

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA POR MEDIO DE LA
CARACTERIZACIÓN DE MACRO INVERTEBRADOS BENTÓNICOS Y SU
CORRELACIÓN CON LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS, EN EL ÁREA DE
LA BOCATOMA DEL RÍO RUMIYACO, VEREDA RUMIYACO, MUNICIPIO
MOCOA, DEPARTAMENTO PUTUMAYO.**

**LUZ HERMENCIA BENAVIDES BENAVIDES
BELCY YURANY LOPEZ MUECES**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA AMBIENTAL
MOCOA
2016**

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA POR MEDIO DE LA
CARACTERIZACIÓN DE MACRO INVERTEBRADOS BENTÓNICOS Y SU
CORRELACIÓN CON LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS, EN EL ÁREA DE
LA BOCATOMA DEL RÍO RUMIYACO, VEREDA RUMIYACO, MUNICIPIO
MOCOA, DEPARTAMENTO PUTUMAYO.**

**LUZ HERMENCIA BENAVIDES BENAVIDES
BELCY YURANY LOPEZ MUECES**

Tesis para optar por el título de ingenieras ambientales

**Asesor: Robinson Lemus Clavijo
Ingeniero Ambiental**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA AMBIENTAL
MOCOA
2016**

DEDICATORIA

Primeramente deseamos dedicarle este trabajo a Dios por sus bendiciones a lo largo de nuestro camino, quien nos ayudó a serle frente a cada tropiezo y dificultad durante este, por ser siempre ese sentimiento de alegría, amor, tranquilidad y serenidad en cada momento de esta etapa de nuestra vida.

A nuestros padres, no hay un día en el que no le agradezcamos a Dios el habernos colocado entre ustedes, la fortuna más grande es tenerlos con nosotras y el tesoro más valioso son todos y cada uno de los valores que nos inculcaron.

A todas las personas que siempre creyeron en nuestra capacidad, capacidad que tenemos todos, es grato saber la fuerza y determinación que poseemos cuando queremos alcanzar algo.

"...se requiere de muchos estudios para ser profesional, pero se requiere de toda una vida para aprender a ser persona"

AGRADECIMIENTOS

Nuestros agradecimientos más profundos por haber permitido la culminación de este trabajo de grado son primero a Dios, quien ha forjado nuestros caminos y nos ha dirigido por el sendero correcto, el que en todo momento ha estado ayudándonos y guiando el destino de nuestras vidas llenándonos principalmente de su amor, comprensión y tolerancia para seguir siempre adelante.

A nuestros padres por habernos formado como las personas que somos hoy; muchos de nuestros logros se los debemos a ustedes entre los que se incluye este. Nos formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, nos motivaron constantemente para alcanzar nuestros anhelos.

A nuestro asesor de trabajo de grado, Ing. Robinson Lemus Clavijo por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, experiencia, paciencia, motivación y rectitud en su profesión ha logrado en nosotras terminar nuestros estudios con éxito.

De igual manera agradecemos al Instituto tecnológico del putumayo, por habernos brindado herramientas y espacios para ir cumpliendo nuestro mayor objetivo, a los miembros del centro de investigación, a los docentes: Norma Calderón y Jairo López quienes siempre estuvieron dispuestos a colaborarnos y orientarnos con su mayor interés.

Son muchas las personas que han formado parte de nuestra vida profesional a las que nos encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de nuestra vida. Algunas están aquí con nosotras y otras en nuestros recuerdos y en nuestro corazón, sin importar en donde estén queremos darles las gracias por formar parte de nosotras, por todo lo que nos han brindado y por todas sus bendiciones.

CONTENIDO

1.	TITULO DE TESIS	16
2.	IDENTIFICACION DEL PROBLEMA	17
3.	DESCRIPCION Y FORMULACION DEL PROBLEMA	18
4.	OBJETIVOS	20
4.1.	Objetivo general	20
4.2.	Objetivos específicos	20
5.	JUSTIFICACION	21
6.	MARCO REFERENCIAL	23
6.1.	Marco teorico	23
6.2.	Marco conceptual	32
6.3.	Marco legal	33
6.4.	Estado de arte	35
7.	DISEÑO METODOLOGICO	44
7.1.	Tipo de investigación	44
7.2.	Introducción a metodología general	44
7.3.	Fase de Pre campo	45
7.4.	Fase de Campo	48
7.4.1.	Parametros fisicoquímicos	48
7.4.2.	Parametros Hidrobiologicos	52
7.5.	Fase de Laboratorio	53
7.5.1.	Parametros fisicoquímicos	53
7.5.2.	Parametros Hidrobiologicos	54
7.6.	Fase de Escritorio	56
7.6.1.	Parametros fisicoquímicos	56
7.6.2.	Parametros Hidrobiologicos	59
8.	RESULTADOS Y ANALISIS	64
8.1.	Descripción del área de estudio	64
8.2.	Fase de Pre campo	66
8.2.1.	Parametros fisicoquímicos	67

8.2.2.	Parametros Hidrobiologicos	67
8.3.	Fase de Campo	69
8.3.1.	Parametros fisicoquímicos	69
8.3.2.	Parametros Hidrobiologicos	72
8.4.	Fase de Laboratorio	74
8.4.1.	Parametros fisicoquímicos	74
8.4.2.	Parametros Hidrobiologicos	75
8.5.	Fase de Escritorio	86
8.5.1.	Parametros fisicoquímicos	86
8.5.2.	Parametros Hidrobiologicos	108
8.6.	Correlación entre Fisicoquímicos e Hidrobiológicos	132
8.7.	Validación de los usos del recurso hídrico según la calidad del agua.....	136
9.	CONCLUSIONES.....	141
10.	RECOMENDACIONES.....	143
11.	ANEXOS.....	147
11.1	REGISTRO FOTOGRÁFICO.....	147
11.2	CADENA DE CUSTODIA	152
11.3	LISTA DE CHEQUEO.....	153
11.4	LOCALIZACION GENERAL	156
11.5	RESULTADOS E INFORMACION LABORATORIO DE AGUAS CIAN LTDA.....	157

RESUMEN

La presente investigación se basó en la caracterización de los parámetros fisicoquímicos, bacteriológicos e hidrobiológicos (medidos a través de los macroinvertebrados bentónicos) del río Rumiyaco (los cuales fueron determinados por medio de la toma de muestras de agua 50 m arriba de la estructura de captación) de las comunidades en la vereda Rumiyaco, municipio Mocoa, departamento del Putumayo), con el propósito de identificar la relación que existe entre ellos en cuanto a la calidad del recurso hídrico y a la incidencia de los unos sobre los otros y de esta manera finalmente, poder recomendar a las comunidades allí existentes algunas medidas que se deban tomar para el uso del agua en sus diferentes fines.

Para la caracterización fisicoquímica y bacteriológica del recurso hídrico se realizaron mediciones in situ y ex situ; respecto a las primeras se midieron los siguientes parámetros: pH, conductividad, turbidez, temperatura ambiente y del agua y para las mediciones ex situ se utilizó el laboratorio de análisis de agua CIAN (fisicoquímicos) y el laboratorio del Instituto Tecnológico del Putumayo (hidrobiológicos); para los fisicoquímicos se consideró los **Standard Methods** en los análisis realizados. Para la determinación taxonómica de los macroinvertebrados bentónicos se emplearon las claves y descripciones de Posada & Roldan (2003), Roldan (2003) y Roldan (1998 y 2003). Del muestreo se georreferenciaron la totalidad de los puntos monitoreados.

La información secundaria fue recopilada a través de actores claves, tales como las instituciones vinculadas al estudio del recurso hídrico de la cuenca como CORPOAMAZONIA.

Los resultados de los dos parámetros (fisicoquímicos, bacteriológicos e hidrobiológicos medidos a través de los macroinvertebrados bentónicos) presentaron mucha similitud en el tipo de calidad de agua medianamente contaminadas, teniendo en cuenta las metodologías definidas para la toma de cada uno de ellos.

PALABRAS CLAVE: calidad de agua, parámetros fisicoquímicos, macro invertebrados, correlación, fuente hídrica, muestras de agua.

ABSTRACT

The present research was based on the characterization of the physicochemical, bacteriological and hydrobiological parameters (measured through the benthic macroinvertebrates) of de Rumiaco River (which were determined by taking samples of water 50 m above the structure of Uptake) of the communities in the Rumiaco village, Mocoa municipality, Putumayo department), with the purpose of identifying the relationship between them in terms of the quality of the water resource and the incidence of the one over the others and in this way finally, to be able to recommend to the communities existing there some measures that must be taken for the use of water for its different purposes.

For the physicochemical and bacteriological characterization of the water resource, measurements were made in situ and ex situ; The following parameters were measured: pH, conductivity, turbidity, ambient and water temperature and for the ex situ measurements, the CIAN water analysis laboratory (physicochemicals) and the laboratory of the Putumayo Technological Institute (hydrobiological); for the physicochemicals the Standard Methods were considered in the performed analyzes. The keys and descriptions of Posada & Roldan (2003), Roldan (2003) and Roldan (1998 and 2003) were used for the taxonomic determination of benthic macroinvertebrates. Sampling georeferenced the total of the points monitored.

Secondary information collected through key stakeholders, such as institutions linked to the study of water resources in the basin such as CORPOAMAZONIA.

The results of the two parameters (physicochemical, bacteriological measured through the benthic macroinvertebrates) presented a great similarity in the type of quality of contaminated water, taking into account the methodologies defined for the taking of each one of them.

KEYWORDS: water quality, physicochemical parameters, macro invertebrates, correlation, water source, water samples.

INTRODUCCIÓN

Los seres humanos han utilizado desde siempre el agua de los ríos, agua subterránea y humedales para abastecer las diferentes actividades cotidianas, como desarrollo urbano, agricultura, ganadería; sin embargo, al utilizar este recurso no han tenido en cuenta el valor de los ecosistemas acuáticos, motivo por el cual se han presentado problemas ambientales de gran magnitud principalmente la contaminación de estas fuentes hídricas, disminución de caudales, pérdida de diversidad biológica, entre otros. Por tales motivos como la pérdida o degradación de la calidad del agua ha llevado al hombre y a los entes ambientales a tomar iniciativas sobre la depuración de estas, la mitigación de los contaminantes que la afectan principalmente y un control para mantener en equilibrio los componentes de ella.

El agua se ve afectada por una cantidad de factores muy significativa, lo que la ha llevado a perder su estado natural, entre los factores más importantes están los usos para la ganadería, cultivos de pan coger y los residuos sólidos, contaminantes que al descomponerse o al habitar en el cuerpo del agua alteran sus componentes y sus condiciones para mantenerse en equilibrio, los vertimientos de aguas residuales a estas, los desechos orgánicos, pesticidas y químicos entre otros. Estos factores son la principal causa de la contaminación y de la alteración de las fuentes hídricas.

La calidad del agua se puede evaluar a través de diferentes e importantes mecanismos entre ellos está el método de bioindicadores y los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, los dos presentan características diferentes pero nos indican una calidad del recurso hídrico. Los bioindicadores bentónicos presenta muchas alternativas como sus distintas clases de indicadores que poseen sus propias características con el fin de mostrar que calidad de agua se presenta donde se esté realizando el estudio, es decir cada tipo de indicador biológico posee cierta resiliencia en el agua según el tipo de contaminación que esta posea. Por el lado de los parámetros fisicoquímicos son más complejos ya que ellos indican un tipo de agua en un lugar exacto y tiempo determinado, los macroinvertebrados son más espaciales.

Según Cude (2001), las revisiones de los índices de calidad de agua han constituido una continua preocupación, como lo demuestran diferentes estudios, las cuales han revelado nuevos enfoques, al tiempo que han proporcionado nuevas herramientas para el desarrollo de otros índices (Dinius, 1978; Kung HW DO., 1992; Dojlido HW DO., 1994). Entre las primeras comparaciones son destacables las de Landwehr & Deininger (1976), seguidas por Ott (1978) quien realizó una revisión de los índices usados en Estados Unidos, además de una discusión detallada sobre la teoría y práctica de los índices ambientales (Ott, 1978b). En Europa los aportes han provenido de estudios como los de van

Helmond y Breukel (1996), quienes demostraron que por lo menos 30 índices de calidad de agua son de uso común alrededor del mundo, y consideran un número de variables entre 3 y 72, con la inclusión frecuente de por lo menos 3 de los siguientes parámetros: O₂, DBO o DQO, NH₄-N, PO₄- P, NO₃-N, pH y sólidos totales; igualmente, en Croacia, Stambuk-Giljanovic (1999) observó que a través de los años varios índices de calidad de agua han sido formulados, con objetivos propios. Otros estudios como los de Cooper HW DO. (1994) y Richardson (1997), en Sudáfrica y Australia, se han ocupado de hacer revisiones con el fin de generar sus respectivos índices para estuarios. En Centroamérica se hacen notorios los desarrollos de Montoya (1997) y León (1998).

JUSTIFICACION

La evaluación de la calidad de agua a través de parámetros fisicoquímicos y macroinvertebrados bentónicos ha sido uno de los métodos más importantes y aplicados a lo largo de la historia debido a que tiene una gran influencia en los procesos bioquímicos que ocurren en la naturaleza. Esta influencia no solo se debe a sus propiedades fisicoquímicas como molécula bipolar sino también a los constituyentes orgánicos e inorgánicos que se encuentran en ella.

A medida que la sociedad se desarrolla, se incrementa la demanda del recurso hídrico y al mismo tiempo los niveles de impacto a las cuencas hidrográficas, dado que el aprovechamiento del recurso no es de forma sustentable (Elosegi & Sabater 2009). El agua es un recurso vulnerable ante factores condicionantes como densidad poblacional, tipos de asentamientos, actividades productivas y sistemas tecnológicos, entre otros, presentando efectos como la desregulación de la disponibilidad espacial y temporal en la oferta hídrica, deterioro de las condiciones biológicas y fisicoquímicas del agua, conflictos intersectoriales e interterritoriales e imposibilidad de manejo integral de las cuencas (Hahn-Vonhessberg *et al.* 2009). Esto ha provocado que este recurso cada vez sea menos útil para su aprovechamiento como agua potable y como criadero de muchas especies acuáticas, de plantas y animales.

Dada la diversidad de factores que están influyendo sobre la dinámica del recurso hídrico es insuficiente la evaluación basada simplemente en los parámetros fisicoquímicos, ya que impiden tener una visión global de la calidad del agua en los ríos y dan una representatividad temporal muy baja o exacta, pues al ser puntuales no muestran los impactos causados en los ecosistemas acuáticos a lo largo del tiempo (Roldán 2003, Springer 2010). Es importante afianzar y revalidar los resultados fisicoquímicos realizados con la biota acuática en forma paralela a la caracterización fisicoquímica (Reinoso *et al.* 2007a), ya que organismos como los macroinvertebrados bentónicos son muy sensibles a las alteraciones del medio, lo cual los posiciona como modelo indicador de la calidad del agua (Roldán 2003, Reinoso *et al.* 2007a, 2007b, Prat *et al.* 2009).

La evaluación de la calidad del agua es un proceso de enfoque múltiple que estudia la naturaleza **física, química y biológica del agua** con relación a la calidad natural, efectos humanos y acuáticos relacionados con la salud (FAO 1993).

Debido a la insuficiencia de estudios en cuanto a la evaluación de calidad de agua basado en parámetros fisicoquímicos e hidrobiológicos que presenta el Río Rumiyaco en el sector de la bocatoma, se ve la necesidad de realizar esta investigación con el fin de ayudar a determinar una evaluación integral (fisicoquímico e hidrobiológico) de calidad del agua, que serán de gran utilidad para implementar nuevas estrategias.

La importancia radica en primera instancia en el uso específico que se le puede dar al agua, con el fin de no comprometer la salud y bienestar de los habitantes que se abastecen de dicha fuente hídrica, también en contar con datos reales para la toma de decisiones a la hora de realizar las diferentes actividades o la ejecución de algún proyecto, es por esto que se cree que la investigación que se pretende llevar a cabo sería de mucha eficiencia para los habitantes de la comunidad y la vereda en general. Con todo esto lograr un equilibrio social, económico y ambiental para que haya una armonización entre estos importantes e indispensables factores.

1. TITULO DE TESIS

Determinación de la calidad del agua por medio de la caracterización de macro invertebrados bentónicos y su correlación con los parámetros físico-químicos, en el área de la bocatoma del Río Rumiayaco, vereda Rumiayaco, Municipio Mocoa, Departamento Putumayo.

2. IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

¿Se ha determinado la calidad del agua en el área de la bocatoma de la vereda Rumiyaco con base en macro invertebrados bentónicos correlacionándolos con los parámetros físico-químicos en el Rio Rumiyaco, Municipio Mocoa, Departamento Putumayo?

3. DESCRIPCION Y FORMULACION DEL PROBLEMA

La calidad del agua es una medida crítica de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los sistemas acuáticos que dependen del mantenimiento de una calidad del agua específica para poder sostener procesos bioquímicos necesarios para la vida de plantas y animales. Estos ecosistemas se ven influenciados por las entradas de metales, nutrientes, toxinas, erosión de la tierra, cenizas de fuegos, aguas residuales y biomasa.

Los parámetros principales de la calidad del agua reflejan la función física y biológica del medio ambiente con el que el agua tiene interacción. Los parámetros principales (temperatura, conductividad específica, turbidez, pH, oxígeno disuelto) se pueden medir fácilmente y constituyen una manera de clasificar posibles factores de estrés para la salud del sistema acuático. Además, otras medidas de calidad del agua (nutrientes primarios, sólidos disueltos totales, metales pesados, agentes patógenos, compuestos orgánicos) ayudan a caracterizar la calidad del agua y a determinar los posibles impactos en la vida acuática y en seres humanos. (2011). *Calidad del agua*. Ciénaga.

La deficiencia de estudios para el río Rumiaco, con base en la determinación de calidad de agua a través de una correlación de macroinvertebrados bentónicos y parámetros físico-químicos es la principal problemática que incide en esta investigación, puesto que en la actualidad no se ha determinado dichas calidades de agua de esta manera integrada.

Los monitoreos basados con parámetros físico-químicos dan una representatividad temporal muy baja o exacta, es decir la caracterización de la muestra puede variar dependiendo del tiempo y las condiciones externas en que se la tome o modifique el fluido, de este modo estos parámetros no ofrecen una determinación de calidad de agua en un tiempo determinado teniendo en cuenta lo anterior es importante afianzar y revalidar los resultados físico-químicos realizados con otro tipo de evaluación de calidad de agua, como es el caso de los macro invertebrados bentónicos, debido a que estos por su ecología trascienden o permanecen mucho más tiempo en su hábitat natural (fuentes hídricas), sin importar las condiciones temporales del comportamiento del recurso hídrico.

La política económica de la Vereda Rumiaco se plantea con base en estrategias que la conducen a obtener resultados con fines económicos específicos. Estas estrategias se encuentran directamente relacionadas con actividades de agricultura (cultivos de tipo industrial y de pancoger), la ganadería y pesca; es de estas formas como la comunidad mantiene su economía y su subsistencia. Los cultivos de tipo industrial tienen gran importancia económica, en algunos casos estratégica, y su conexión imprescindible con la industria transformadora de la materia prima. Esto supone un fuerte valor añadido, una garantía de estabilidad de la producción y la generación de una fuerte actividad económica y de empleo. POT Mocoa, (2012).

Dentro de la política social de la Vereda se enmarca tres grandes fines, los cuales son justicia, bienestar y orden social y conllevan a que se mantenga un equilibrio en sentido formal, material y legal en la ejecución de actividades y en el diario vivir de los habitantes, esta es planteada por todas las personas y por las juntas de la Vereda.

En su política ecológica se manifiesta la preocupación y desarrollo de objetivos con fines para mejorar el medio ambiente, conservar los principios naturales de la vida humana y fomentar un desarrollo sostenible. Tanto en el ámbito público como privado, la conciencia ambiental es creciente. Es decir, es aquí donde incide el buen manejo que los habitantes plantean darle al Recurso Hídrico por lo que han creído que no han sido necesarios los estudios de agua de esta cuenca para determinar su calidad para consumo humano y optan por adquirirla sin temor a algún riesgo. Las plantas poseen eficaces medios de dispersión y satisfacen sus necesidades vitales en el área inmediata donde se asientan, en el caso de las especies faunísticas la capacidad de desplazamiento a través del territorio es un factor clave en su accesibilidad a numerosos recursos.

En la utilización y ocupación del espacio del sector de la vereda Rumiayaco se presentan los cultivos agrícolas ya mencionados, sectores para la ganadería, áreas reforestadas, así como también se establecen mecanismos para llegar a un equilibrio sostenible y a darle un uso óptimo a la tierra que se refiere a producir más causando menos impactos a la parte ambiental para lograr una armonización socio-económica. Estas situaciones ayudan a que el Recurso Hídrico así como altera sus condiciones, hace que pueda llegar a recuperar parte de ellas.

La vereda Rumiayaco aguas arriba de la bocatoma cuenta con terrenos que son dedicados a actividades que pueden alterar las condiciones naturales del agua, tales como se mencionó anteriormente: la ganadería, cultivos de tipo industrial y de pan coger, lo anterior genera algunas cantidades de materia fecales que por acción de lavado por aguas lluvias y vertimientos directos posiblemente lleguen al río Rumiayaco. CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA (CORPOAMAZONIA).

La importancia de esta investigación radica en la necesidad de dar a conocer los resultados de la investigación con el fin de vincular a la comunidad en la apropiación y conservación del ecosistema en mención, el cual constituye un capital natural inherente de la población en general.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Determinar de la calidad del agua por medio de la caracterización de macro invertebrados bentónicos y su correlación con los parámetros físico-químicos, en el área de la bocatoma del Río Rumiaco, vereda Rumiaco, Municipio Mocoa, Departamento Putumayo.

