>Plecoptera</i>	<i>Perlidae</i>	5	0,03	0,00	-3,35	0,12
N			143		0,23		1,81
S			13				

Segunda Estación							
No .	Ordenes	Familias	No. de Individuos (ni)	Pi = (ni/N)	Pi <sup>2</sup>	Ln(pi)	H' (pi*lnPi)
<b>Riqueza Margalef</b>			2,42				
<b>Dominancia Simpson</b>			0,23				
<b>Diversidad de Shannon</b>			1,81				
<b>Equidad de Pielou</b>			0,70				

Tercera Estación							
No .	Ordenes	Familias	No. de Individuos (ni)	Pi = (ni/N)	Pi <sup>2</sup>	Ln(pi)	H' (pi*lnPi)
1	<i>Turbellaria</i>	<i>Planariidae</i>	3	0,034	0,001 2	-3,37	0,116
2	<i>Hemiptera</i>	<i>Naucoridae</i>	5	0,057	0,003 3	-2,86	0,164
3		<i>Veliidae</i>	72	0,828	0,684 9	-0,19	0,157
4	<i>Odonato</i>	<i>Cornagrionidae</i>	2	0,023	0,000 5	-3,77	0,087
5	<i>Plecoptera</i>	<i>Perlidae</i>	1	0,011	0,000 1	-4,47	0,051
6	<i>Trichoptera</i>	<i>Hidrottilidae</i>	3	0,034	0,001 2	-3,37	0,116
7	<i>Megaloptera- Neuroptera</i>	<i>Corydalidae</i>	1	0,011	0,000 1	-4,47	0,051
<b>N</b>			87				
<b>S</b>			7				
<b>Riqueza Margalef</b>			1,3				
<b>Dominancia Simpson</b>			0,7				
<b>Diversidad de Shannon</b>			0,7				
<b>Equidad de Pielou</b>			0,4				

## Anexo. 6

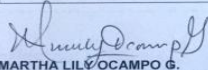

Registro fotográfico de Vertimientos identificados



Fuente: Autores


## Anexo 7.

Reporte de análisis de parámetros Microbiológicos del muestreo correspondiente al día 30 de junio, realizados laboratorio de Microbiología y Micorrizas de la Universidad del Tolima.

SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD RECEPCIÓN Y ENTREGA DE RESULTADOS LABORATORIO MICROBIOLOGÍA Y MICORRIZAS - GEBIUT		Página 1 de 1 Código: GL-P01 Versión: 04		
<b>ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO AGUAS</b>				
Procedencia: Rio Negro		Fecha: 2 de julio del 2019		
Sitio		Tipo de muestra		
25- N 3°46' 39.331" O 74°40' 36.429"		sin tratamiento		
26- N 3°46' 27.037" O 74°40' 43.197"		sin tratamiento		
27- N 3°46' 17.645" O 74°40' 48.01"		sin tratamiento		
<b>RESULTADOS</b>				
Parámetro	25	26	27	Control
Coliformes Totales / 100 ml	150	110	2100	Menor de 10
Coliformes Fecales / 100ml	50	8	60	Menor de 10
Método: Filtración por Membrana				
 <b>MARTHA LILÍ OCAMPO G.</b> Bacterióloga Microbióloga – Grupo GEBIUT Rgto 8°O 164				
Firma quien recibe: 		Fecha de entrega: 26 julio del 2019		

## Anexo 8.

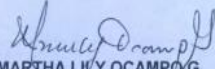
Reporte de análisis de parámetros Microbiológicos del muestreo correspondiente al día 30 de agosto, realizados laboratorio de Microbiología y Micorrizas de la Universidad del Tolima.

	<b>SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD</b> RECEPCIÓN Y ENTREGA DE RESULTADOS LABORATORIO MICROBIOLOGIA Y MICORRIZAS - GEBIUT	Página 1 de 1
		Código: GL-P01
		Versión: 04

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO AGUAS				
Procedencia: Río Negro	Municipio: Villa Rica	Fecha : 6 de agosto del 2019		
<b>Sitio</b>	<b>Tipo de muestra</b>			
31- N 3°46' 39,331" O 74°40' 36,429"	sin tratamiento			
32- N 3°46' 27,037" O 74°40' 43,197"	sin tratamiento			
33- N 3°46' 17,645" O 74°40' 48,01"	sin tratamiento			
RESULTADOS				
Parámetro	31	32	33	Control
Coliformes Totales / 100 ml	250	120	320	Menor de 10
Coliformes Fecales / 100ml	40	2	60	Menor de 10
Método: Filtración por Membrana				

  
**MARTHA LILY OCAMPO G.**  
Bacterióloga Microbióloga – Grupo GEBIUT  
Rgto 8°O° 164

Firma quien recibe: \_\_\_\_\_ Fecha de entrega: agosto 25 del 2019

## Anexo 9

Evidencia de la Socialización del Proyecto a la comunidad Villarricense



Fuente: Auores