4.2. Objetivos específicos

- Monitorear los parámetros físicoquímicos e hidrobiológicos (macro invertebrados bentónicos) del recurso hídrico en el área de estudio.
- Correlacionar los resultados de los análisis físico-químicos con los macro invertebrados bentónicos (hidrobiológicos) del agua en el área del proyecto.
- Validar los usos del recurso hídrico en el área de estudio según la calidad del agua del río Rumiaco en el área de la bocatoma.

5. JUSTIFICACION

La evaluación de la calidad de agua a través de parámetros fisicoquímicos y macroinvertebrados bentónicos ha sido uno de los métodos más importantes y aplicados a lo largo de la historia debido a que tiene una gran influencia en los procesos bioquímicos que ocurren en la naturaleza. Esta influencia no solo se debe a sus propiedades fisicoquímicas como molécula bipolar sino también a los constituyentes orgánicos que se encuentran en ella.

A medida que la sociedad se desarrolla, se incrementa la demanda del recurso hídrico y al mismo tiempo los niveles de impacto a las cuencas hidrográficas, dado que el aprovechamiento del recurso no es de forma sustentable (Elosegi & Sabater 2009). El agua es un recurso vulnerable ante factores condicionantes como densidad poblacional, tipos de asentamientos, actividades productivas y sistemas tecnológicos, entre otros, presentando efectos como la desregulación de la disponibilidad espacial y temporal en la oferta hídrica, deterioro de las condiciones biológicas y fisicoquímicas del agua, conflictos intersectoriales e interterritoriales e imposibilidad de manejo integral de las cuencas (Hahn-Vonhessberg *et al.* 2009). Esto ha provocado que este recurso cada vez sea menos útil para su aprovechamiento como agua potable y como criadero de muchas especies acuáticas, de plantas y animales.

Dada la diversidad de factores que están influyendo sobre la dinámica del recurso hídrico es insuficiente la evaluación basada simplemente en los parámetros fisicoquímicos, ya que impiden tener una visión global de la calidad del agua en los ríos y dan una representatividad temporal muy baja o exacta, pues al ser puntuales no muestran los impactos causados en los ecosistemas acuáticos a lo largo del tiempo (Roldán 2003, Springer 2010). Es importante afianzar y revalidar los resultados fisicoquímicos realizados con la biota acuática en forma paralela a la caracterización fisicoquímica (Reinoso *et al.* 2007a), ya que organismos como los macroinvertebrados bentónicos son muy sensibles a las alteraciones del medio, lo cual los posiciona como modelo indicador de la calidad del agua (Roldán 2003, Reinoso *et al.* 2007a, 2007b, Prat *et al.* 2009).

La evaluación de la calidad del agua es un proceso de enfoque múltiple que estudia la naturaleza física, química y biológica del agua con relación a la calidad natural, efectos humanos y acuáticos relacionados con la salud (FAO 1993).

Debido a la insuficiencia de estudios en cuanto a la evaluación de calidad de agua basado en parámetros fisicoquímicos e hidrobiológicos que presenta el Río Rumiayaco en el sector de la bocatoma, se ve la necesidad de realizar esta investigación con el fin de ayudar a determinar una evaluación integral (fisicoquímico e hidrobiológico) de calidad del agua, que serán de gran utilidad para implementar nuevas estrategias.

La importancia radica en primera instancia en el uso específico que se le puede dar al agua, con el fin de no comprometer la salud y bienestar de los habitantes que se abastecen de dicha fuente hídrica, también en contar con datos reales para la toma de decisiones a la hora de realizar las diferentes actividades o la ejecución de algún proyecto, es por esto que se cree que la investigación que se pretende llevar a cabo sería de mucha eficiencia para los habitantes de la comunidad y la vereda en general. Con todo esto lograr un equilibrio social, económico y ambiental para que haya una armonización entre estos importantes e indispensables factores.

6. MARCO REFERENCIAL

6.1. Marco teorico

El agua es esencial para la vida y todas las personas deben disponer de un suministro satisfactorio (suficiente, inocuo y accesible). La mejora del acceso al agua potable puede proporcionar beneficios tangibles para la salud. Debe realizarse el máximo esfuerzo para lograr que la inocuidad del agua de consumo sea la mayor posible.

Sánchez et al (2000) afirma: "existen diversos factores que influyen en la calidad del agua que consume una población. Entre estos se encuentran: aspectos culturales y socioeconómicos que condicionan la aceptación o rechazo a ciertas formas de abastecimiento y potabilización de agua y factores políticos que afectan la normatividad relativa a la inversión en el desarrollo y mantenimiento de sistemas de abastecimiento de agua potable". Para la selección de la alternativa de tratamiento óptima, deben considerarse los factores técnicos, económicos, financieros, institucionales y ambientales (RAS, 2000).

El agua para consumo, según se define en las Guías de la OMS para calidad de agua potable, no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes vulnerabilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida. Las personas que presentan mayor riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua son los lactantes y los niños de corta edad, las personas debilitadas o que viven en condiciones antihigiénicas y los ancianos. El agua potable es adecuada para todos los usos domésticos habituales, incluida la higiene personal. Las Guías son aplicables al agua envasada y al hielo destinado al consumo humano. No obstante, puede necesitarse agua de mayor calidad para algunos fines especiales, como la diálisis renal y la limpieza de lentes de contacto.

Contaminación en el ambiente.

Contaminación es la presencia o incorporación en el ambiente de elementos nocivos en cualquiera de sus estados, que al actuar en la atmósfera agua, suelo, flora o fauna, o cualquier elemento ambiental, altera y modifica su composición natural degradando su calidad.(RAS 2000 TITULO F).

Importancia del recurso hídrico en el ambiente y en la vida humana.

El agua es uno de los recursos naturales más importantes e indispensables para todas las formas de vida, entre estas las de los seres humanos. Las culturas ancestrales de todo el mundo han reconocido y reconocen la relación que los seres humanos tienen con la madre tierra y la responsabilidad y necesidad de proteger el agua. Para estos ancestros el agua es sagrada y conecta toda la vida.

El recurso hídrico se puede encontrar de diferentes maneras y diferentes composiciones en el mundo por ejemplo del total del agua existente en la Tierra, según las estimaciones actuales, (2009) aproximadamente el 97.5% se encuentra en los mares y océanos se trata por lo tanto de agua salada, cuyos usos, sin un delicado y costoso tratamiento, son limitados. (Engenharia de Recursos Hídricos. Ray K.Linsley & Joseph B. Franzini. Editora da Universidade de São Paulo 2003).

Cuencas hidrográficas.

La Cuenca Hidrográfica se define como la unidad territorial natural que capta la precipitación, y es por donde transita el escurrimiento hasta un punto de salida en el cauce principal o sea es un área delimitada por una divisoria topográfica denominada parte-agua que drena a un cauce común. (CENEA 1996. Primer Encuentro Nacional de Educación Ambiental. Comisión Nacional de Educación Ambiental. Managua, Nicaragua).

Fuente de agua para consumo humano

Existen tres fuentes de agua dulce en el planeta: las aguas subterráneas, las aguas superficiales y los glaciares. No obstante en el territorio Colombiano hay presencia únicamente de las dos primeras y se encuentran representados principalmente por acuíferos, ríos, quebradas y lagunas. Desde tiempos atrás la calidad del agua se determinaba por medio de su visualización, siendo así que solo se daban calificativo de turbia, cristalina, o de otros aspectos el ojo humano pudiera encontrar. Hoy en día gracias a la aparición de laboratorios especializados es posible la evaluación de mayores características presentes en el agua por medio de muestreos. Teniendo en cuenta los parámetros para determinar la calidad del agua.

Tabla 1. Parámetros para la caracterización del agua para consumo humano

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN EN AGUA PARA CONSUMO HUMANO
Temperatura	El agua de bebida debe tomarse fresca. Algunas fuentes de agua son calientes.
Color	Depende del material que el agua tenga en solución o coloidal. El agua debe ser incolora.
Olor	El agua debe ser inodora. La presencia de determinados olores produce objetos subjetivos y es rechazada para el consumo. Son producidos por algas, hongos, bacterias, sustancias orgánicas e inorgánicas.
Sabor	El agua debe ser insípida. Los sabores si bien no provocan efecto en la salud producen también efectos subjetivos. Es variable y siempre existe. En todos los casos el sabor debe ser inobjetable.
pH (acidez)	Influye en la presencia de sabores en el agua, en la acción corrosiva e incrustante que tiene el agua

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN EN AGUA PARA CONSUMO HUMANO
	en las cañerías y en la eficiencia de la cloración.
Sólidos disueltos	Provocan corrosión. Pueden actuar como laxantes.
Alcalinidad	Puede afectar el color, el sabor y la turbiedad, además provoca corrosión.
Dureza total	Está relacionado con la presencia de Ca y Mg.
Cloruros	Afecta el sabor y la corrosividad.
Sulfatos	Afectan el sabor y pueden actuar como laxantes.
Amoniaco	Su presencia en el agua debe relacionarse con la necesidad de realizar análisis bacteriológicos, si supera los límites permisibles.
Turbiedad	El agua debe ser transparente. Al igual que el color, está determinada por el material en suspensión

Fuente. Acosta, Raquel. 2008

Para determinar la calidad que una fuente hídrica posee es necesaria la realización de un análisis físico-químico y microbiológico, y de esa manera evaluar si las características correspondientes se encuentran dentro de los límites permisibles en el marco legal del agua. (IDEAM. Marco Teórico 17 abril 2014).

Bioindicadores de calidad del agua.

El concepto de bioindicador es definido como una especie o grupo de especies que posee requerimientos particulares con relación a un conjunto de variables físicas o químicas, de forma que los cambios en la presencia/ausencia, número, morfología o de conducta de esa especie en particular, indique que las variables físicas o químicas consideradas, se encuentran cerca de sus límites de tolerancia (Rosenberg & Resh 1993; Higuti 1996). Según Jonson et al. (1992) y Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega (1988, citados por Gutiérrez et al. 2004), entre las ventajas que ofrece su utilización están la simplicidad metodológica, la rapidez en la obtención de los resultados y la alta confiabilidad, lo que hace de estos métodos una herramienta idónea para la vigilancia rutinaria de la calidad del agua en las cuencas y ríos en general.

Las ventajas de usar la comunidad biológica en la bioevaluación de los cuerpos de agua resultan, entre otros factores, de su capacidad: a) de reflejar la condición ecológica de un sitio; b) de integrar los efectos de los impactos de diferentes factores de perturbación; c) de acumular en el tiempo el efecto de las tensiones que le han afectado y d) de ser sensibles al impacto de factores difusos, no puntuales que no pueden ser detectados por otros métodos (Barbour et al. 1999). Segnini (2003) plantea que un bioindicador será eficaz en la medida que pueda discriminar entre sitios poco o nada perturbados (condición de referencia) y sitios impactados. La selección de los dos tipos de ambientes debe hacerse con base en

criterios no biológicos como son los relacionados con el uso de la tierra, la calidad física y química del agua y la condición del hábitat.

Las comunidades de macroinvertebrados acuáticos están representadas por varios grupos taxonómicos, como Platelminthes, Annelida, Crustacea, Mollusca e Insecta, siendo este último, el más diversificado y abundante (Gullam & Cranston 1996). Estos artrópodos son fáciles de visualizar y de muestrear y desempeñan un importante papel dentro del funcionamiento de los ecosistemas, actuando como predadores, herbívoros, descomponedores de materia orgánica, etc., sirviendo a su vez como alimento para otros eslabones tróficos. Adicionalmente, el número de especies existentes con diversas adaptaciones y grados de tolerancia, incrementa la probabilidad de que al menos alguna sea sensible a cualquier tipo de alteración, lo que unido a los largos periodos de tiempo de sus ciclos de vida, los convierten en unos testigos de excepción de lo que ocurre en sus ambientes (Dorado & Castro 2003).

El uso de variables físicas y químicas para evaluación, equivale a un análisis muy puntual de un cuerpo de agua en un momento dado, mientras que el análisis de una comunidad biológica refleja diferentes eventos que ha sucedido en la fuente, durante un tiempo determinado hasta la fecha. De hecho, determinados procesos de contaminación esporádica se detectan mejor por medio de un seguimiento biológico que un monitoreo físico y químico (Rueda et al. 2002).

Utilización de índices bióticos.

La variedad de rangos de tolerancia a las perturbaciones significa que ante una alteración hay especies muy sensibles que pueden desaparecer o reducir su abundancia, mientras que las más tolerantes pueden incrementar sus densidades cuando otras ya han desaparecido. Esta propiedad ha permitido el desarrollo de los denominados índices bióticos basados en la tolerancia de los diferentes taxones de macroinvertebrados a la contaminación o a las perturbaciones humanas (Chandler 1970, Hilsenhoff 1977, Armitage et al. 1983, García de Jalón & González del Tánago 1986, Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega 1988, Camargo 1993, Rosenberg & Resh 1993, Alba-Tercedor & García-Criado et al. 1999, Pujante 2000, citados por Alonso & Camargo 2005).

El uso de los índices de diversidad y los índices bióticos, constituyó una evolución conceptual importante en la bioindicación. La noción de organismo indicador fue sustituido por el de comunidad indicadora, porque al tener en cuenta a toda una comunidad se minimizan los errores y se multiplica la capacidad de detección de alteraciones (Alba - Tercedor 1996).

El reconocimiento de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera como grupo intolerante fue esencialmente sincrónico con el uso de macroinvertebrados bentónicos para evaluar la calidad del agua en los Estados Unidos, con estudios llevados a cabo en el Río Illinois (Richardson 1928). A inicios de la década de los años 50 fue muy difundida la utilización de macroinvertebrados para evaluar los ambientes acuáticos, publicaciones de esa época citaban a estos tres órdenes

como taxa intolerante (Gaufin and Tarzwell 1952). Durante este período, los investigadores iniciaron la clasificación de organismos como tolerantes, facultativos o intolerantes (Surber 1953, Beck 1953, Weber 1973) y eventualmente culminaron en el desarrollo de índices bióticos (Chutter 1972, Hilsenhoff 1977).

Los índices bióticos han sustituido progresivamente a las medidas de diversidad y con ellos se renueva el uso de las técnicas cualitativas en la bioindicación. La composición y adaptabilidad de los taxa son aspectos considerados al determinar la tolerancia de los diferentes grupos de organismos a los factores de perturbación; la presencia o ausencia de un taxón y/o su abundancia se pondera de acuerdo a la sensibilidad que presenta el factor de perturbación que se quiera valorar (Adriaenssens et al. 2002).

Cuando se selecciona un método para evaluar la calidad de las aguas como un índice biótico, es importante que sea preciso y simple de aplicar para obtener resultados rápidos (Vernaux 1982; Ricco et al. 1992; Resh et al. 1995), ambas condiciones pueden ser contradictorias porque dependen del nivel taxonómico y requiere de personal científico calificado y dedicar mucho tiempo en el análisis de las muestras (Ricco et al. 1992; Rosenberg y Resh 1993).

Actualmente existen dos métodos para verificar la calidad del agua: en uno se desarrollan índices que miden la condición biológica reuniendo varios atributos de la comunidad en una única medida que se usa para comparar sitios degradados con sitios poco intervenidos. El otro método es el de los modelos de predicción que usan la estadística multivariada para comparar la composición de la comunidad entre los sitios impactados y los de referencia (Segnini 2003).

La aplicación de índices bióticos a través de la utilización de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores, se ha desarrollado a nivel mundial; en Suramérica, los índices más ampliamente aplicados son el BMWP' (Biological Monitoring Working Party, Zamora, 1999; Zúñiga de Cardozo 2001), el índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, Carrera & Fierro (2001) y Leiva 2004) y el Índice Biótico de Familia IBF (Figueroa 1999; Figueroa et al. 2003).

Limitación de los índices bióticos en Suramérica.

A pesar de que son promisorias las expectativas sobre la utilización de índices biológicos de calidad de agua, el conocimiento taxonómico de la mayoría de los grupos de macroinvertebrados aún es deficiente. Aunque muchos índices importantes fueron creados para países del hemisferio norte con clima templado y con ríos estructuralmente diferentes a los suramericanos para la región amazónica, los índices deben ser hechos o adaptados con sumo cuidado, pues muchos invertebrados que constan en las tablas de clasificación de tolerancia, no son parte de la fauna local (Mares 1986).

Considerar animales como bioindicadores algunas veces puede conllevar a problemas de biogeografía y no siempre las especies de un mismo género son equivalentes en su tolerancia, por esta razón se requiere en cada localidad

obtener un listado de organismos y posicionarlos en el sistema de clasificación de saprobiedad (basado en la adaptación de los organismos a los sucesivos estados de descomposición de la materia orgánica) para proceder a calcular índices bióticos que dan la posición media del conjunto en una escala de saprobiedad (Margalef 1985).

Ante las dificultades taxonómicas que se han presentado con macroinvertebrados acuáticos, especialmente con animales procedentes de la región tropical, ha sido ampliamente recomendado utilizar el nivel de familia (Kaesler & Herricks 1979; Osborne et al. 1980; Furse et al. 1984; Hilsenhoff 1988; Lenat & Barbour 1994) argumentando que es posible realizar identificaciones de campo con resultados inmediatos y personal con preparación básica (Warwick 1988); no obstante, el hecho de que se utilice como un método rápido, no significa que un nivel específico no sea necesario, puesto que confrontado con otras variables, incrementa el contenido de la información y permite ajustar el conocimiento respecto a la tolerancia de los grupos (Verdonschot 2000).

El estudio de los macroinvertebrados bentónicos como organismos indicadores de calidad de agua, permite estimar si han sido afectados por cambios físicos o químicos de su hábitat, pero no indica directamente cual es la causa específica que los afecta, lo cual debe ser estimado mediante su asociación con información del hábitat físico (e.g., substrato de fondo, velocidad de la corriente, profundidad) y a potenciales fuentes de estrés (e.g., contaminantes acuáticos: Bis et al. 2000, Nerbonne & Vondracek 2001, Liljaniemi et al. 2002).

Principios de la bioindicación.

Un contaminante o cualquier otro evento particular que perturbe las condiciones iniciales de un sistema acuático provocaran una serie de cambios en los organismos, cuya magnitud dependerá del tiempo que dure la perturbación, su intensidad y su naturaleza. La acción puede ser indirecta (cambios en el medio) o directa (ingestión o impregnación). Los efectos sobre la fauna acuática cuando es sometida a la descarga de una sustancia tóxica, a medida que transcurre el tiempo se pasa de respuestas individuales (bioquímicas y fisiológicas) a respuestas poblacionales, comunitarias y ecosistémicos. Entonces un indicador biológico será aquel que logre soportar los efectos ocasionados por el elemento perturbante, es decir, que muestre algún tipo de respuesta compensatoria o tolerante. Estas respuestas significan para la especie mantener el funcionamiento normal a expensas de un gran gasto metabólico. (Pinilla, G. 1998)

Utilidad de los bioindicadores. El principal uso que se le ha dado a los indicadores biológicos ha sido la detección de sustancias contaminantes, ya sean estos metales pesados, materia orgánica, nutrientes (eutrofización), o elementos tóxicos como hidrocarburos, pesticidas, ácidos, bases y gases con miras a establecer la calidad del agua. En adición a esta utilización primordial, existen otra serie de fenómenos que no son de origen cultural y que se pueden determinar mediante bioindicadores como son por ejemplo:

- ✓ Saturación de oxígeno
- ✓ Condiciones de anoxia
- ✓ Condiciones de pH
- ✓ Estratificación térmica y de oxígeno en la columna de agua
- ✓ Turbulencia del agua
- ✓ Torrencialidad
- ✓ Proceso de mezcla entre el hipolimnio y el epilimnio en cuerpos lenticos
- ✓ Eutrofización natural
- ✓ Grado de mineralización del agua
- ✓ Presencia de determinados elementos como hierro, sílice y calcio
- ✓ Fenómenos de sedimentación

Figura 1. Macroinvertebrados indicadores.



Fuente: Boletín científico, Museo de historia natural.

Pertenecen a los siguientes taxa: Insecta, mollusca, oligochaeta, hirudinae y crustácea principalmente. Algunas desarrollan toda su vida en el medio acuático (oligochaeta y mollusca), otros, por el contrario, tienen una fase de su ciclo aéreo. Cualquier tipo de substrato puede constituirse en hábitat adecuado para estos organismos incluyendo grava, piedra, arena, fango, detritus, plantas vasculares, algas filamentosas, troncos, etc.

A consecuencia de su enorme diversidad es probable que algunos de ellos respondan a cualquier tipo de contaminación.

- ✓ La comunidad de macroinvertebrados acuáticos ocupan varios hábitats acuáticos y son relativamente fáciles y poco costosos de coleccionar.
- ✓ Los macroinvertebrados son sedentarios, por ello son representativos de las condiciones locales. Tienen ciclos de vida lo suficientemente prolongados como para permitir un registro adecuado de calidad ambiental.
- ✓ Son muy heterogéneos, están representados por numerosas taxa y grupos tráficos, con alta probabilidad de que al menos algunos de estos organismos reaccionen a un cambio particular de condición ambiental. El uso de estas comunidades también presenta algunas desventajas:
Los muestreos cuantitativos requieren de un gran número de réplicas, lo que puede resultar en problemas de costos y tiempo (gran esfuerzo de trabajo de laboratorio).
- ✓ Pueden existir otros factores independientes a la calidad del agua que afectan la distribución y abundancia (ejemplo perturbaciones por cambios de caudales manejados artificialmente, catástrofes naturales por inundación, etc).
- ✓ Las variaciones estacionales pueden complicar las interpretaciones o comparaciones.
- ✓ La disposición de algunos invertebrados a derivar les proporciona algunas ventajas sobre aquellos menos móviles.
- ✓ Ciertos grupos no son bien conocidos taxonómicamente por carencia de especialistas locales.
- ✓ Los macroinvertebrados bentónicos no son siempre sensibles a ciertas perturbaciones como patógenos humanos y cantidades traza de algunos contaminantes (Figuroa, 2004).

La fuente de abastecimiento se define como "Depósito o curso de aguas superficial o subterránea, utilizada en un sistema de suministro a la población, bien sea de aguas atmosféricas, superficiales, subterráneas o marinas (Decreto 1575 de 2007, Ministerio de Protección Social). En Colombia el 80% de los sistemas de acueducto, dependen de aguas superficiales (Ministerio de Desarrollo, 1998).

Cuando hablamos de fuente de abastecimiento de agua podemos hablar de un ecosistema, definido como la combinación de una comunidad natural y su medio físico. Las plantas, los animales, las bacterias, los hongos y otros organismos conforman estas comunidades, e interactúan entre ellos y con los elementos inanimados del medio (Begon, 1997). Las funciones de los ecosistemas hacen posible que el ser humano obtenga múltiples beneficios directos e indirectos. Uno de estos beneficios está en disponer del agua para satisfacer necesidades directas de consumo. Lo que puede definirse como servicios ecosistémicos hídricos, los cuales tienen que ver con la disponibilidad de proveer agua de buena

calidad y cantidad en las fuentes de agua, y satisfacer las necesidades de consumo de miles de familias. Para asegurar el servicio hídrico se debe proteger los ecosistemas proveedores (Retamal et al., 2008).

La conciencia ambiental en el uso del agua induce a la comunidad a la conservación o al derroche, al cuidado del recurso o a su despilfarro y la facilidad o dificultad a la adaptación al cambio climático (Ferro et al., 2013). Así como la protección de las fuentes hídricas representa conciencia ambiental y apropiación por parte de los usuarios de los acueductos (Cadavid, 2008).

Según el IDEAM (2012), basado en los estudios del índice de escasez del agua, definido como la relación porcentual de la demanda de agua, ejercida por las actividades sociales y económicas en su conjunto para su uso y aprovechamiento, con la oferta hídrica disponible y la vulnerabilidad definida como el resultado de la interrelación de los indicadores del índice de escasez y la regulación hídrica de año medio, para 2015-2025 el país podría presentar graves dificultades en el abastecimiento de agua a la población de no tomarse medidas importantes de conservación, ordenamiento y manejo de los recursos naturales, así como de la disminución de la contaminación.

El país cuenta con una oferta de agua de 34% para zona ubicada entre los 1000 y 3000 msnm, que representa el 35% de la superficie del país, y soporta el 66% de la población (Ministerio del Medio Ambiente, 1996).

De igual manera para Sánchez et al. (2006), "si no se toman medidas de protección de las fuentes de abastecimiento y la demanda por el recurso sigue aumentando, se augura un grave desabastecimiento de agua en el 19% de los municipios del país y en el 38% de la población".

Factor Social: El factor Social que determina el uso de la planta de tratamiento en los sistemas de acueducto rurales ha sido enfocado por varios autores (Cadavid, 2010, Whittington et al., 2008, Palaniappan, et al., 2008, Bastidas et, al., 2007), en aspectos como la organización de la comunidad, la gestión comunitaria, aspectos culturales, experiencias previas, nivel de educación, hábitos del uso del agua, percepciones de la calidad del agua, desinformación sobre los resultados de las pruebas de calidad de agua, y desinterés en conocer los resultados de las pruebas de calidad de agua y finalmente los relacionados con aspectos de apropiación del sistema de acueducto por la comunidad. A continuación se relacionan los estudios realizados por algunos autores con respecto a estos aspectos.

Para las organizaciones comunitarias, definidas como un grupo social consolidado, que poseen una relación directa con cada uno de los habitantes de la comunidad, y que generalmente están conectadas con otros pares en comunidades vecinas, el manejo de sus acueductos se convierte en un elemento de creación de identidad, donde la participación genera cohesión hacia la institución comunitaria forjando beneficios en otros espacios sociales de la comunidad (Cadavid, 2008).

Factor Salud

El factor Salud está relacionado con las enfermedades hídricas, ocasionadas por el consumo de agua no tratada que afectan a una comunidad que no hace uso de la planta de tratamiento. A continuación se presentan los estudios realizados acerca de las razones por las cuales una comunidad considera que el consumir agua sin tratamiento, no le genera problemas de salud, y estudios que evidencian las consecuencias que generan en la salud en la población, el no consumir agua potable. La cobertura y calidad de los servicios de agua potable y saneamiento incide directamente en la salud de la población infantil y las personas en condiciones de vulnerabilidad, de igual manera contribuye en el desarrollo económico, la protección del medio ambiente, la cohesión social y la estabilidad política de las naciones (HantkeDomas et al., 2011).

Independientemente de los agentes que afectan la calidad del agua para consumo humano, es necesario tener en cuenta los riesgos causados por la pobre protección de las fuentes de agua, el inadecuado manejo del agua durante el proceso de tratamiento y la mala conservación de su calidad a nivel de las redes de distribución e intradomiciliario. Sin embargo, la ausencia de enfermedades en comunidades abastecidas con agua de mala o dudosa calidad no significa que la población no esté sujeta a riesgos que puedan desencadenar una epidemia (Rojas, 2002).

6.2. Marco conceptual

Agua. El agua es el principal e imprescindible componente del cuerpo humano. El ser humano no puede estar sin beberla más de cinco o seis días sin poner en peligro su vida. El cuerpo humano tiene un 75 % de agua al nacer y cerca del 60 % en la edad adulta. Aproximadamente el 60 % de este agua se encuentra en el interior de las células (agua intracelular). El resto (agua extracelular) es la que circula en la sangre y baña los tejidos. (Ricardo I, 2005).

Bioindicadores. Organismo vivo que se utiliza para determinar y evaluar el índice de contaminación de un lugar, especialmente de la atmósfera o del agua. Dan información sobre ciertas características ecológicas, es decir, (físico-químicas, microbiológicas, biológicas y funcionales), del medio ambiente o sobre el impacto de ciertas prácticas en el medio. (Prat, N, 1988).

Calidad del agua. Es el resultado de comparar las características físicas, químicas y microbiológicas encontradas en el agua, con el contenido de las normas que regulan la materia. (Decreto 1575 de 2007 Nivel Nacional).

Ciclo del agua. Es el proceso de circulación del agua entre los distintos compartimentos de la hidrosfera. Se trata de un ciclo biogeoquímico en el que hay una intervención de reacciones químicas, y el agua se traslada de unos lugares a otros o cambia de estado físico. (Ramírez, J.J & G. Roldan 1989).

Contaminación del agua. Es una modificación de esta, generalmente provocada por el ser humano, que la vuelve impropia o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, así como para los animales y la vida natural. (Prat, N., I. Muñoz., G. Gonzales., & X. Millet, 1986).

Contaminante. Toda materia o energía en cualquiera de sus estados físicos o formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera agua, suelo, flora o fauna, o cualquier elemento ambiental, altere o modifique su composición natural y degrade su calidad. (RAS 2000).

Macroinvertebrados acuáticos. Se definen como aquellos organismos que se pueden ver a simple vista; es decir, todos aquellos organismos que tengan tamaños superiores a 0.5 mm de longitud. Son habitantes de dos tipos de ecosistemas de aguas dulces muy distintos entre sí: ecosistemas Lénticos o de aguas tranquilas y Lóticos o de aguas rápidas, representados por una fauna numerosa de especies de artrópodos, anélidos y moluscos. (Roldán, G. 2001. Los macroinvertebrados y su uso como indicadores de la calidad del agua. Memorias del taller "Medidas de la biodiversidad en Biología y Paleobiología", págs. 20-32.).

Recuso hídrico. Los recursos hídricos se constituyen en uno de los recursos naturales renovables más importante para la vida siendo el componente básico en todos los ciclos ecológicos. (YOSHINAGA. (Geóloga de la UNICAMP). Recursos Hídricos. [En línea]. II Curso Internacional del Aspectos Geológicos de Protección Ambiental. Capítulo 9).

Sistema saprobio. Se basa en la tolerancia a la contaminación en las especies indicadoras presentes, organismos de aguas limpias y aguas contaminadas. (Krebs,c, 1999:ecological methodology, 2da.Edition, Adison Wesley, London).

6.3. Marco legal

Constitución Política De Colombia 1991: por lo cual se reglamenta lo derechos colectivos y del ambiente. El estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación y su restauración, además controlará los factores de deterioro ambiental.

Artículo 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. A ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que los pueda perjudicar.

Es deber del estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para así lograr estos fines.

Artículo 80. El estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales y así garantizar su desarrollo sostenible, restauración o sustitución. Además deberá prevenir controlar los factores de deterioro ambiental imponer las

sanciones legales y exigir reparación por los daños causados y cooperar con áreas de protección.

Ley 99 del 22 de diciembre de 1993. 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 organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.

Decreto-Ley 2811 de 1974: Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente (Parte III, Artículo 77 y siguientes) denomina por primera vez, aguas no marítimas, se clasifican en: corrientes de aguas tales como ríos o quebradas; depósitos de aguas tales como lagos, lagunas y ciénagas; y aguas subterráneas (que a su vez pueden ser corrientes o depósitos).

Decreto 1594 de 1984. 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.

Ley 373 de 1997: por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.

Decreto 1324 de 19 de abril de 2007: En esta norma se dictan disposiciones para hacer un registro de los usuarios del Recurso Hídrico y el uso que se le debe dar al recurso.

Resolución 2115 de 2007: 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.

Decreto reglamentario 1076 de 2015: Por medio del cual se expide el Decreto Único reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo sostenible. Se encarga de orientar y regular el ordenamiento ambiental del territorio y de definir las políticas y regulaciones a las que se sujetaran la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y del ambiente de la nación.

Decreto 1575 de 2007: Por el cual se establece el sistema para la protección y control de la Calidad del Agua para consumo humano, con el fin de monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causadas por su consumo exceptuando el agua envasada.

Resolución 631 de 2015: Por el cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público se dictan otras disposiciones.

6.4. Estado de arte

La aplicación de índices bióticos a través de la utilización de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores, se ha desarrollado a nivel mundial; en Suramérica, los índices más ampliamente aplicados son el BMWP' (Biological Monitoring Working Party, Zamora, 1999; Zúñiga de Cardozo 2001), el índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, Carrera & Fierro (2001) y Leiva 2004) y el Índice Biótico de Familia IBF (Figueroa 1999; Figueroa et al. 2003).

En Chile Figueroa et al. (2003) trabajaron con un índice con las familias, destacando las facilidades al trabajar con este nivel, aunque requiere de una aproximación cuantitativa para dar mayor sensibilidad al método. Este acelerado proceso, que más bien es una necesidad de abordar este problema con ejercicios continuos, el desconocimiento de la fauna de macroinvertebrados a niveles específicos y la falta de especialistas en el tema en Chile, lleva sin duda a la tentación de decidir utilizar índices de tipo cualitativo que marcan la tendencia mundial, los cuales requieren un largo proceso de ajuste y una buena correlación con otras variables ambientales (y sus variaciones temporales) para las cuales también se carece de una base de datos adecuada que permita abordar el problema con una aproximación multimétrica y con la potencia estadística requerida.

Marques & Barbosa (2001) en el Río Doce de Brasil y Weigel et al. (2002) en el centro occidente de México, han desarrollado y aplicado índices integrales, que no solo tienen connotación taxonómica sino que involucran componentes ambientales y biológicos para evaluar la calidad de aguas de fuentes superficiales. En Colombia existen antecedentes sobre el desarrollo de índices bióticos con alcance regional, entre ellos Zamora (1999), Roldán (1999, 2003), Riss et al. (2002) y Roldán et al. (2003) adaptaron el sistema BMWP a varias cuencas andinas. Se destaca el trabajo de Portilla y Estrada (2005) en una quebrada del piedemonte amazónico.

Gómez & Carvajal (2013). Se evaluó la calidad ecológica del agua usando parámetros fisicoquímicos y biológicos como los macroinvertebrados acuáticos en la parte alta y media del río Felidia; el estudio se realizó en los meses de septiembre, octubre y diciembre del 2011 y en marzo de 2012 en la zona de amortiguación del Parque Nacional Natural Farallones, área protegida más grande del Valle del Cauca donde nacen más de 30 ríos que abastecen el suroccidente colombiano dentro de los cuales se encuentra el río Felidia que nace a unos 4.000 m de altitud dentro del parque.

Para el desarrollo del proyecto se tomaron como referencia tres estaciones de muestreo en el río: la primera en El Pato (03° 27' 132" / 076° 39' 864") cerca al Vergel, la segunda en El Porvenir (03° 27' 334" / 076° 39' 133") y la tercera en el límite entre Felidia y La Leonera (03° 27' 28,8" / 076° 38' 17,3"). Las variables

fisicoquímicas se midieron con un medidor multiparamétrico HACH, Datalogging Spectrophotometer y una bomba de vacío para las muestras microbiológicas; mientras que los macroinvertebrados acuáticos fueron colectados con una red surber (ojo de malla de 500 μm y 900 cm^2 de área) y red pantalla (ojo de malla 350 μm) obteniendo un total de 9964 individuos distribuidos en dos phylum, siete clases, 14 órdenes y 44 familias.

A nivel fisicoquímico se evaluó el Índice de Calidad de Agua de COMITESINOS y el de la NSF, además de los Índices de Contaminación por Trofia (ICOTRO) y por Materia Orgánica (ICOMO) donde se obtuvo como resultado que la calidad del agua se encuentra entre regular y buena con valores entre 52 y 80 respectivamente; en cuanto al ICOTRO y el ICOMO estos presentan valores bajos que se encuentran entre 0 y 0.07 confirmando los resultados de los Índices de Calidad de Agua.

A nivel biológico se tomaron índices como el BMWP (Biological Monitoring Working Party) – UNIVALLE obteniendo valores entre 94 y 148 entrando dentro de la clasificación de aguas muy limpias y no contaminadas, coincidiendo con el ASPT (Average Score Per Taxon); el índice del porcentaje de taxón dominante se le otorgó a los Baetidae en la mayoría de eventos de muestreo obteniendo porcentajes mayores al 50%, mientras que familias como Blephariceridae, Chironomidae, Simuliidae, Elmidae, entre otras, representaron el 50% restante. Los órdenes Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera del índice EPT indicaron calidad de agua entre buena y muy buena con porcentajes entre 93 y 73%, corroborándolo con los bajos porcentajes de Chironomidae. El Análisis de Correspondencia Canónica - ACC captó el 43% de la variabilidad total de los datos en los dos primeros ejes relacionando las variables fisicoquímicas y bióticas estudiadas.

La relación de la calidad fisicoquímica y biológica muestra la eficacia de los parámetros escogidos los cuales se mostraron constantes durante los eventos de muestreo evidenciando una calidad de agua entre excelente y buena en las dos primeras estaciones y entre buena y regular en la tercera estación, según los diversos índices calculados.

El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente.

En éste artículo se revisan los diferentes enfoques que han contribuido al desarrollo conceptual y metodológico del uso de los macroinvertebrados como indicadores de la condición ecológica de los ríos. La evaluación biológica de los ríos se inicio a principios del siglo XX, con la introducción del concepto de saprobidad como una medida del grado de contaminación orgánica. Más de medio siglo después, la introducción de conceptos ecológicos modernos impulsó el uso de los índices de diversidad para medir cambios en la calidad del agua.

Estos fueron rápidamente desplazados por los índices bióticos, que retomaron el concepto de saprobididad. Durante los años 80, en concordancia con la idea de estudiar los ríos desde una perspectiva holística, la bioindicación se orientó hacia la comparación de la condición biológica de sitios poco intervenidos con la de sitios impactados. Actualmente son dos los métodos que tienen este enfoque: en uno se desarrollan índices que miden la condición biológica reuniendo varios atributos de la comunidad en una única medida que se usa para comparar sitios degradados con sitios poco intervenidos. El otro método es el de los modelos de predicción que usan la estadística multivariada para comparar la composición de la comunidad entre los sitios impactados y los de referencia.

La preocupación general que despertó la conferencia de Río de Janeiro sobre la disminución de la Biodiversidad en los ecosistemas tropicales sensibilizó la opinión mundial y marco el inicio en la toma de acciones tendientes a remediar la situación, especialmente en aquellos ecosistemas naturales poco o nada intervenidos o con posibilidades de recuperación. Desde entonces una gran cantidad de esfuerzo en el ámbito internacional se ha dirigido hacia la preservación de los océanos y los bosques húmedos tropicales (Allan y Flecker 1993).

La bioevaluación de las aguas se fundamenta en la capacidad natural que tiene la biota de responder a los efectos de perturbaciones eventuales o permanentes. En términos generales se puede decir que la biota acuática cambia su estructura y funcionamiento al modificarse las condiciones ambientales de sus habitats naturales. De modo que es posible usar algunas características o propiedades estructurales y funcionales de los diferentes niveles de organización biológica para evaluar en forma comparativa el estado de la biota acuática, cuya condición es reflejo del estado ecológico del cuerpo de agua. Estas características de evaluación se conocen con el nombre genérico de bioindicadores. Por lo general no se evalúa la condición de toda la comunidad biótica sino la de algunas agrupaciones de organismos.

Éste trabajo se presenta una revisión de los diferentes enfoques que han contribuido al desarrollo conceptual y metodológico de los métodos de bioindicación. Son varias las razones que nos llevaron a abordar este tema: a) por una parte consideramos que actualmente el uso de los macroinvertebrados bentónicos es la mejor alternativa metodológica para detectar modificaciones tempranas y/o de origen difuso que se producen en los ecosistemas acuáticos (Cairns y Pratt 1993; Resh y Jackson 1993 y Rosemberg y Resh 1993; Barbour et al. 1999; Karr y Chu 1999; Roldán 2003); b) por otra parte se encuentra la situación de riesgo en la cual se encuentra la condición ecológica de los ríos en Venezuela debido a la acción prolongada y constante de diversos factores de perturbación (Péfaur y Durant 1983, Winemiller et al. 1996, Karwan et al 2001).

Alvarez, Espino & Ramos. (2012). Insectos acuáticos indicadores de calidad del agua en México: casos de estudio, ríos Copalita, Zimatán y Coyula, Oaxaca.

Dentro de los macroinvertebrados que habitan los ambientes dulceacuícolas, los insectos son el grupo biológico más idóneo para determinar la calidad del agua de los ecosistemas, ya sean lénticos o lóticos. Considerando la sensibilidad y la tolerancia intrínsecas de los insectos acuáticos, en este estudio se aplicó el índice biótico de Hilsenhoff (IBH, 1988) en las porciones alta, media y baja de 3 ríos perennes: Copalita, Zimatán y Coyula, Oaxaca. El IBH mostró en los 3 casos una calidad del agua de buena a muy buena.

Los macroinvertebrados, en particular los insectos, son un componente importante tanto en la biodiversidad como en el funcionamiento de los ecosistemas dulceacuícolas. Kolkwitz y Marsson (1908, 1909) estudiaron las respuestas de los organismos que habitan el medio acuático para evaluar la calidad del agua, estableciendo el concepto de indicador biológico. A diferencia de los análisis fisicoquímicos, que dan información sobre las condiciones en el momento de tomar la muestra, el monitoreo biológico informa tanto de condiciones pasadas como de actuales (De la Lanza-Espino et al., 2011). Gracias a sus atributos, los macroinvertebrados acuáticos presentan diversas ventajas para la evaluación de la calidad del agua, entre la cuales destacan: su sensibilidad a los diversos contaminantes, reaccionan relativamente rápido, son omnipresentes, aprovechan prácticamente todos los hábitats disponibles, son abundantes y relativamente fáciles de recolectar, su taxonomía está bien establecida en la mayoría de los casos; los macroinvertebrados bentónicos en su mayoría son sedentarios y representativos de las condiciones locales, tienen ciclos de vida largos, permiten esclarecer cambios temporales ocasionados por alguna perturbación, sus comunidades son heterogéneas, con una alta riqueza taxonómica y distintos grupos funcionales, por lo que ofrecen un espectro amplio de respuestas a diferentes afectaciones (Cook, 1976; Plafkin et al., 1989; Rosenberg y Resh, 1993). Además, los insectos son el grupo biológico más conspicuo en el ambiente acuático (Giller y Malmqvist, 2000). En este contexto, el objetivo de la presente contribución fue aplicar el índice biótico de Hilsenhoff (IBH, 1988) en la cuencas Copalita, Zimatán, Coyula, Oaxaca, en las partes alta, media y baja de cada río, utilizando a los insectos acuáticos con el apoyo de observaciones realizadas in situ.

Montoya M. Acosta & Zuluaga *Semillero de Limnología, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Oriente, Rionegro-Colombia. Apartado 050956. Medellín, Colombia.* (2007). Evolución de la calidad del agua en el río negro y sus principales tributarios empleando como indicadores los índices ICA, el BMWP/COL y EL ASPT. El objetivo de este trabajo es comparar los resultados obtenidos en el estudio del río Negro llevados a cabo en el 2002 con los del 2007, empleando el BMWP/Col, el ASPT, el índice de diversidad (H') y el índice ICA, para dar cuenta de la evolución del sistema en el tiempo, conocer el grado de alteración en que se encuentran los diferentes tramos del río y conocer así mismo, la evolución de la estructura de la asociación de macroinvertebrados acuáticos a lo largo del gradiente longitudinal del río asociado a la contaminación.

Las variables fisicoquímicas evidencian una tendencia al mejoramiento de las condiciones de calidad del agua durante el segundo muestreo en cada una de las campañas y a nivel longitudinal, se evidencia la capacidad de recuperación de las aguas del río. Las variables con mayor influencia sobre las otras fueron la turbiedad, los sólidos totales, los nutrientes, la temperatura del agua y el oxígeno disuelto, aunque no presentaron relación con los índices biológicos y químicos evaluados. El ICA presentó diferencias significativas en el gradiente horizontal, presentándose una disminución de la calidad y de la biodiversidad de macroinvertebrados, aunque se evidencia un mejoramiento de las condiciones del río entre el 2002 y el 2007.

Los resultados de los atributos fisicoquímicos evidencian diferente grado de variación entre las variables, aunque cabe recalcar la tendencia al mejoramiento de las condiciones de calidad del agua durante el segundo muestreo en cada una de las campañas y a nivel longitudinal, se evidencia la capacidad de recuperación de las aguas del río. En el trabajo de Montoya et al. (2007) se puede ampliar la información en cuanto a los datos pluviométricos y los resultados fisicoquímicos.

En el análisis entre periodos hidroclimáticos se puede observar que en el periodo seco hay un aumento de la temperatura de agua, del pH, del fósforo total, los sólidos totales y los coliformes y una disminución de la turbiedad, la DBO5, los nitratos y el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto. La variación anual exhibe tres tendencias; en primer lugar se presentan algunas variables que registran un aumento de sus valores absolutos entre el año 2002 y 2007 sin importar el periodo hidroclimático y la estación de muestreo, tales como la temperatura del agua, la turbiedad, los nitratos, la saturación del oxígeno y los sólidos totales. En segundo lugar aparecen variables que presentan la tendencia opuesta, es decir, sus valores absolutos han disminuido con el paso del tiempo sin importar el periodo climático. En este grupo se pueden incluir la DBO5 y el fósforo total. Finalmente, el tercer patrón está dado por el pH el cual exhibe una disminución temporal de sus valores entre periodos secos y un aumento asociado al incremento de las lluvias.

Las variables físicas, químicas, biológicas, microbiológicas y los índices BMWP/Col e ICA presentan fluctuaciones superiores al 15%, excepto la temperatura del agua y el pH. A nivel temporal y espacial presentaron diferencias la temperatura del agua, DBO5, nitratos, sólidos totales y saturación de oxígeno. El fósforo sólo cambió significativamente a nivel temporal. La prueba de correlación mostró que las variables con mayor influencia sobre las otras fueron la turbiedad, los sólidos totales, los nutrientes, la temperatura del agua y el oxígeno disuelto.

Determinación de los parámetros fisico-químicos de calidad de las aguas. Antonio Aznar Jiménez. Instituto Tecnológico de Química y Materiales "Álvaro Alonso Barba". Universidad Carlos III. Avd. de la Universidad 30. 28911-Leganés. Madrid. Al hablar de calidad de aguas sean para su vertido, tratamiento de depuración, potabilización o cualquier otro uso, es imprescindible determinar una serie de

parámetros físico-químicos mediante métodos normalizados, con objeto de conocer si el valor de estos parámetros se encuentra dentro del intervalo que marca la legislación vigente. En el presente trabajo se resumen los parámetros más comúnmente estudiados, indicando la norma o normas mediante las cuales debe procederse a la determinación de los mismos. Dadas las propiedades físico-químicas del agua, esta se comporta como un magnífico disolvente tanto de compuestos orgánicos como inorgánicos, ya sean de naturaleza polar o apolar; de forma que podemos encontrar en su seno una gran cantidad de sustancias sólidas, líquidas y gaseosas diferentes que modifican sus propiedades.

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

Se determinó la calidad del agua mediante macroinvertebrados acuáticos y parámetros físicoquímicos en la Estación Piscícola, Granja Montelindo (Universidad de Caldas), ubicada en la Vereda Santágueda (Municipio de Palestina). Los puntos de muestreo seleccionados corresponden a la entrada y a la salida de agua de la Estación y al recorrido dentro de la misma, áreas donde se tomaron muestras puntuales sujetas a los parámetros físicoquímicos para analizar la calidad. En el estudio se encontraron 55 familias, de las cuales sobresalen: Chironomidae con un 32,5%, seguida de Thiaridae con un 26,7% y Palaemonidae con una presencia del 6,7% de la población total; las demás se encuentran por debajo del 5% de representatividad.

Según el BMW'P/Col. el agua que circula en la Estación Piscícola es de clase tres o medianamente contaminada y no presenta una disminución en la calidad al circular por la estación ni al ser devuelta al caño El Berrión.

Para evaluar la calidad de agua se utilizó el índice BMWP/Col. para los 8 muestreos y los 24 puntos (ROLDÁN, 2003 modificado por ÁLVAREZ, 2005); y las clases, valores y características para aguas naturales clasificadas mediante el índice BMWP (ZAMORA, 2006). La abundancia se tomó como el número total de individuos capturados por familia y por los 20 puntos de muestreo. La riqueza se determinó por el número de familias encontradas en cada punto y su composición como la identidad de cada una de ellas. Respecto a la comparación de la riqueza y abundancia de macroinvertebrados acuáticos en los 20 puntos de muestreo se utilizó el Análisis de Varianza (ANOVA) de una sola vía y una prueba Post-hoc Tukey. Al momento de relacionar la abundancia de macroinvertebrados acuáticos con las variables microbiológicas y físicoquímicas en los 20 puntos de muestreo,

se realizó una Correlación de Pearson. En éstos análisis se empleo el software BioEstat (AYRES et al.,2004). Para relacionar la composición de macroinvertebrados acuáticos con las variables microbiológicas y fisicoquímicas se usó un Análisis de Componentes Principales (ACP).

La calidad del agua se refiere a las condiciones en que se encuentra el agua respecto a características físicas, químicas y biológicas, en su estado natural o después de ser alteradas por el accionar humano. El concepto de calidad del agua ha sido asociado al uso del agua para consumo humano, entendiéndose que el agua es de calidad cuando puede ser usada sin causar daño. Sin embargo, dependiendo de otros usos que se requieran para el agua, así se puede determinar la calidad del agua para dichos usos.

En este contexto, se considera que el agua es de buena calidad cuando está exenta de sustancias y microorganismos que sean peligrosos para los consumidores y esté exenta de sustancias que transmitan sensaciones sensoriales desagradables para el consumo, como el color, el olor, el sabor o turbiedad. La importancia de la calidad del agua radica en que el agua es uno de los principales medios para la transmisión de muchas enfermedades que afectan a los humanos. El agua que es recomendable para consumo humano se llama agua potable, la cual puede provenir de fuentes superficiales o subterráneas y generalmente debe estar tratada para eliminar cualquier contaminación.

La evaluación de la calidad del agua ha tenido un lento desarrollo. Hasta finales del siglo XIX no se reconoció el agua como origen de numerosas enfermedades infecciosas; sin embargo, hoy en día, la importancia tanto de la cantidad como de la calidad del agua está fuera de toda duda. La importancia que ha cobrado la calidad del agua ha permitido evidenciar que entre los factores o agentes que causan la contaminación de ella están: agentes patógenos, desechos que requieren oxígeno, sustancias químicas orgánicas e inorgánicas, nutrientes vegetales que ocasionan crecimiento excesivo de plantas acuáticas, sedimentos o material suspendido, sustancias radioactivas y el calor.

Generalmente el agua está contaminada cuando pierde su potabilidad para consumo diario o para su utilización en actividades domésticas, industriales o agrícolas. Para evitar las consecuencias del uso de aguas contaminadas se han ideado mecanismos de control tempranos de la contaminación. Existen normas que establecen los rangos permisibles de contaminación, que buscan asegurar que el agua que se utiliza no sea dañina. Cada país debe tener una Institución que se encargue de dicho control.

Utilizar agua en el proceso sin saber si realmente es potable es un riesgo latente. En el agua existen millones de microorganismos y sustancias que, de no eliminarse, contaminarían el producto fácilmente. En la tabla 2 se pueden observar los principales microorganismos encontrados en el agua, causantes de muchos brotes de enfermedades.

Tabla 2. Microorganismos comunes del agua

Microorganismos comunes del agua
Algas microscópicas habituales del agua y bacterias de los géneros: <i>Vibrio</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Chromobacterium</i> , <i>Achromobacter</i> , <i>Corynebacterium</i> .
Bacterias presentes en la tierra del género <i>Bacillus</i> , <i>Clostridium</i> o <i>Streptomyces</i> .
Bacterias de origen humano o animal, patógenos y enterobacterias como: <i>E. coli</i> , <i>Salmonella</i> , <i>Shigella</i> , <i>Streptococcus fecales</i> , <i>Clostridium perfringens</i> , <i>Vibrio cholerae</i> , etc.
Protozoarios y otros parásitos como <i>Cryptosporidium</i> .
Virus de la poliomielitis y la hepatitis vírica.

Fuente. FAO, 1993

La evaluación de la calidad del agua es un proceso de enfoque múltiple que estudia la naturaleza física, química y biológica del agua con relación a la calidad natural, efectos humanos y acuáticos relacionados con la salud (FAO 1993).

Muchas de las actividades humanas contribuyen a la degradación del agua, afectando su calidad y cantidad. Entre las causas de mayor impacto a la calidad del agua en las cuencas hidrográficas de mayor importancia, está el aumento y concentración de la población, actividades productivas no adecuadas, presión sobre el uso inadecuado, mal uso de la tierra, la contaminación del recurso hídrico con aguas servidas domésticas sin tratar, por la carencia de sistemas adecuados de saneamiento, principalmente en las zonas rurales. De igual manera, la contaminación por excretas humanas representa un serio riesgo a la salud pública (OMS 1999).

Es de vital importancia, tanto para la salud humana como para el bienestar de la Sociedad, contar con un abastecimiento seguro y conveniente, de satisfacción para el consumo humano, y la higiene personal debe ceñirse a normas adecuadas en cuanto a disponibilidad, cantidad, calidad y confiabilidad del abastecimiento.

El peligro de que ciertos elementos solubles se incorporen al agua, y aún más peligroso, si estos elementos están en contacto directo con estas fuentes de agua, provocarán enfermedades en la salud pública. Las implicaciones de consumir agua contaminada son muchas: En el contexto de la salud pública se establece que aproximadamente un 80% de todas las enfermedades y más de una tercera parte de las defunciones en los países en vías de desarrollo tienen principal causa la ingestión del agua contaminada. Se estima que el 70% de la población que vive en áreas rurales de países en desarrollo, está principalmente relacionada con la contaminación de agua por heces fecales (OPS 1999). Ambientalmente los factores que influyen en la calidad del agua en una micro Cuenca: Cobertura vegetal, Educación ambiental, Agricultura, Actividades humanas, Ganadería, Uso

del suelo, Manejo de desechos, Ordenamiento territorial, Actividades forestales, Organización comunitaria y Calidad del recurso hídrico.

En algunas zonas periurbanas y el sector rural, el servicio de acueducto se presta a través de redes descentralizadas que utilizan aguas procedentes de microcuencas cercanas y que muchas veces son administradas directamente por las comunidades. Muchos asentamientos informales resolvieron por sí mismos el suministro de agua potable creando acueductos que han subsistido por 20, 30 y hasta 70 años. En otras ocasiones, ha sido el Estado quien ha promovido este tipo de organización, aportando capital para que la comunidad invierta y cree su propio acueducto.

La investigación planteada se la puede relacionar con un estudio de Calidad físico-química y microbiológica del agua del municipio de Bojacá, Cundinamarca donde se determinó si el agua para consumo humano del área urbana en el municipio, cumplía con los parámetros físicos, químicos y microbiológicos establecidos en la Resolución 2115 de 2007. Para ello, se realizaron dos muestreos de diferentes puntos de la red de distribución, fuentes naturales y tanques de almacenamiento domiciliario. Se emplearon métodos fotométricos, electrométricos y volumétricos en los respectivos análisis físicos y químicos, para los parámetros microbiológicos se empleó la técnica de filtración por membrana.

Los resultados obtenidos evidenciaron que la mayoría de las muestras no cumplió con el valor mínimo permisible de cloro residual libre, por lo tanto, según el índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA), son clasificadas como no aptas para consumo humano. Sin embargo, los demás parámetros analizados incluso los microbiológicos cumplieron los parámetros estipulados en la Resolución 2115 de 2007. La calidad del agua debe mantenerse en todo el sistema de distribución, por lo tanto, además de llevar a cabo los procesos de potabilización, el prestador del servicio debe llevar un estricto control de los factores que puedan influir en la calidad del agua.

7. DISEÑO METODOLOGICO

Para el logro de los objetivos propuestos en la tesis de Determinación de la calidad de agua por medio de macro invertebrados bentónicos y correlacionarlos con los parámetros físico-químicos en el área de la bocatoma de agua para consumo del Rio Rumiyaco, vereda Rumiyaco, Municipio Mocoa, Departamento Putumayo, se ha previsto realizar una investigación minuciosa, con el fin de recopilar información realizando las siguientes actividades.

7.1. Tipo de investigación

La investigación Mixta Es el complemento natural de la investigación tradicional cualitativa y cuantitativa.

Es formalmente definida como la búsqueda donde el investigador mezcla o combina métodos cuantitativos y cualitativos. Una característica clave de métodos mixtos es su pluralismo metodológico o eclecticismo. La meta de la investigación mixta no es reemplaza a la investigación cuantitativa ni cualitativa, sino utilizar las fortalezas de ambos tipos de indagación combinándolas y tratando de minimizar Sus debilidades potenciales.

7.2. Introducción a metodología general

Control y vigilancia del muestreo. El proceso de control y vigilancia del muestreo, preservación y análisis (Chain of custody procedure) es esencial para asegurar la integridad de la muestra desde su recolección hasta el reporte de los resultados; incluye la actividad de seguir o monitorear las condiciones de toma de muestra, preservación, codificación, transporte y su posterior análisis. Este proceso es básico e importante para demostrar el control y confiabilidad de la muestra no solo cuando hay un litigio involucrado, sino también para el control de rutina de las muestras. Se considera que una muestra está bajo la custodia de una persona si está bajo su posesión física individual, a su vista, y en un sitio seguro.

Recipientes para las muestras: Los recipientes para las muestras generalmente están hechos de plástico ó vidrio, y se utilizan de acuerdo con la naturaleza de la muestra y sus componentes.

Métodos de recolección de muestras fisicoquímicas: Muestras simple o puntual. Una muestra simple representa la composición del cuerpo de agua original para el lugar, tiempo y circunstancias particulares en las que se realizó su captación. Cuando la composición de una fuente es relativamente constante a través de un tiempo prolongado o a lo largo de distancias sustanciales en todas las direcciones, puede decirse que la muestra representa un intervalo de tiempo o un volumen más extensos, en tales circunstancias, un cuerpo de agua puede estar adecuadamente

representado por muestras simples, como en el caso de algunas aguas de suministro, aguas superficiales, pocas veces efluentes residuales.

Muestras compuestas: En la mayoría de los casos, el término "muestra compuesta" se refiere a una combinación de muestras sencillas o puntuales tomadas en el mismo sitio durante diferentes tiempos. Algunas veces el término "compuesta en tiempo" "time-composite" se usa para distinguir este tipo de muestras de otras. La mayor parte de muestras compuestas en el tiempo se emplean para observar concentraciones promedio, usadas para calcular las respectivas cargas o la eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales. El uso de muestras compuestas representa un ahorro sustancial en costo y esfuerzo del laboratorio comparativamente con el análisis por separado de un gran número de muestras y su consecuente cálculo de promedios.

Procedimiento de toma de muestras:

- Llenar el recipiente de muestreo con una porción de agua del cuerpo hídrico muestreado.
 - Registro de localización del punto de muestreo real con GPS (esperando que la precisión sea la mayor posible)
 - Caracterizar del sitio con fotografías.
 - Identificación de la muestra.
 - La toma de muestras se la realiza sumergiendo el envase de forma contraria al flujo, evitando la inclusión de aire por flujo turbulento.
 - Para macroinvertebrados se realizó un raspado con la red de surber y posteriormente depositando todo lo capturado en el recipiente que puede ser un frasco de plástico de boca ancha o una bolsa ziploc para evitar derrame de la muestra.
- Monitorear los parámetros fisicoquímicos e hidrobiológicos (macro invertebrados bentónicos) del recurso hídrico en el área de estudio.

7.3. Fase de Pre campo

Para el levantamiento de la información de campo primero:

1. recopiló información secundaria, para posteriormente determinar la mejor ubicación de las estaciones y así tomar las muestras de parámetros fisicoquímicos e hidrobiológicos (macroinvertebrados bentónicos).

2. Selección de sitios de monitoreo y parámetros a monitorear, planificación donde se ubicaron teóricamente en mapas las posibles estaciones de muestreo.

Para llegar a dicha selección de las estaciones o sitios de muestreo, se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- **Accesibilidad.-** el punto de muestreo debe estar en un lugar fácilmente accesible con las vías de acceso vehicular y peatonal que sean necesarias,

de tal manera que faciliten obtener las muestras y transportar la carga que implican los equipos y materiales de muestreo.

- La muestra para que sea representativa debe ser recolectada a la mitad del área del flujo, independientemente de la modalidad del muestreo.
- Tener presente las inundaciones repentinas. Si es probable un evento de inundación y aun así se tiene que obtener la muestra, por seguridad hay que conformar siempre brigadas de por lo menos dos personas e identificar una ruta de fácil escape.
- En el caso de puntos de muestreo situados en las proximidades de confluencias y descargas, los puntos de muestreo deberán estar ubicados a una distancia tal en que ambas aguas estén uniformemente mezcladas.
- En los lugares en donde no se puede ingresar a pie, aprovechar los puentes en cursos de agua de alta montaña y botes en ríos caudalosos.
- En el caso de que se tomen muestras individuales, éstas deben tomarse preferentemente a media corriente y a profundidad media.
- **Representatividad.**- el punto de recolección de las muestras debe ser lo más representativo posible de las características totales del cuerpo de agua, esto significa que el cuerpo de agua debe estar mezclado totalmente en el lugar de muestreo, relacionado específicamente con la turbulencia, velocidad y apariencia física del mismo, adquiriendo que la muestra sea lo más homogénea posible.
- **Seguridad.**- el punto de muestreo, sus alrededores y las condiciones meteorológicas deben garantizar la seguridad de las personas responsables del muestreo, minimizando los riesgos de accidentes y de lesiones personales, es por esto que es recomendable tomar siempre todas las precauciones y utilizar los equipos de seguridad y de protección personal necesarios. En los ríos se debe prestar especial atención a posibles crecientes, deslizamientos o arrastre de objetos sólidos grandes hacia la corriente.

3. preparación de monitoreo, Para salir a campo es necesario la utilización de algunas herramientas, equipos y procedimientos documentales previos:

- Solicitud de equipos para medición de parámetros insitu (ph, od, conductividad, temperatura, turbiedad)
- Calibración de los equipos para los parámetros insitu.
- GPS
- Cadena de custodia.
- Lista de chequeo de materiales y equipos
- Solicitud al laboratorio del Instituto tecnológico del putumayo para el ingreso a la realización del estudio de macroinvertebrados.
- Materiales bolsas ziploc
- red de surber
- Alcohol al 70% (Preservante)

Para la toma de muestras fisicoquímicas se realiza el proceso de solicitud de los siguientes materiales al laboratorio cian, quien realizara el analisis:

- nevera de icopor para transportar las muestras

- recipientes
- preservantes

Las muestras se recolectaron en frascos debidamente rotulados y de acuerdo a las metodologías propuestas en el programa de acreditación del IDEAM y continuado por la Superintendencia de Sociedades aplicando la Norma ISO- NTC 17025.

Según lo indicado en el **Standard Methods 19th (1995)**, se prepararon recipientes nuevos con las siguientes características:

- Vidrio transparente, frascos con capacidad de 0.25 litros, boca ancha, marca Peldar, con subtapas y tapas en polietileno virgen.

Todos los recipientes se lavaron previamente de la siguiente manera:

- - Tres veces con agua filtrada de la llave.
- - Una vez con una solución de Acido Nítrico 50/50 en agua destilada.
- - Tres veces con agua filtrada de la llave.
- - Tres veces con agua destilada desionizada.

Las muestras se preservaran inmediatamente después de la toma, utilizando reactivos de calidad analítica, según las indicaciones del **Standard Methods 19th (1995)**, IDEAM y Laboratorio CIAN. Ltda.

El muestreo sobre estas estaciones se planificaron realizar en dos periodos; el primero el día 30 de Agosto de 2016 y el segundo el 15 de septiembre de 2016.

Estas fechas escogidas para la realización de los muestreos se determino teniendo en cuenta dos criterios importantes, el primero fue que en agosto (primer fecha) se finalizo la entrega de propuesta del trabajo de grado y se procedio con los resultados, teniendo en cuenta las condiciones climáticas, es decir que no haya exceso de lluvias ya que esto dificulta la toma de muestras debido a que los macroinvertebrados y las muestras de agua fisicoquímicas es recomendable tomarlos cuando el agua se encuentre sin presencia de solidos disueltos para asegurar mayor confiabilidad en las muestras y el segundo fue que se dejo un espacio de tiempo entre muestreo 1 y 2 de 15 dias debido a que los parametros fisicoquimicos son de tiempo y los macroinvertebrados de espacio, es decir los fisicoquimicos solo arrojan un resultado de calidad de agua en el instante y los macroinvertebrados permanecen por un periodo de aproximadamente 15 dias en el mismo sitio mientras cumplen su ciclo, es por esto que se quiso conocer si los fisicoquimicos permanecían en el tiempo; y según los resultados obtenidos se comprobó que si se permanecen con sus características en ese tiempo.

Durante el primer y segundo periodo de muestreo se evaluaron 2 estaciones realizando 5 colectas de macroinvertebrados en cada una de ellas en los mismos sitios.

El estudio en la cuenca del Rio Rumiayaco se llevó a cabo en un área que se encuentra a una distancia de aproximadamente 50 metros aguas arriba de la estructura de la captación, exactamente es de donde se hace la derivación que surte agua a la estructura de la captación lo que permitió medir características In situ (pH, Turbiedad, conductividad, oxígeno disuelto y temperatura) que está captando el acueducto. Además, teniendo en cuenta la facilidad de acceso y sus principales tributarios con el fin de abarcar la mayor heterogeneidad de ambientes acuáticos presentes.

7.4. Fase de Campo

7.4.1. Parametros fisicoquímicos

Para el desarrollo de esta fase se realizo una primera visita de campo, en donde se verificara la planeación anteriormente planteada en la fase pre campo, es decir, la identificación y definición de las posibles estaciones, se georreferenciara la zona con accesos, infraestructura existente y estaciones de muestreo definitivas.

La toma de muestras de los parámetros fisicoquímicos es una actividad dirigida a la recolección de una pequeña porción de ésta, que represente exactamente la calidad de la masa de agua en el lugar y en el momento de obtención de la muestra. La recolección de la muestra representativa constituye uno de los elementos fundamentales de un programa de control de calidad analítica a fin de obtener datos reales de las características fisicoquímicas e hidrobiológicas de los cuerpos de agua. Las muestras de agua son una operación delicada, que se lleva a cabo con el objetivo de obtener una parte representativa del material bajo estudio. (Cuerpo de agua, efluente), como es para nuestro caso el área de estudio en el rio Rumiayaco (antes de la bocatoma).

Posteriormente se realizaran otras salidas a campo para tomar muestras y levantar información del área de estudio.

En las visitas de campo se llevaran las neveras que facilitaran el laboratorio CIAN con sus respectivos recipientes y reactivos (Preservantes Analíticos) y se dará seguimiento a la toma de muestras. Luego de tomar las muestras, se realizara la preservación según las indicaciones del Laboratorio para cada uno de los parámetros a analizar; posteriormente se ajustaran los recipientes en la nevera de tal forma que impidan que estos se quiebren o rieguen la muestra y además se ajustan las distancias entre los de vidrio, y por ultimo se transporta hasta el terminal de transporte del municipio de Mocoa, Putumayo para su envío hasta el laboratorio en Bogotá, es de resaltar que las muestras se enviaran en un bus de pasajeros ya que es el transporte que brinda un menor tiempo de viaje (1 día),

porque si se envían por servicio de carga el tiempo de viaje es de mínimo 3 días, lo cual se corre el riesgo de modificación de las características del agua.

En el sitio de muestreo, se determinaran los parámetros físico químico insitu como pH (pHmetro), Oxígeno disuelto (Oxímetro), Turbiedad (Turbidímetro), Conductividad (Conductímetro), Temperatura (Termómetro) (Ver tabla 3). Los equipos para toma de muestras y análisis en campo fueron alistados y calibrados según las instrucciones del fabricante y el encargado del laboratorio del ITP.

Herramientas y equipos utilizados para la toma de muestras de parámetros Físicoquímicos INSITU.

Una vez definidos el área del proyecto se procedió al alistamiento del resto de equipos y herramientas necesarias para pasar a la siguiente fase.

Los equipos que se utilizó para los análisis Físicoquímicos insitú son:

Características Técnicas De Los Equipos Para El Monitoreo:

- Medidor de pH (potencial de hidrogeno) marca Checker by Hanna.
El medidor de pH Checker® Hi 98103 de Hanna, le permite realizar lecturas rápidas y precisas desde pH 0,00 a 14,00 con una resolución de pH 0,01. Este medidor de pH compacto presenta una amplia pantalla de cristal líquido y una calibración de dos puntos de fácil ejecución.
Moderno, rápido económico y versátil por su capacidad para cambiar el tipo de electrodo dependiendo de las especificaciones que requieran nuestras mediciones.
- Medidor de conductividad (conductímetro) marca Dist 2 by Hanna; este equipo mide en ppt (partes por millón), es necesario hacer una conversión y pasarlos a microsiemens/cm, ya que esta es la unidad que establece la norma.

Características Técnicas De Los Equipos Para El Monitoreo:

Turbiedad (turbidímetro):

Conformidad: Método US.EPA-180.1 para la luz blanca ISO 7027.

Para la Infra-Red Rango: detección automática de escala 0 a 1100 NTU

Resolución: 0.01 NTU < 100 NTU 0.1 NTU < 100 - 999.9 NTU 1 NTU < 1000 - 1100 NTU, Precisión: (0-500 NTU) (500-1100 NTU) 2% de la lectura o 0.01 NTU 3% de la lectura.

Tiempo de Respuesta: 14 segundos.

Alimentación: 4- pilas alcalinas (mas de 500 pruebas).

Display: 4 Digit (7 segment) LCD.

Principio de Funcionamiento. Nefelométrico. Certification: CE, NEMA 4X.

Designed to meet IP67 for white light IR - LED (860nm)

Fuente de Luz: Luz Blanca - (tungsteno) o que operan infrarrojos Tamaño de las

Celdas: 10ml.

A continuación se puede ver el equipo en la (Figura 7)

Figura 2. Turbidímetro



Fuente. Elaboración propia

Oxígeno disuelto (hanna hi 9146 dissolved oxigen meter):

El oxígeno disuelto es un parámetro comúnmente medido en la acuicultura, tratamiento de aguas residuales, estudios ambientales, y el análisis de vinos. El HI9146 es un medidor robusto, portátil de oxígeno disuelto (ver Figura 8). (OD) diseñado para proporcionar mediciones de alta precisión ya sea en el campo o en el laboratorio. La características del medidor de calibración automática se realiza en uno o dos puntos en aire saturado y / o lecturas de cero solution. All oxígeno se compensan automáticamente las variaciones de temperatura y puede ser congelada en la pantalla de la estabilidad mediante la característica de auto-end. La salinidad y la compensación de altitud son ajustables por el usuario en función de las condiciones ambientales que están presentes. El HI9146 dispone de un Sistema de Prevención de Error de las Pilas (BEPS) que detecta cuando las baterías llegan a ser demasiado débil para asegurar mediciones fiables. El HI9146 se suministra completo y listo para usar.

Figura 3. Oxímetro



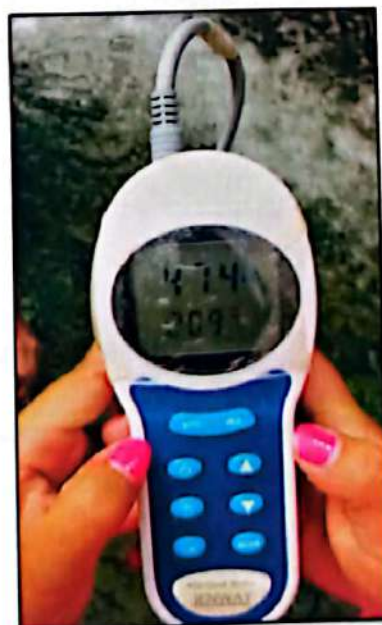
Fuente. Elaboración propia

Conductividad (Conductivímetro 470 meter jenway):

- Medidor de conductividad portátil y TDS
- Selección automática de rangos para una óptima resolución
- Calibración automática o manual
- Almacenamiento de hasta 32 lecturas
- 500 horas de duración de la batería

El medidor de conductividad / TDS portátil 470 permite la calibración Entrada directa de células o mediante el uso de soluciones estándar. La pantalla muestra simultáneamente Conductividad o TDS y temperatura. Para una resolución óptima, el El mejor rango de conductividad / TDS se selecciona automáticamente, La compensación de la temperatura se logra mediante una Coeficiente de temperatura. (Ver Figura 9).

Figura 4. Conductivímetro



Fuente. Elaboración propia

Temperatura (Termómetro): es un tubo capilar de vidrio de un diámetro interior muy pequeño (casi como el de un cabello), que cuenta con paredes gruesas; en uno de sus extremos se encuentra una dilatación, llamada bulbo, que está llena de alcohol.

El alcohol es una sustancia que se dilata o contrae y, por lo tanto, sube o baja dentro del tubo capilar con los cambios de temperatura. En el tubo capilar se establece una escala que marca exactamente la temperatura en ese momento. (Ver Figura 10).

Figura 5. Termómetro



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Parámetros Fisicoquímicos INSITU.

PARAMETRO	EQUIPO	UNIDAD
pH	pHmetro	Unidades
Oxígeno disuelto	Oxímetro	ppm
Turbiedad	Turbidímetro	NTU
Conductividad	Conductímetro	μ
Temperatura	Termómetro	$^{\circ}\text{C}$

Fuente: Elaboración propia.

7.4.2. Parámetros Hidrobiológicos

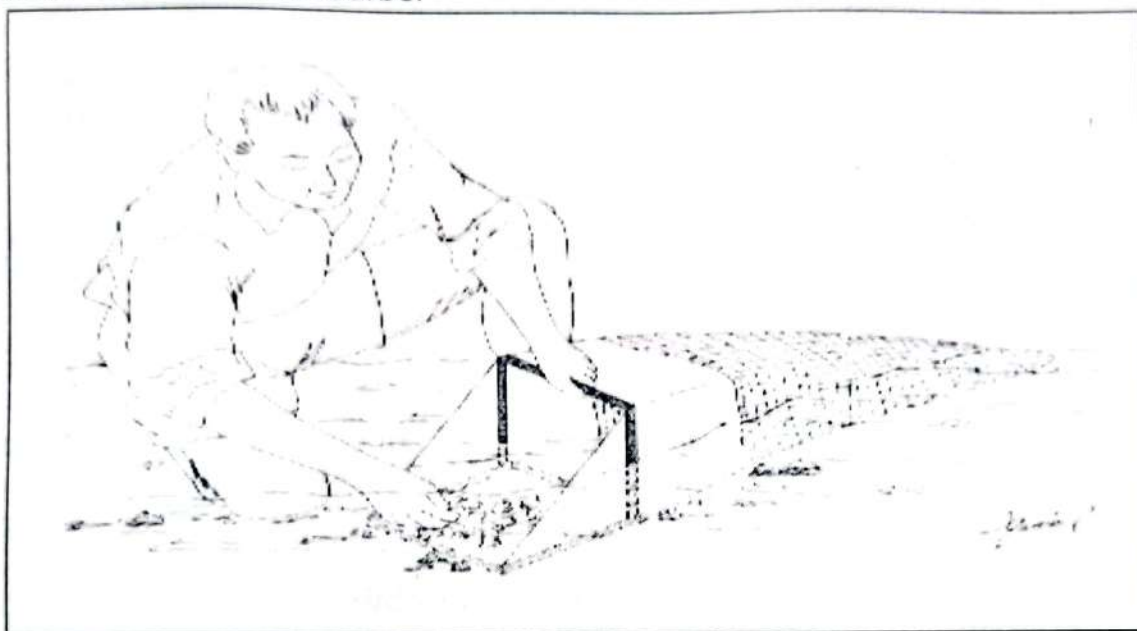
Para el desarrollo de esta fase en cuanto a muestreo hidrobiológico (macroinvertebrados bentónicos) se utilizará la siguiente técnica:

Para toma de macroinvertebrados bentónicos se utiliza una malla red Surber de 0,30 m de lado con un ojo de malla de aproximadamente 500 μm , tomando 0,09

m² (900 cm²) de área por cada colecta (Ver Figura 2), Cámara fotográfica, GPS, Recipientes y preservantes.

Las muestras son debidamente rotuladas y preservadas. Se almacenan en las bolsas bien selladas o en frascos de plástico de boca ancha debidamente esterilizados.

Figura 6. Uso de red de Surber



Fuente: CAR (Corporación Autónoma Regional Cundinamarca)

Después de realizar la colecta de los bioindicadores se los colocara en un recipiente plástico con un contenido de alcohol al 70% para su debida preservación, se rotularan con los datos de los puntos de muestreo y serán llevados a laboratorio del Instituto tecnológico del putumayo para iniciar la identificación y clasificación de los individuos.

Los procedimientos o tipo de metodología con la que se va a trabajar para el caso de los Hidrobiológicos, se determinara solamente los organismos bentónicos o macroinvertebrados; la cual se llevara a cabo en las instalaciones del laboratorio del Instituto tecnológico del Putumayo con ayuda de las claves taxonómicas.

- Correlacionar los resultados de los análisis físico-químicos con los macro invertebrados bentónicos (hidrobiológicos) del agua en el área del proyecto.

7.5. Fase de Laboratorio

7.5.1. Parametros fisicoquímicos

Las técnicas analíticas que se seguirán para cada parámetro a evaluar dan seguimiento estricto a las citadas en el **Standard Methods 19th de 1995** y sistema de acreditación del IDEAM, relacionadas a continuación. (Ver Tabla 4).

Tabla 4. Parámetros Físicoquímicos (laboratorio CIAN)

Parametros	UNIDADES	METODO ANALITICO
Alcalinidad	mg / L CaCO ₃	"S.M 2320 B"
DBO ₅	mg/LO ₂	"S.M.5210 B - S.M. 4500 -O G"
DQO	"mg/L O ₂ "	"S.M. 5220 C"
Duerza Total	"mg/L CaCO ₃ "	"S.M 2340 C"
Fosforo Total	"mg P/L"	"S.M 4500-P B,E"
Solidos Totales mg/L	"mg/L"	"S.M 2540 B"
Coliformes Totales	"microorga./100c"	"Sustrato Enzimatico SM 9223B"
pH	unidad	UNIDADES

Fuente. Methods 19th de 1995

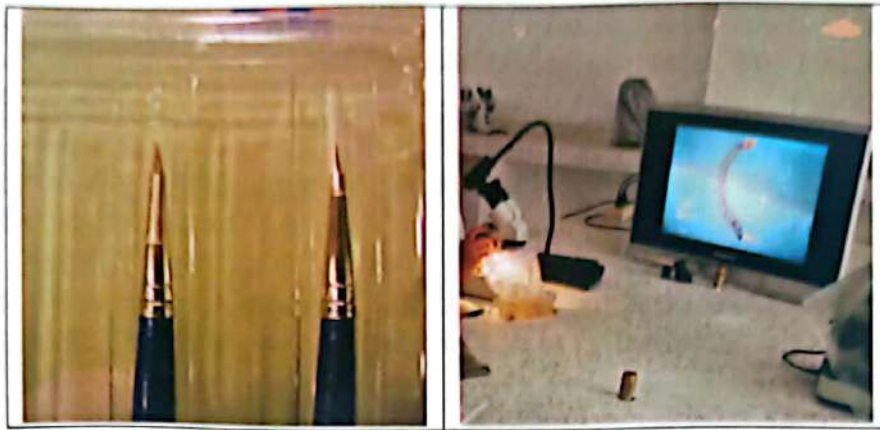
Se eligieron estos parámetros físicoquímicos por que son los mas importantes para la determinación de calidad de agua para poder correlacionarlos con los hidrobiológicos.

7.5.2. Parametros Hidrobiologicos

Los organismos capturados y fijados se determinaron a nivel de orden, familia, género y hasta especie cuando las guías taxonómicas y la muestra del individuo lo permitió y así fueron contabilizados mediante un estereoscopio en el laboratorio del Instituto tecnológico del Putumayo.

El procedimiento se llevó a cabo de la siguiente manera: Se colocó los organismos sobre un tamiz de 500 μ m y una bandeja con el fin de poder observarlos y retirarlos con facilidad. Posterior a esto se retiró uno por uno con pinzas y pinceles pelo de marta de números 0 y 1, con el propósito de no desfigurarlos, se montó cada individuo por separado en el portaobjeto el que seguidamente se colocó en el estereoscopio que tiene conectada una pantalla (Figura 3) para que los organismos sean visualizados con mas claridad y facilidad para su determinación taxonómica.

Figura 7. Herramientas y equipos utilizados para la identificación de macroinvertebrados bentonicos (pincel marta y Estereocopio, pantalla)



Fuente: Esta investigación

Para esta determinación taxonómica se emplearon las claves y descripciones de Gabriel Roldán Perez (Manual de Limnología), Roldán (2003), Roldán (1988, 2003) (Figura 4-5).

Figura 8. Manual de Limnología



Fuente. Gabriel Roldan Perez

Figura 9. Libro Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua



Fuente. Gabriel Roldan Perez

Una vez realizado este procedimiento se obtiene la clasificación taxonómica y la cantidad de individuos encontrados de cada especie en cada uno de los muestreos.

La determinación de estos organismos se hizo dos veces, es decir cada vez que se fue a tomar las muestras.

- Validar los usos del recurso hídrico en el área de estudio según la calidad del agua del río Rumiayaco en el área de la bocatoma.

7.6. Fase de Escritorio

En esta fase se hace el procesamiento y la organización de la información, usando las herramientas tecnológicas como; los programas de office, argis para realizar los mapas y así proseguir a los análisis y resultados.

7.6.1. Parametros fisicoquímicos

Índices De Calidad Agua

Para la determinación de la calidad del agua se procederá a trabajar con algunos Indices, ICO índices de contaminación de acuerdo con los parámetros Fisicoquímicos de laboratorio e insitu; tales como: ICOMO (Índice de contaminación de materia orgánica), ICOSOTO (Índice de contaminación por sólidos totales), ICOMI (Índice de contaminación de por mineralización), ICOTRO (Índice de contaminación ttrifico).

ICOMO (Índice de contaminación por Materia Orgánica). Índice de calidad por materia orgánica: Se expresa en diferentes variables que incluyen: nitrógeno amoniacal, nitritos fósforo, oxígeno, DBO, DQO y coliformes totales y fecales principalmente. Algunas otras variables cuya medición es menos frecuente como materia orgánica, dióxido de carbono, metano y ácido sulfhídrico, también pertenecen a este grupo. Se seleccionaron DBO y coliformes totales, ya que estas reflejan fuentes diferentes de contaminación por materia orgánica, así como el porcentaje de saturación de oxígeno que indica la respuesta o capacidad ambiental del sistema ante este tipo de polución.

Es el valor promedio de los índices de cada una de las 3 variables elegidas, las cuales se definen en un rango de 0 a 1; valores muy bajos cercanos a cero reflejan baja contaminación por materia orgánica y cercanos a uno lo contrario. La fórmula general para su cálculo es la siguiente:

$$\text{ICOMO} = \frac{1}{3} (I_{\text{DBO}} + I_{\text{Coliformes totales}} + I_{\text{Oxígeno}})$$

Para el cálculo de cada una de las variables tenemos:

- **I DBO=** Se obtiene de:

$$I_{\text{DBO}} = -0,05 + 0,70 \log_{10} \text{DBO (mg/L)}$$

Para esta variable debemos tener en cuenta que:

DBO mayores a 30 mg/l tienen un valor de uno ($I_{\text{DBO}}=1$)

DBO menores a 2 mg/l tiene un valor de cero ($I_{\text{DBO}}=0$)

- **I Coliformes totales=** se obtiene de:

$$I_{\text{col tot}} = -1,44 + 0,56 \log_{10} \text{Col totales (NMP/100mL)}$$

Para esta variable se debe tener en cuenta que:

Coliformes totales mayores a 20.000(NMP/100mL) se les asigna un valor de uno (I col totales =1).

Coliformes totales menores a 500 (NMP/100mL) tienen un valor de cero (I col totales =1).

- **I Oxigeno %** se obtiene de:

$$I_{\text{Oxigeno \%}} = 1 - 0,01 \text{ Oxigeno\%}$$

Donde Oxigeno (%) mayores a 100% tienen un valor de cero (I Oxigeno% =0)

Para sistemas lenticos con eutrofización y porcentajes de saturación mayores al 100% se sugiere reemplazar la expresión por:

$$I_{\text{Oxigeno \%}} = 0,01\% - 1$$

ICOMI Índice de contaminación por mineralización; expresado en numerosas variables, de ellas elegidas la conductividad como reflejo de los sólidos disueltos, dureza por los cationes calcio y magnesio y alcalinidad por los aniones.

(Índice de contaminación por mineralización).

Es el valor promedio de los índices de cada una de las 3 variables elegidas, las cuales se definen en un rango de 0 a 1; valores muy bajos cercanos a cero reflejan baja contaminación por mineralización y cercanos a uno lo contrario.

La fórmula general para su cálculo es:

$$ICOMI = \frac{1}{3} (I_{\text{Conductividad}} + I_{\text{Dureza}} + I_{\text{Alcalinidad}})$$

Para el cálculo de cada una de las variables tenemos:

- **I Conductividad** se obtiene de:

$$\log_{10} (I_{\text{Conductividad}}) = -3,26 + 1,34 \log_{10} \text{Conductividad } (\mu\text{s/cm})$$

$$I_{\text{Conductividad}} = 10^{\log I_{\text{Conductividad}}}$$

Para esta variable hay que tener en cuenta que conductividad mayores a 270 ($\mu\text{s/cm}$), se les asigna el valor de 1.

- **I Alcalinidad:** se obtiene de:

$$\log_{10} (I_{\text{Alcalinidad}}) = -0,25 + 0,005 \text{ Alcalinidad (mg/L)}$$

Para esta variable se debe tener en cuenta:

Alcalinidades mayores a 250 (mg/L) Tienen un valor de 1 (I Alcalinidad = 1)
 Alcalinidades menores a 50 (mg/L) Tienen un valor de 0 (I Alcalinidad = 0)

$$I_{Dureza} = \text{Log}_{10} I_{Dureza} = -9.09 + 4.40 \text{Log}_{10} Dureza \text{ (mg/L)}$$

$$I_{Dureza} = 10^{\text{Log } I_{Dureza}}$$

Durezas mayores a 100 mg / L tienen un índice = 1

Durezas menores a 30 mg/ L tiene un índice = 0

ICOTRO Índice de contaminación trófico: Se determina por la concentración del fosforo total.

A diferencia de los anteriores en los cuales se determina un valor entre cero y uno (0 y 1), la concentración del fósforo otorga una calificación cualitativa así:

Tabla 5. Calificación cualitativa para el Fosforo.

Oligotrofia	< 0.01 (mg/L)
Mesotrofia	0.01 – 0.02 (mg/L)
Eutrofia	0.02 – 1.00 (mg/L)
Hipereutrofia	>1.00 (mg/L)

Fuente. Ingenieria y competitividad revista científica y tecnologica/ universidad del valle 2008.

ICOSOTO. Índice de calidad por sólidos suspendidos, determinado mediante la concentración de los sólidos suspendidos.

Sólo utiliza una variable para su cálculo que es el valor de los sólidos suspendidos y su fórmula general es:

$$\text{ICOSOTO} = -0.02 + 0.003 \text{ Sólidos totales (mg/L)}$$

Para este índice sólidos totales con valores mayores a 340 mg/L tienen un valor de uno (ICOSOTO = 1).

Sólidos suspendidos menores a 10 mg/L tienen un valor de cero (ICOSOT= 0).

Comparación Frente A La Normatividad

Una vez se tenga los resultados e indicadores se proseguirá a realizar una comparación frente a la norma Decreto 1594 de 1984 (Usos del agua y residuos líquidos y Resolución 2115 de 2007 (agua para consumo humano), en especial

para los usos de consumo humano y domésticos, recreativo, preservación flora y fauna, Pecuario; teniendo en cuenta que en las visitas de campo se identificaron los usos anteriormente descritos que la fuente hídrica realiza aguas abajo del sitio de muestreo.

Los artículos utilizados de las normas son los siguientes:

Resolución 2115 de 2007: Artículos 2 al 7 (uso de agua para consumo Humano).

Decreto 1594 de 1984: Artículos 38,39,41,42 y 45 (Usos del Agua).

ARTICULO 38. Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso humano y doméstico son los que se relacionan a continuación, e indican que para su potabilización se requiere solamente tratamiento convencional

ARTICULO 39. Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico son los que se relacionan a continuación, e indican que para su potabilización se requiere solo desinfección

Artículo 41. Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso pecuario.

Artículo 42: Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para fines recreativos mediante contacto primario

Artículo 45. Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para preservación de flora y fauna, en aguas dulces, frías o cálidas y en aguas marinas o esturarias

7.6.2. Parametros Hidrobiologicos

Para el análisis de los datos de los Macroinvertebrados se utilizaron las abundancias absolutas y relativas con el fin de caracterizar la comunidad en términos de estructura, distribución espacial general, distribución temporal y distribución espacio-temporal, riqueza y densidad. Esto con el fin de obtener una idea de la composición y características de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos presente en las estaciones de muestreos del Río Rumiyaco.

Abundancia absoluta. Se determinó mediante la Cantidad precisa, contada, de individuos de esa especie con respecto al total de la población en un área determinada.

Abundancia absoluta. No preciso contado de individuos de cada especie

Abundancia relativa. Proporción de individuos de una especie dada entre el número total de individuos observados en un área dada. Se determinó el número de individuos por especie multiplicada por 100 sobre el número total de individuos en el punto.

Abundancia relativa (%) = $X = (\text{No. de individuos} \cdot 100) / \text{No. total de individuos en el punto}$

Distribucion espacial general. La distancia que existe entre los dos brazuelos.

Distribución temporal. La distancia de tiempo que existe de una fecha a otra para los dos muetsreos, es decir los 15 dias que se tuvo en cuenta para tomar de una muestra a otra.

Distribucion espacio-temporal. Se refiere a la relación de distancia y tiempo, es decir la distribución del tiempo y espacio para recoger la cantidad de individuos que mas se pudo.

Riqueza específica: La riqueza específica es un concepto simple de interpretar que se relaciona con el número de especies presentes en la comunidad. Entonces, puede parecer que un índice apropiado para caracterizar la riqueza de especies de una comunidad sea el 'número total de especies' (S).

Riqueza especifica = (No. total de especies en el área muestreada)

Densidad: se determinó mediante el número de organismos por área o volumen

Densidad: (Abundancia absoluta/ Area muestreada m²)

Los parámetros e índices que se utilizaran son los siguientes:

Parámetros analizados

Macroinvertebrados bentónicos.

Índices utilizados

Índice BMWP. COL (BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY SCORE) (Macroinvertebrados Bentónicos). Los indicadores biológicos se han asociado directamente con la calidad del agua más que con procesos ecológicos o con su distribución geográfica. Es pertinente aclarar que más que a un organismo, el indicador biológico se refiere a la población de individuos de la especie indicadora, y en el mejor de los casos al conjunto de especies que conforman una comunidad indicadora (Arce, 2006).

Metodo simple de puntaje para todos los grupos de macroinvertebrados identificados hasta nivel de familia y que requiere solo datos cualitativos (presencia/ausencia). El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con su tolerancia a la

contaminación orgánica. Las familias más sensibles (por ejemplo: perliidae y oligoneuridae) reciben una puntuación de 10; en cambio las más tolerantes a la contaminación (Oligochaeta) reciben una puntuación de 1. Familias intolerantes a la contaminación tienen puntajes altos y las tolerantes puntajes bajos (Armitage et al, 1983). La suma de los puntajes de todas las familias en un sitio da el puntaje BMWP total. El puntaje promedio por taxón conocido como ASPT (Average Score per Taxon) esto es, el puntaje total BMWP dividido por el número de los taxa es un índice particularmente valioso para la evaluación del sitio. Los valores de puntaje para las familias individuales reflejan su tolerancia a la contaminación basado en el conocimiento de la distribución y la abundancia.

El Índice BMWP teniendo en cuenta tanto los macroinvertebrados bentónicos como los asociados a macrófitas en cada uno de los puntos. Los puntajes para cada una de las familias se tomaron de Roldán (2003), estos se suman y se obtiene el valor del índice BMWP COL el cual se ubica en su respectivo rango de esta manera se determina la calidad y cartografía correspondientes esta manera se determina la calidad y cartografía correspondientes. (Ver Tabla 6).

Tabla 6. Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo con el Índice BMWP Col.

CLASE	RANGO	CALIDAD	CARACTERÍSTICA	COLOR
I	≥ 150	Muy buena	Aguas muy limpias	Azul oscuro
	101-120	Buena	Aguas no contaminadas	Azul claro
II	61-100	Aceptable	Aguas Ligeramente contaminadas	Verde
III	36-60	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	16-35	Critica	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	≤ 15	Muy critica	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: modificado de Roldán 2003, en Álvarez 2006

ASTP (average score per taxon)

Complement del índice BMWP/Col. Es un índice valioso para la evaluación de la calidad del agua del sitio, especialmente cuando hay alta diversidad, sus valores van de 0 a 10. Un valor bajo asociado a un puntaje bajo de BMWP/Col (valores van de 1 a 10) indica condiciones graves de contaminación. El ASPT traduce el promedio del límite inferior de la sensibilidad a la polución de los taxones de un sitio, y es una medida de la contaminación del medio ambiente, independiente del esfuerzo de muestreo.

La técnica de seleccionar un organismo o taxón como bioindicador de calidad de agua implica un conocimiento previo de la biota que caracteriza la zona de estudio. La mayor parte de los investigadores consideran a los

macroinvertebrados acuáticos como los mejores indicadores de calidad de agua y resumen las ventajas y desventajas con relación al uso de los macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores ambientales (Zuñiga de Cardoso, 2001).

El ASPT se obtiene a partir del valor del BMWP' y es el resultado de dividir el valor por el no. de taxones que contribuyen a obtenerlo. El valor del ASPT' es complementario al BMWP' y da una medida más real del estado de cada sitio. Su ventaja frente al BMWP' es que es independiente del esfuerzo de muestreo, de la estacionalidad y de la eficacia en la identificación según CHESTERS (1980). (Ver Tabla 7).

Tabla 7. Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo con el Índice BMWP Col.

CLASE	RANGO	CALIDAD	CARACTERÍSTICA	COLOR
I	>9-10	Muy buena	Aguas muy limpias	Azul oscuro
	>8-9	Buena	Aguas no contaminadas	Azul claro
II	>6,5-8	Aceptable	Aguas Ligeramente contaminadas	Verde
III	>4,5-6,5	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	>3-4,5	Critica	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	1,3	Muy critica	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: modificado de Roldán 2003, en Álvarez 2006

Índice de Shanon Weaver

Algunos índices de diversidad tienen en cuenta ambos aspectos, siendo uno de los más usados el índice de Shannon que contemplan no sólo un componente de riqueza sino también un componente de proporción de individuos entre las especies presentes. La expresión algebraica del índice de Shannon (H') es:

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i * (\log_2 P_i)$$

Donde $p_i = n_i / n$ siendo n_i el número de individuos de la especie i y n el número de individuos de la muestra. En esta expresión p_i representa la probabilidad de que un individuo de la especie i esté presente en la muestra, siendo la sumatoria igual a 1.

Este índice se representa normalmente como H' y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 1 y 5. Excepcionalmente puede haber ecosistemas con valores mayores (bosques tropicales, arrecifes de coral) o menores (algunas zonas desérticas). La mayor limitante de este índice es que no tiene en cuenta la distribución de las especies

en el espacio aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos y superiores a 3 son altos. (Moreno, 2001).

La suposición del planteamiento de la diversidad es que los ambientes no alterados se caracterizan por tener una alta diversidad o riqueza, una distribución uniforme de individuos entre las especies y una moderada a alta cantidad de individuos. En ambientes contaminados con desechos orgánicos degradables, la comunidad generalmente responde con un descenso de la diversidad con pérdida de organismos sensibles, aumento en la abundancia de los organismos tolerantes las cuales ahora tienen una fuente enriquecida de alimentos, y por supuesto un descenso de la equitatividad. En contraste, la respuesta a tóxicos no degradables o polución acida, se traduce en un descenso tanto de la diversidad como de la abundancia así como en la eliminación de organismos sensibles, además que no hay fuentes adicionales de alimento para las formas tolerantes (Metcalfe, 1989).

8. RESULTADOS Y ANALISIS

8.1. Descripción del área de estudio

Departamento del Putumayo

El departamento del Putumayo se encuentra ubicado en la zona sur de Colombia, localizado entre 01°26'18" y 00°27'37" de latitud norte, y 73°50'39" y 77°4'58" de longitud oeste; posee una superficie de 25.648 km², lo que representa el 2.2% del territorio nacional. Limita por el Norte con los departamentos de Nariño, Cauca y el río Caquetá que lo separa del departamento de Caquetá, por el Este con el departamento del Caquetá, por el Sur con el departamento del Amazonas y los ríos Putumayo y San Miguel que lo separan de las repúblicas de Perú y Ecuador, y por el Oeste con el departamento de Nariño. La capital de este departamento es el municipio de Mocoa.

Municipio de Mocoa

Se encuentra ubicado sobre el Piedemonte amazónico, al noroeste del Departamento del Putumayo, en las coordenadas; 1°08' Latitud Norte, y 76°38' O en este municipio se localiza el río Sangoyaco, que se encuentra entre las coordenadas 1°8'56.40"N y 76°38'54.49"O la Microcuenca del Sangoyaco se encuentra en la zona noroccidental del municipio de Mocoa, ubicada en la cordillera andina y nace en la laguna Sangoyaco aproximadamente a 1.100 m S.N.M. Recorre aproximadamente 5.9 Km. y desemboca sobre el río Mocoa Coordenadas de nacimiento: 1.040.770 m E 621.260 m N. "El cual es una zona que debe ser protegida respaldada a través del desarrollo de un plan de manejo, la ribera de este río ha experimentado procesos de deforestación, para desarrollos urbanos, desarrollo de actividades residenciales que no tienen en cuenta el daño causado y las consecuencias que esto trae (vertimientos, mala disposición de residuos sólidos etc.)". (Plan básico de ordenamiento territorial – PBOT Mocoa).

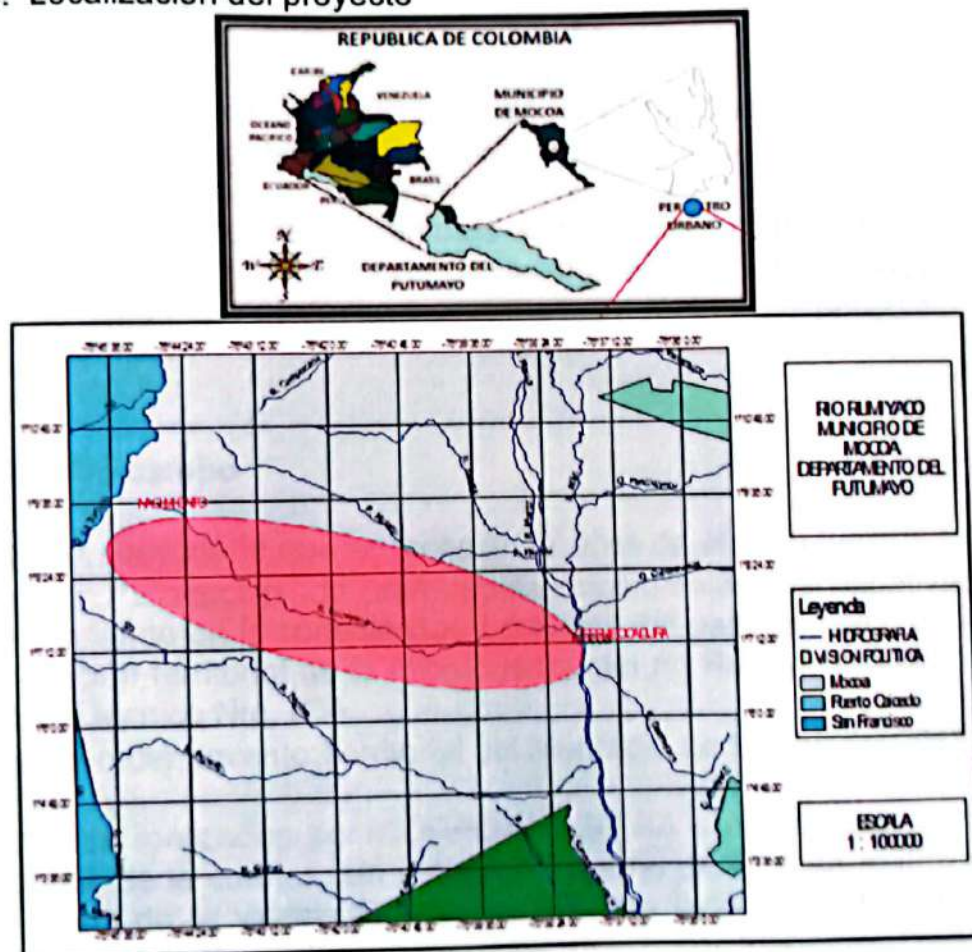
Cuenca del río Rumiayaco

Está ubicada al nor occidente del departamento del Putumayo y al sur occidente del municipio de Mocoa y de la cuenca del río Mocoa; entre los meridianos 076° 37' 50", - 76°45'42" los paralelos 01° 5'30", 01°10'27" comprende un área de 5.921,7 ha y está conformada por las veredas: Caliyaco, Rumiayaco, Andes, San Luis de Chontayaco y parte de las veredas El Diviso, Villanueva, Planadas y Tebaida. Esta microcuenca se encuentra drenada por una serie de fuentes superficiales que permiten clasificarlos internamente en los siguientes órdenes: primer orden: representado por el río Rumiayaco, en segundo orden se encuentran las quebradas Palmicha, el Bálsamo, Lagarto y Chontayaco y el tercer orden se encuentra representado por las quebradas Golondrino, la Yegua y una serie de pequeñas corrientes intermitentes sin denominación.

Los paisajes que configuran la microcuenca van desde pequeñas ondulaciones en la desembocadura del río Mocoa que se van pronunciando en la medida en que se

asciende sobre la misma hasta llegar a zonas supremamente escarpadas sobre el nacimiento del río Rumiayaco, en la zona de baldío nacional. Esta unidad geográfica se encuentra dividida en tres grandes zonas: la parte alta que se encuentra con niveles bajos de intervención, la parte media y baja en las que se concentra la población, sus actividades económicas, es donde se prestan los servicios turísticos, recreacionales y los balnearios públicos que por los bienes y servicios ambientales que produce son visitados regularmente por la ciudadanía Mocoense del sector urbano, las condiciones de acceso son favorables al contar con vías terrestres nacionales y municipales que permiten el desplazamiento y arribo de los visitantes en medios de transporte individual y colectivos. (Figura 6).

Figura 10. Localización del proyecto



Fuente: SSIAG-Corpoamazonia, 2015

Area de la Investigacion

El proyecto se llevó a cabo en el Departamento del Putumayo, municipio Mocoa, vereda Rumiayaco en un área de la cuenca del río Rumiayaco. El acceso al proyecto se realizó por la vía departamental que conduce de Mocoa a Pasto, hasta el cruce para la entrada a la vereda Rumiayaco (Escuela rural de Rumiayaco), desde allí por vía secundaria veredal se recorre aproximadamente unos 2,38 kilómetros, desde allí se toma un camino de herradura pasando por el puente colgante sobre el río

Rumiyaco a la margen izquierda y desplazándose aproximadamente unos 1,56 kilómetros hasta la infraestructura de la bocatoma, una vez revizada la situación en campo se evidenció que la bocatoma no estaba ubicada sobre el cauce activo del río si no que el agua se captaba mediante un canal hecho por la margen izquierda del río que provenía de un brazuelo del mismo río a unos 50 metros aguas arriba de la estructura de la bocatoma; teniendo en cuenta lo anterior se procedió a establecer como estaciones de monitoreo en estos sitios donde se realiza la derivación en este brazuelo y otra estación en el otro brazuelo.

La ubicación del sitio de monitoreo se encuentra dentro de un área de la cuenca del Río Rumiyaco, a una distancia aproximadamente de 50 metros aguas arriba de la estructura de la captación agua para consumo humano. El área fue dividida en dos estaciones, una en la margen derecha del cauce activo (estación 1) con coordenadas de N 1°7'32.2" W 76°41'11.4" y la otra en la margen izquierda (estación 2) con coordenadas N 1°7'32.5" W 76°41'10.8" se ve influenciado por las veredas San Luis de Chontayaco, Rumiyaco y un baldío nacional en la parte alta.

Este sitio es de fácil acceso de entrada y de realizar el monitoreo, ya que no cuenta con obstrucciones de ninguna clase como arboles caídos, hoyos profundos que presenten algún tipo de riesgo o presencia mayoritaria de peligrosas especies de fauna.

8.2. Fase de Pre campo

La información secundaria que se recopiló del área de estudio fue:

- Informe: "Ejecución de estrategias ambientales participativas para el mejoramiento de la conectividad ecológica del paisaje, como un aporte a la ordenación territorial de la microcuenca del río Rumiyaco" Corpoamazonia, informe técnico Nro. 004.
- Plan de ordenamiento Territorial del Municipio de Mocoa del 2012.

En los estudios realizados por CORPOAMAZONIA se evidencia monitoreos en distintas partes de la cuenca, sin embargo ninguno de ellos se realizó en la zona de la bocatoma de la vereda Rumiyaco, por otro lado se evidencia monitoreos físico químicos e hidrobiológicos, pero estos monitoreos fueron realizados en sitios distintos, es decir los físicoquímicos en unos puntos y los hidrobiológicos en otros puntos, es decir no tienen una coherencia espacial ni temporal, ya que fueron realizados en distintos puntos y en tiempos distintos. Los monitoreos (Físicoquímicos e hidrobiológicos) realizados para este proyecto no se realizaron con una visión integral y complementarias entre sí, es decir no guardan el sentido espacio-temporal y así poder tener una interpretación de calidad de agua físicoquímico y complementarla con la calidad de agua hidrobiológica, sobre un mismo punto y en el mismo tiempo de características del sitio muestreado.

8.2.1. Parametros fisicoquímicos

Se realizo el contacto y orden de servicios para el análisis fisicoquímico con el laboratorio CIAN Ltda, laboratorio que cuenta con la Acreditacion ante el IDEAM NTC-ISO/ IEC 17025 mediante Resolucion N 2428 del 09/10/2013 y la Resolución N 2023 del 11/08/2014. Posteriormente se procedio a realizar la solicitud de materiales, preservantes y cadena de custodia al laboratorio CIAN Ltda, esta actividad se realizo el dia 26 de Agosto y el 28 del mismo mes se retiró la nevera en la zona de encomendias de cootransmayo, se procedio a realizar la verificación del contenido (recipientes, cadena de custodia y reactivos), teniendo en cuenta la lista de chequeo para campo; como ya se contaba con todos los materiales necesarios para el monitoreo se planifico con certeza el día, hora para la primera toma de muestras y la segunda dentro de los 15 dias siguientes.

8.2.2. Parametros Hidrobiologicos

Para la realización del monitoreo de macroinvertebrados bentonicos se contó con estos aspectos importantes:

- ✓ Solicitud aceptada del laboratorio del Instituto tecnológico del putumayo para el ingreso a la realización del estudio de macroinvertebrados posterior a la recolección de estos individuos en campo.
- ✓ materiales:
 - Red de Surber: Estas redes tienen la característica de muestrear un área determinada del fondo del cuerpo de agua, es una malla red Surber de 0.25 m de lado con malla plástica de 0.5 μ , tomando 0.09 m² de área. (ver Figura 11).

Figura 11. Red de Surber



Fuente: Elaboración propia

- Bolsa ziploc: estas son de Polietileno Transparente, planas, calibre 200, fáciles de manejar y fácil de cerrar gracias a su cierre hermético, cuentan con normas de la FDA, no permiten que entre el polvo, resistentes a la humedad y la grasa.

Figura 12. Bolsa ziploc



Fuente. Elaboración propia

- Alcohol etílico al 70%: se preservan los individuos (macroinvertebrados bentónicos) en alcohol etílico al 70% para su conservación morfológicamente.

Figura 13. Alcohol etílico al 70%



Fuente. Elaboración propia

- Cámara fotográfica: dispositivo electrónico usado para capturar y almacenar fotografías electrónicamente en un formato digital.

Figura 14. Cámara digital



Fuente. Elaboración propia

8.3. Fase de Campo

8.3.1. Parametros fisicoquímicos

La primera salida de campo se realizó con el objetivo de definir las vías de acceso al área de la bocatoma y levantamiento de información ambiental aledaña al proyecto como actividades antrópicas y usos del agua para el río aguas debajo del sitio del proyecto, además de definir y levantar coordenadas exactas del sitio o estación de monitoreo.

El acceso al proyecto se realizó por la vía departamental que conduce de Mocoa a Pasto, hasta el cruce para la entrada a la vereda Rumiyaco (Escuela rural de Rumiyaco), desde allí por vía secundaria veredal se recorre aproximadamente unos 2,38 kilómetros, desde allí se toma un camino de herradura pasando por el puente colgante sobre el río Rumiyaco a la margen izquierda y desplazándose aproximadamente unos 1,56 kilómetros hasta la infraestructura de la bocatoma, una vez revizada la situación en campo se evidenció que la bocatoma no estaba ubicada sobre el cauce activo del río si no que el agua se captaba mediante un canal hecho por la margen izquierda del río que provenía de un brazuelo del mismo río a unos 50 metros aguas arriba de la estructura de la bocatoma; teniendo en cuenta lo anterior se procedió a establecer como estaciones de monitoreo en estos sitios donde se realiza la derivación en este brazuelo y otra estación en el otro brazuelo. (Ver Tabla 8).

Con la actividad anterior se definieron las dos estaciones así:

Tabla 8. Información de las características de las estaciones.

ESTACIÓN	OESTE	NORTE
Margen Derecha	76°41'11,4	1°7'32,2"
Margen Izquierda	76°41'10,8	1°7'32,5"

Fuente. Elaboración propia

La primera toma de muestras se hizo el 30 de agosto y la segunda el 19 de septiembre de 2016. Donde se tomaron dos estaciones, una de margen derecha (N: 1°7'32,2" - W: 76°41'11,4") y la otra de la margen izquierda (N: 1°7'32,5" - W: 76°41'10,8") estas fueron seleccionadas debido a que se encontraba 50 metros aproximadamente aguas arriba de la bocatoma de agua de consumo para los habitantes de esta comunidad Rumiyaco, cada estación es un brazuelo dividido. La estructura de la bocatoma que se encuentra en dicho lugar es bocatoma tipo de fondo pero cabe recalcar que se le hizo una derivación tipo canal a el agua que cae sobre esta bocatoma, es decir, no es directa del cauce, tiene una cajilla de recepción y seguida de un desarenador básico pequeño, para de allí comenzar su conducción hasta el tanque de almacenamiento. (Ver Tabla 9)

Tabla 9. Información de las características del monitoreo.

ESTACIÓN	Oeste	Norte	HORA	Fecha
Estación 1(Margen Derecha)	76°41'11,4	1°7'32,2"	2:50:00 p.m.	30/08/16
Estación2 (Margen Izquierda)	76°41'10,8	1°7'32,5"	3:50:00 p.m.	
Estación 1(Margen Derecha)	76°41'11,4	1°7'32,2"	12:28:00 p.m.	19/09/16
Estación 2(Margen Izquierda)	76°41'10,8	1°7'32,5"	1:30:00 p.m.	

Fuente. Elaboración propia

El trabajo fue realizado con personal estudiantil, contando con el apoyo del asesor de la tesis el ingeniero ambiental Robinson Lemus quien brindó el

acompañamiento y orientación para llevar a cabo el monitoreo en la fuente hídrica al igual en la ubicación de las estaciones. El trabajo de campo se realizó a partir de los siguientes pasos:

- ✓ Distribución de sitios de muestreo.

- ✓ Muestreo Puntual en las dos márgenes (derecha e izquierda) del Río Rumiyaco.
Las dos estaciones se seleccionaron de acuerdo a la distancia y ubicación de que ambas aguas estén uniformemente mezcladas, para realizar el monitoreo, se dio seguimiento a la toma de muestras de los parámetros físicoquímicos insitu como pH (pHmetro), Oxígeno disuelto (Oxímetro), Turbiedad (Turbidímetro), Conductividad (Conductímetro), Temperatura (Termómetro).

- ✓ **Se seleccionó** los recipientes para la toma de muestras de la estación 1 y 2, nos dirigimos a tomar las muestras, entrando hasta el centro del cauce para que la muestra sea representativa, las muestras las tomamos a profundidad media, es decir, como el agua nos llegaba a la rodilla los recipientes sumergimos a la mitad entre las rodillas y el fondo.

- ✓ Almacenamiento, Preservación y Transporte de las muestras.
Una vez tomadas las muestras, se dio seguimiento a la preservación de las muestras mediante preservantes químicos H₂SO₄ para los parámetros DQO Y Fosforo y preservante por temperatura mediante la adición de hielo para todos los parámetros DBO, DQO, Alcalinidad, Fosforo total, Dureza total, sólidos totales y Coliformes totales a una temperatura de $\leq 6^{\circ}\text{C}$, para luego depositar en la nevera, colocando cada uno de sus recipientes de tal forma que impida cualquier tipo de accidente y rotura entre ellos, se los dividió con unas laminas de icopor entre los frascos de vidrio, se les agregó hielo para su preservación, se la selló para el envío.

- ✓ Las muestras se transportaron hacia Bogotá, por medio de la empresa Cootransmayo en un bus, se optó por este transporte ya que el tiempo de transporte es el que menos tiempo utiliza (1 día), ya que si se usaba una empresa de encomiendas el transporte duraría entre 2 y 3 días; una vez llegaron las muestras al terminal la reclamó el laboratorio CIAN Ltda.

Los equipos para toma de muestras INSITU y para análisis en campo fueron alistados y calibrados según las instrucciones del fabricante y los procedimientos del Instituto Tecnológico del Putumayo.

En la (Tabla 10) se presentan los correspondientes resultados físicoquímicos insitu, para los dos muestreos y cada una de sus estaciones.

Tabla 10. Resultados de parámetros IN-SITU para los muestreos 1 y 2.

PARAMETROS	PUNTOS DE MONITOREO. (1 Muestreo) RIO RUMIYACO		PUNTOS DE MONITOREO. (2 Muestreo) RIO RUMIYACO	
	ESTACIÓN 1 (MARGEN DERECHA)	ESTACIÓN 2 (MARGEN IZQUIERDA)	ESTACIÓN 1 (MARGEN DERECHA)	ESTACIÓN 2 (MARGEN IZQUIERDA)
Temperatura Ambiente (°C)	25	25	28	25
Temperatura Muestra (°C)	20	20	20	21,4
Oxígeno Disuelto (mg/l)	9,6	9,9	10,22	9,9
Conductividad (µS/cm)	45,3	47,4	52,7	53,2
Turbiedad (NTU)	1,25	1,19	1,1	1,06
pH (UNIDADES)	6	7	5,5	6

Fuente. Elaboración propia

8.3.2. Parametros Hidrobiologicos

Estaciones de muestreo

Las muestras para el análisis de macroinvertebrados bentónicos se tomaron en los mismos sitios del muestreo fisicoquímico. (Ver Tabla 8)

Para la colecta de macroinvertebrados en cada estación de muestreo, se emplearon los mismos métodos de muestreo en las márgenes (cinco barridos, colectas, raspados en cada brazuelo de cada margen, teniendo en cuenta donde haya cambio de condiciones como: profundidad, corriente, sustrato, color del agua entre otras), se utilizó una técnica: red acuática (surber) de 0,3 m de lado con malla plástica de 0,5µ, tomando 0,09 m² de área (ver Figura 15) y el área total muestreada con los 5 barridos es 0,45 m² que es un método de recolección de tipo cuantitativo el cual nos permite obtener la densidad (individuos/m²) de las comunidades de macroinvertebrados en cada localidad en estudio.

Figura 15. Uso de red de Surber



Fuente. Elaboración propia

La técnica de red de Surber consistió en colocar la red en el fondo del río contra la corriente y el área de la red de surber ($0,09 \text{ m}^2$) se lava bajo el agua de manera que los organismos sean atrapados en la malla o Red se realiza sobre piedras, palos, corriente lenta y rápida, hojarasca en corriente lenta y rápida, sustrato fangoso, grava y arena, en un tiempo aproximado de 30 a 40 minutos.

Preservacion e identificacion de individuos

Cada muestra colectada fue colocada en una bolsa ziploc (Figura 16). que fue rotulada y preservada en alcohol al 70% siguiendo las recomendaciones de Roldán (1988, 1992, 2003). Se repitió cinco veces en espacios seguidos en la misma estación de muestreo en diferentes condiciones hidrológicas, hidráulicas y de sustratos, con el fin de obtener un muestreo representativo espacialmente a lo ancho del brazuelo.

Figura 16. Bolsa ziploc



Fuente. Elaboración propia

Finalmente, una vez tomadas las muestras se procedió a preservarlas con refrigeración mediante el almacenamiento en una nevera de icopor con hielo para mantener las muestras a una temperatura aproximada de 3°C, (ver figura 17) posterior a esto se las transporto hasta el laboratorio del Instituto Tecnológico del Putumayo para proceder al proceso de identificación de individuos cualitativa y cuantitativa.

Figura 17. Nevera de icopor para la preservación de muestras



Fuente. Elaboración propia

8.4. Fase de Laboratorio

8.4.1. Parametros fisicoquímicos

Inicialmente se tenía previsto trabajar con el laboratorio de aguas de CORPOAMAZONIA en Mocoa PUTUMAYO, debido a que este laboratorio en la actualidad o para este segundo periodo de 2016 no está funcionando nos vimos en la necesidad de buscar nuevas alternativas de laboratorios de aguas, haciendo cotizaciones con diferentes laboratorios, y por último nos decidimos trabajar con el laboratorio CIAN LTDA, el cual nos brindó muchas ventajas entre muchas que cuenta con la acreditación del IDEAM para este tipo de análisis lo cual los resultados los convierte más confiable, seguros y reales, a pesar de la distancia se cumplió lo deseado, nos contactamos con la empresa y se dio seguimiento a la toma de muestras, el laboratorio nos facilitó las neveras, los recipientes para cada parámetro pedido, con sus respectivos reactivos de preservación como lo establece el IDEAM en su protocolo de monitoreo de aguas.

El laboratorio con el que se hizo posible el estudio y análisis de los parámetros Fisicoquímicos fue CIAN LTDA. De la ciudad de BOGOTÁ; Es una empresa de carácter privado, que actúa bajo los lineamientos de las Autoridades Ambientales, según la norma NTC ISO/IEC 17025, con Resolución de Acreditación del IDEAM N°. 2428 de Octubre 9 de 2013, la Resolución N° 2023 de agosto 11 del 2014, la Resolución de seguimiento y Extensión del IDEAM N° 1961 de Septiembre 01 del 2016 Quiénes se encargan de Suministrar los Servicios de **monitoreo y análisis de muestras ambientales en aguas, análisis en suelos, aire, fuentes fijas cian ltda.**

Resultados y analisis para parametros analizados por el laboratorio CIAN.

En la (Tabla 12) se pueden observar los resultados de los parametros fisicoquimicos analizados por el laboratorio CIAN de Bogota y la metodología aplicada para cada uno de ellos, con sus respectivas unidades.

Tabla 11 Resultados de los Parametros Fisicoquimicos Analizados por laboratorio CIAN del muestreo 1 y muestreo 2.

Parametros	UNIDADES	MUESTREO 1 (2016/08/30)	
		ESTACIÓN 1 (MARGEN DERECHA)	ESTACIÓN 2 (MARGEN IZQUIERDA)
Alcalinidad	mg / L CaCO ₃	14	16
DBO ₅	mg/LO ₂	2	2
DQO	"mg/L O ₂ "	30	30
Duerza Total	"mg/L CaCO ₃ "	18	18
Fosforo Total	"mg P/L"	0,05	4,28
Solidos Totales mg/L	"mg/L"	26	28
Coliformes Totales	"microorga./100c"	50	38
pH	unidad	6	7

Fuente. Consultoria y servicios ambientales CIAN LTDA/ Informe N^o 000615.

8.4.2. Parametros Hidrobiologicos

En las (Tablas 13-14-15-16) se observan los resultados obtenidos en el laboratorio de los macroinvertebrados bentónicos procedentes de la respectiva clasificación taxonómica.

Tabla 12 Resultados de macroinvertebrados muestreo 1, estación 1 margen Derecha




IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA										
CUENCA RIO RUMITACO BOCATOMA										
MUESTRA N.	1									
ESTACION	1 MAR. DER									
Matriz	Agua Puntual									
Tipo de muestreo:	Municipio: Páramo									
	Departamento: Putumayo									
	Mozza: Putumayo									
	Fecha: 20/05/2008									
	Hora: 14:00									
MACROINVERTEBRADOS BENTONICOS										
IMAGEN	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE CIENTIFICO	Abundancia Abs	Area muestreada (cm2)	Area muestreada (m2)	Indim2	%
	COLEOPTERA	Lampyridae	Sin confirmar	Sp.	Sin confirmar	15	4500	0.45	30	15
	ODONATA	Cosmagnonidae	Acanthagnon	Selys 1876	Acanthagnon Selys 1876	18	4500	0.45	40	18
	DIPTERA	Dolichopodidae	Diidae	Hercoctormus discriminatus	Diidae Hercoctormus discriminatus	11	4500	0.45	24	11

Tabla 13. (Continuacion)







IMAGEN	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE CIENTIFICO	Abundancia Abs	Area muestreada (cm2)	Area muestreada (m2)	Ind/m2	%
	TRICHOPTERA	Xiphocentronidae	Xiphocentron	Xiphocentron	Xiphocentron	12	4500	0,45	27	12,1
	DIPTEROS	Empididae	Empis	Empis livida	Empis livida	9	4500	0,45	20	9,1
	COLEOPTERA	Limnichidae	Eulimnichus	Casey 1889	Eulimnichus Casey 1889	18	4500	0,45	40	18,2
	EPHEMEROPTERA	Leptotrichidae	Tricorythodes	Tricorythodes	Tricorythodes	2	4500	0,45	4	2,0

Tabla 13. (Continuacion)

IMAGEN	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE CIENTIFICO	Abundancia Abs	Area muestreada (cm2)	Area muestreada (m2)	Indim2	%
	SIN CONFIRMAR	Helodidae	Helodes	Sp.	Elodes Sp.	9	4500	0,45	20	9,1
	TRICLADIDA	Planariidae	Sin confirmar	Dugesia trígina	Dugesia trígina	5	4500	0,45	11	5,1
TOTAL						99			220	100

Fuente. Elaboración propia

Tabla 13. Resultados de macroinvertebrados muestreo 1, estación 2 margen Izquierda




IDENTIFICACION DE LA MUESTRA										
MUESTRA N. ESTACION		2 MAR. IZQ.		CUENCA RIO RUMAYACO BOCATOMA						
Matriz	Agua Puntual	Municipio:	Municipio:	Municipio:	Municipio:	Municipio:	Municipio:	Municipio:	Fecha toma Hora:	
Tipo de muestreo:		Departamento:	Departamento:	Departamento:	Departamento:	Departamento:	Departamento:	Departamento:	2016/03/08 14:40	
MACROINVERTEBRADOS BENTONICOS										
IMAGEN	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE CIENTIFICO	Abundancia Abs	Area muestreada (cm2)	Area muestreada (m2)	Ind/m2	%
	COLEOPTERA	Lampyridae	Sin confirmar	Sp	Sin confirmar	13	4500	0,45	29	9,0
	COLEOPTERA	Elmidae	Disersus	Disersus	Elmidae	8	4500	0,45	18	5,5
	ODONATA	Coenagrionidae	Acanthagrion	Selys 1876	Acanthagrion Selys 1876	9	4500	0,45	20	6,2

Tabla 14. (Continuacion)







IMAGEN	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE CIENTIFICO	Abundancia Abs	Area muestreada (cm ²)	Area muestreada (m ²)	Ind/m ²	%
	ODONATA	Coenagrionidae	Acanthagrion	Selys 1878	Acanthagrion Selys 1878	9	4500	0,45	20	6,2
	ODONATA	Aeshnidae	Aeshna	Aeshna cyanea	Aeshna cyanea	15	4500	0,45	33	10,3
	EPHEMEROPTERA	Leptohyphidae	Leptohyphes	Eaton, 1882	LEPTOHYPHES Eaton, 1882	40	4500	0,45	89	27,5
	EPHEMEROPTERA	Euthyphlocidae	Tricothythodes	Euthyphlocia hecuba	Tricothythodes Euthyphlocia hecuba	20	4500	0,45	44	13,8

Tabla 14. (Continuación)

IMAGEN	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE CIENTIFICO	Abundancia Abs	Area muestreada (cm ²)	Area muestreada (m ²)	Ind/m ²	%
	DIPTERA	Chironomidae	Pentaneura	Sp.	Chironomus zealandicus Sp.	35	4500	0,45	78	24,1
	DIPTERA	Empididae	Empis	Empis livida	Empis livida	5	4500	0,45	11	3,4
TOTAL						145			322	100

Fuente. Elaboración propia

Tabla 14. Resultados de macroinvertebrados muestreo 2, estación 1 margen Derecha









IDENTIFICACION DE LA MUESTRA										
MUESTRA N. ESTACION		2		1 MAR. DER.		CUENCA RIO RUMYACO BOCATOMA				
Matriz Tipo de muestreo:		Agua Puntual		Municipio: Putumayo		Mocoo Putumayo		Fecha tomas: 2016/13/09 Hors: 13:00		
MACROINVERTEBRADOS BENTONICOS										
IMAGEN	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE CIENTIFICO	Abundanci a Abs	Area muestreada [cm2]	Area muestread a [m2]	Ind/m2	%
	ODONATA	Libellulidae	eulimnichus	Casey 1889	Macrothemis Casey 1889	10	4500	0,45	22	14,1
	EPHEMEROP TERA	Baetidae	Camelobaetidius	Inops	Baetis inops	6	4500	0,45	13	8,5
	TRICHOPTER A	Xiphocentroni dae	Xiphocentron	Xiphocentron	Xiphocentron	5	4500	0,45	11	7,0
	COLEOPTERA	Limnichidae	Eulimnichus	Casey 1889	Eulimnichus	2	4500	0,45	4	2,8

Tabla 15. (Continuación)

IMAGEN	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE CIENTIFICO	Abundancia Abs	Area muestreada (cm ²)	Area muestreada (m ²)	Ind/m ²	%
	COLEOPTERA	Lampyridae	Sin confirmar	Sp.	Sin confirmar	20	4500	0,45	44	28,2
	ODONATA	Coenagrionidae	Acanthagrion	Selys 1876	Acanthagrion Selys 1876	10	4500	0,45	22	14,1
	EPTHEMEROPTERA	Leptophlebiidae	Thraulodes	Thraulodes	Thraulodes	14	4500	0,45	31	19,7
	TRICHOPTERA	Leptoceridae	Oecetis	Oecetis	Oecetis	4	4500	0,45	9	5,6
TOTAL						71			158	100

Fuente. Elaboración propia

Tabla 15. Resultados de macroinvertebrados muestreo 2, estación 2 margen izquierda






IDENTIFICACION DE LA MUESTRA										
MUESTRA N. ESTACION		2 MAR. IZQ.		Municipio:		Mococa Putumayo		CUENCA RIO RUMAYACO BOCA TOMA		
Matriz Tipo de muestreo:		Agua Puntual		Municipio:		Mococa Putumayo		Fecha toma: 2016/19/02 Hora: 13:40		
MACROINVERTEBRADOS BENTONICOS										
IMAGEN	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE CIENTIFICO	Abundancia Abs	Area muestreada (cm ²)	Area muestra da (m ²)	Ind/m ²	%
	PLECOPTERA	Petidae	Anacroneturia	Sp.	Anacroneturia Sp.	15	4500	0,45	33	32,61
	TRICHOPTERA	Leptoceridae	Atanatoioa	Atanatoioa	Atanatoioa	8	4500	0,45	18	17,39
	DIPTERA	Dolichopodidae	Dixidae	Heroostomus discriminatus	Dixidae Heroostomus discriminatus	7	4500	0,45	16	15,22

Tabla 16. (Continuación)

IMAGEN	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE CIENTIFICO	Abundancia Abs	Area muestreada (cm2)	Area muestreada (m2)	Ind/m2	%
	EPHEMEROPTERA	Leptohyphidae	Leptohyphes	Eaton, 1882	LEPTOHYPHES Eaton, 1882	6	4500	0,45	13	13,04
	LEPIDOPTERA	Psychodidae	Clagnia	Enderlein 1937	Clagnia Enderlein 1937	10	4500	0,45	22	21,74
TOTAL						46			102	100

Fuente. Elaboración propia

Estaciones 1 y 2 del area del proyecto en la cuenca rio rumiyaco

En las estaciones y muestreos 1 y 2 Se colectaron un total de 361 individuos (abundancia). Que corresponden a 17 morfoespecies (riqueza) agrupadas en 19 familias y 9 órdenes. (Ver Tabla 17).

Tabla 16. Total de individuos en los muestreos y estaciones 1 y 2 margen derecha e izquierda

TOTAL DE INDIVIDUOS PUNTO 1 Y 2 MARGEN DERECHA E IZQUIERDA	
TOTAL INDIVIDUOS:	361

Fuente. Elaboración propia

8.5. Fase de Escritorio

8.5.1. Parametros fisicoquímicos

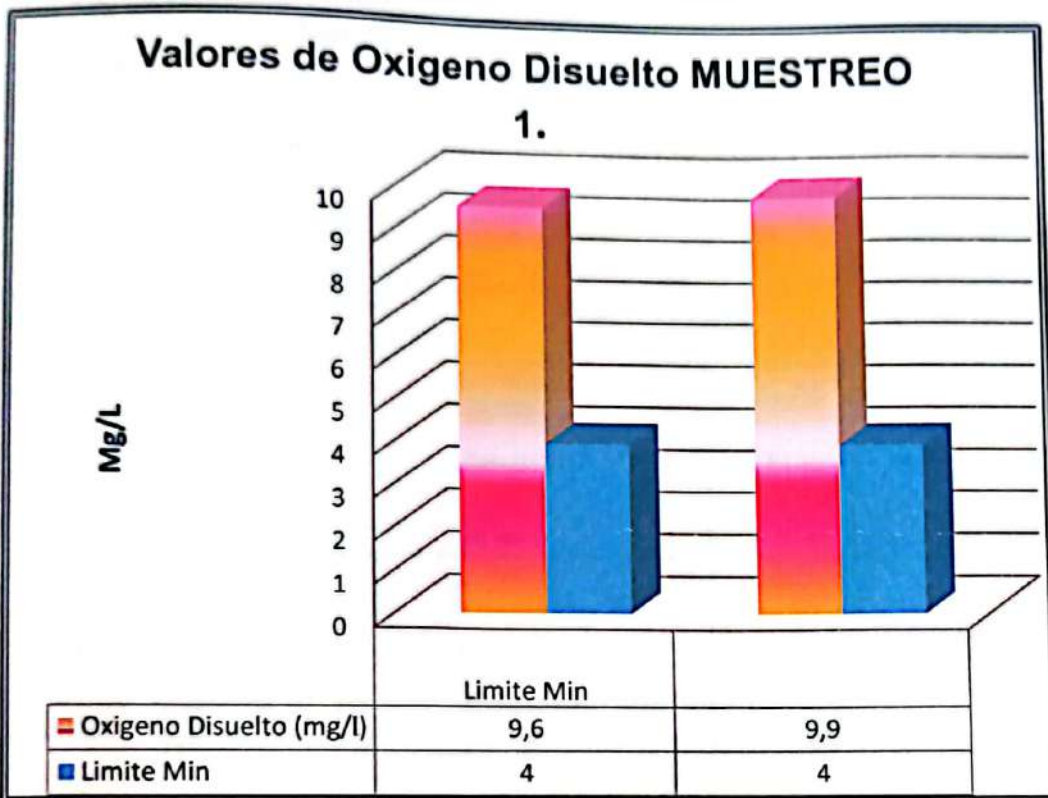
Análisis parametros Insitu

Parámetros fisicoquímicos en la estación Margen Derecha e Izquierda del Monitoreo 1 y 2

Temperatura: El valor de la temperatura de la muestra encontrado en la margen derecha (Tabla 10) fue de 20 °C con una Temperatura Ambiente de 25 °C, al igual que en la margen izquierda para el Muestreo 1 Y en el Muestreo 2 a la margen derecha de 20 °C con Temperatura Ambiente de 28 °C, en la margen izquierda de 21, 4 °C con la misma temperatura ambiente su variación fue muy minima para ambos monitoreos.

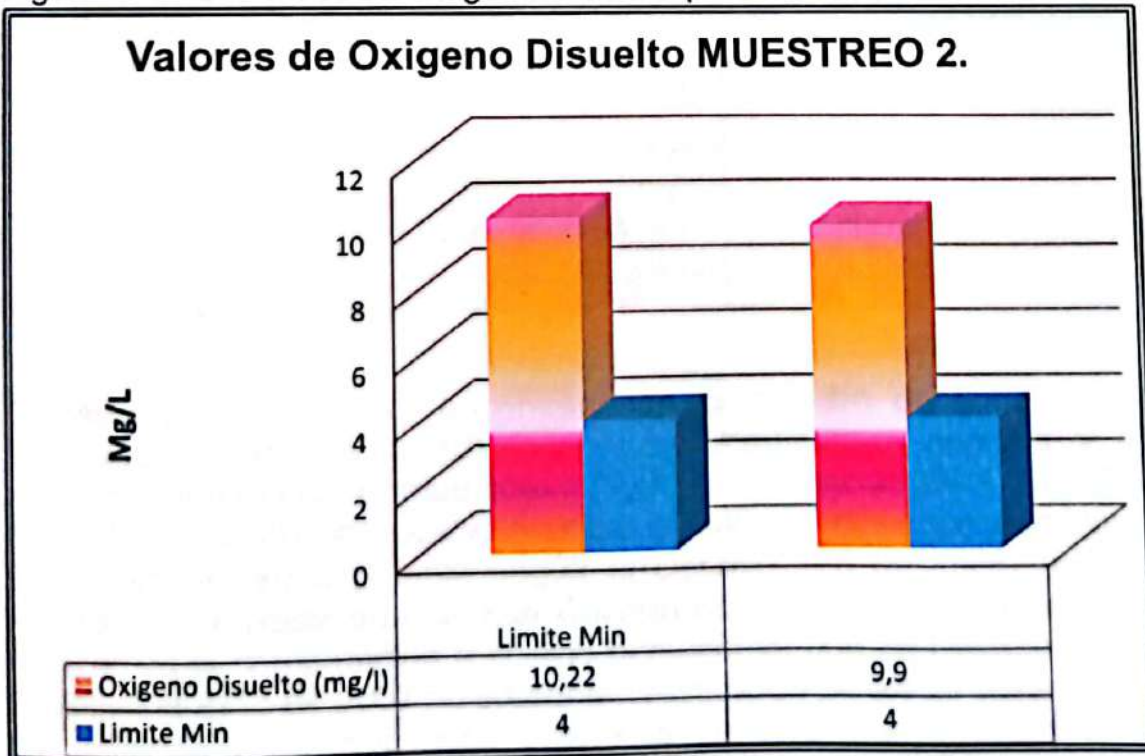
Oxigeno Disuelto: según la muestra que se tomo en la fuente del Rio Rumiyaco en la margen Derecha e Izquierda del monitoreo 1 el Oxigeno Disuelto es de 9,6 y 9,9 para el monitoreo 2, de la margen derecha, margen izquierda se obtuvo 10,22 y 9;9 es decir, son resultados muy similares sobre todo en el caso de las estaciones margen izquierda de los dos monitoreos. El Oxigeno disuelto se presenta como un indicador de calidad de agua buena ya que esta en el rango de 8 – 12 lo que significa que esta fuente tiene la [OD] adecuadas para la vida de la gran mayoría de especies de peces y otros organismos acuáticos. El oxigeno disuelto es uno de los indicadores mas importantes de la calidad del agua. Los valores normales varían entre los 8 – 12 mg/L. La fuente principal del oxigeno es el aire, el cual se difunde rápidamente en el agua por la turbulencia en los ríos y por el viento en los lagos (Roldán, 2003).

Figura 18. Resultados de Oxígeno Disuelto para Muestreo 1



Fuente. Elaboración propia

Figura 19. Resultados de Oxígeno Disuelto para Muestreo 2.



Fuente. Elaboracion propia.

En la (Figura 18), (Figura 19) se puede visualizar que en los dos muestreo que se realizaron no sobrepasan el limite, es decir estos resultados comprueban que la fuente hidrica cuentan con los valores normales que se requiere para que la vida acuatica sea prospera.

Tabla 17. Rango de concentraciones para Oxigeno Disuelto y consecuencias ecosistémicas frecuentes.

[OD] mg/L	Condición	Consecuencias
0	Anoxia	Muerte masiva de organismos aerobios
0-5	Hipoxia	Desaparición de organismos y especies sensibles
5-8	Aceptable	[OD] adecuada para la vida de la gran mayoría de especies de peces y otros organismos acuáticos.
8-12	Buena	
> 12	Sobresaturada	Sistema en plena producción fotosintética.

Fuente. Roldan 2003

Conductividad: El valor encontrado en la muestra de agua tomada para el muestreo 1 ver. (Tabla 10) fue: 45,3(μ S/cm)margen derecha y 47,4(μ S/cm) margen izquierda, en el muestreo 2, los valores encontrados son 52,7(μ S/cm) y 53,2(μ S/cm) cumpliendo los valores o criterios máximos organolepticos y fisicos de la calidad del agua potable según el Decreto 475 de 1998; Artículo 7°. cabe resaltar que a pesar de que este Decreto no se habia mencionado anteriormente realizamos la comparación a criterio personal ya que en Decreto 1594 de 1984 y Resolucion 2115 de 2007 no presentan restricción para este parametro. De acuerdo a los resultados obtenidos en los muestreo 1 y 2 se presenta conductividad baja, por lo tanto está relacionado con pequeñas concentraciones de sustancias salinas.

Turbiedad: Un indicativo de contaminación del agua es la turbidez implicando la existencia de sustancias o microorganismos que en el caso de las aguas para consumo humano pueden provocar algún daño a la salud de las personas, pues los sólidos dispersos y las partículas presentes en el agua pueden actuar como portadores de parásitos, bacterias, gérmenes y virus. Los límites de turbidez legalmente establecidos están pensados para garantizar un agua visual e higiénicamente perfecta.

De acuerdo a los datos que se obtuvieron en los muestreo 1 y 2 fueron de 1,25 margen derecha UNT. 1,19 UNT margen izquierda, para el muestreo 2 margen derecha es 1,1 UNT y margen izquierda 1,06 UNT; Respectivamente presentando bajos niveles de turbiedad cumpliendo con la normatividad Colombiana; Resolución 2115 del 2007 donde el criterio de restricción 2 UNT y Decreto 1594 1984 10 UNT según los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico.

La turbidez se presentan principalmente por los factores climáticos meteorológicos tales como altas precipitaciones horas antes del muestreo.

pH. Los valores del pH que se encontraron para los muestreo 1 y 2 fueron: margen derecha 6, margen izquierda 7 para el muestreo 2: margen derecha 5,5 y margen izquierda 6; A pesar del uso excesivo del recurso para las diferentes actividades humanas, los valores encontrados estan dentro del rango permisible por la legislación colombiana en cuanto a pH.

En términos generales, el pH de un cuerpo de agua puede variar a lo largo de un amplio rango de valores, dependiendo de factores intrínsecos y extrínsecos al ambiente acuático:

a. Factores intrínsecos

- Capacidad amortiguadora del sistema de alcalinidad carbonato-bicarbonato.
- Estratificación y mezcla del sistema acuático.
- Evaporación.
- La intensidad de procesos biológicos tales como fotosíntesis, respiración y actividades de descomposición de materia orgánica.
- La interacción de los factores arriba mencionados con el sistema de alcalinidad.

b. Factores extrínsecos

- Composición de: suelos adyacentes, depósitos superficiales y lecho rocoso.
- Fuentes de contaminación: drenaje ácido de minas, precipitación ácida.
- Presión parcial de CO₂ en la atmósfera.
- Temperatura (Manual de uso e interpretación de aguas, 2008).

Si los factores mencionados anteriormente son quienes intervienen en la variación del pH de un cuerpo de agua, quiere decir que en este caso se encuentran en una cantidad mínima, pues el pH del agua evaluada en nuestra investigación no esta alterada a pesar de las acciones y actividades para lo cual se la usa.

El muestreo realizado para el parámetro del pH en el muestreo 1 y 2 de las estaciones de margen derecha y margen izquierda cumplen con la normatividad colombiana que establece en el Decreto 1594 1984 y la Resolución 2115 del 2007 con los criterios o valor admisibles que estén entre 6.5 y 9.

Es importante destacar que en el monitoreo 2 estación de la margen izquierda presenta un pH ligeramente más básico de 6.87, debido a que lleva consigo **disuelto de agua residual** que contiene carga orgánica con compuestos fenólicos, fosfatos, carbonatos etc.

Con los resultados del laboratorio se procede a realizar el análisis de que cada parámetro fisicoquímico.

Alcalinidad: Para el muestreo 1 y muestreo 2 de las estaciones margen derecha y margen izquierda el parámetro de la **Alcalinidad:** tienen valores de 14, 16, 14, 14 mg / L CaCO₃, es decir, son similares y por consiguiente están en el rango de las Características químicas que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana; donde el valor máximo aceptable es de 200 mg / L CaCO₃, y los resultados obtenidos cumplen como se menciona en el Artículo 13 de la Resolución 2115 del 2007. Con esto se puede decir que la alcalinidad en esta fuente de agua superficial aguas arriba de la Bocatoma es baja, en contenido de bicarbonatos (calcio, sodio,

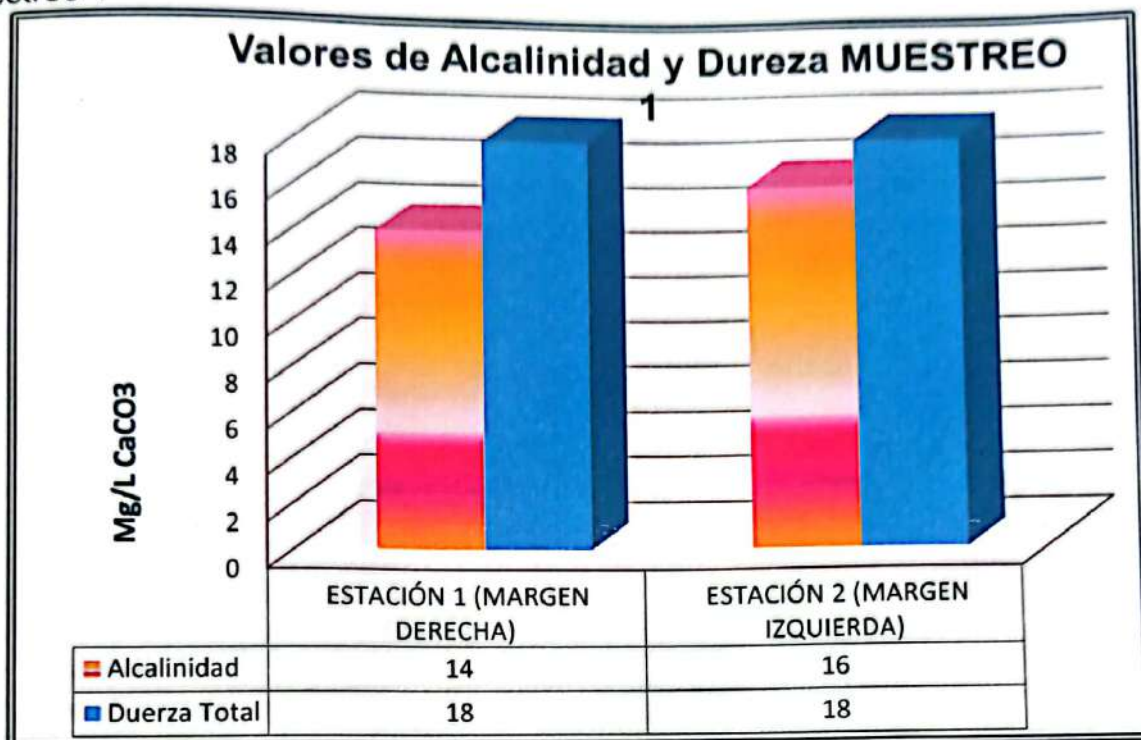
magnesio), de esa forma es que actúa la como indicador de calidad de agua teniendo en cuenta las concentraciones de Alcalinidad.

La alcalinidad en un cuerpo de agua es fundamental para determinar su capacidad de mantener los procesos biológicos y una productividad sostenida y duradera (Roldán 2003).

Dureza: En los muestreo 1 y muestreo 2 se encontró que la Dureza para las estaciones de margen derecha e izquierda eran totalmente las mismas presentando un valor de: 18 mg/L CaCO₃ baja cantidad de calcio y magnesio; lo que nos lleva a decir que la fuente analizada presenta aguas blandas ya que se encuentra en el rango menos de 50 CaCO₃. biológicamente son poco productivas, por lo contrario las aguas con dureza elevada duras son muy productivas, la productividad esta generalmente dada por unas pocas especies que se han adaptado a estas condiciones, aguas con durezas intermedias pueden poseer fauna y flora mas variada pero son menos productivas en términos de biomasa (Roldán, 2003).

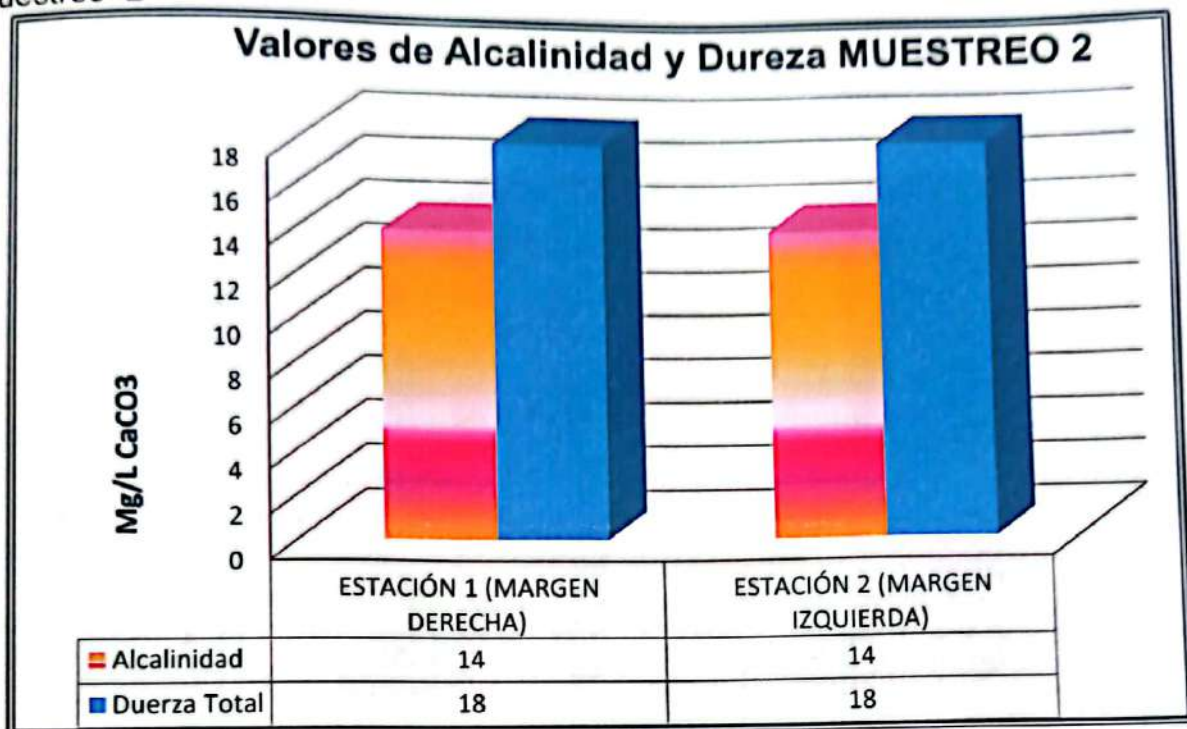
La alcalinidad y dureza están relacionadas para la determinación de una calidad de agua y con los resultados que se encontraron como se puede (ver Figura 20) la alcalinidad y la dureza dieron en el muestreo 1 que en la margen derecha y margen izquierda fueron muy similares; totalmente iguales para el muestreo 2 ver (Figura 21) lo cual nos lleva a decir que coinciden físicamente en un nivel bajo de carga de materia orgánica.

Figura 20. Relación de parámetro Fisicoquímicos de la Alcalinidad y Dureza del Muestreo 1



Fuente. Elaboración propia

Figura 21. Relación de parámetro Fisicoquímicos de la Alcalinidad y Dureza del Muestreo 2

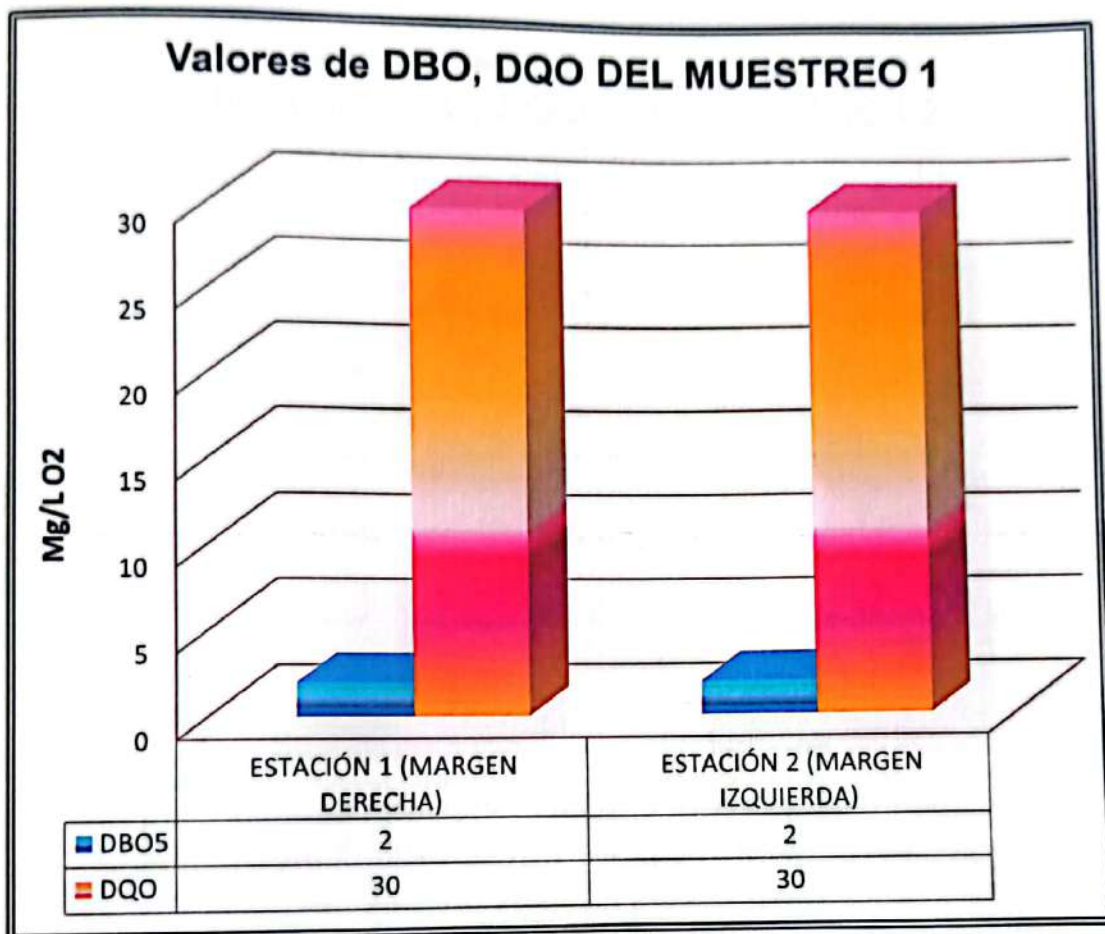


Fuente. Elaboración propia

DBO: En los muestreo 1 y muestre 2 se encontró que la Demanda Biológica de Oxígeno para las estaciones de margen derecha e izquierda eran totalmente las mismas presentando un valor de 2 mg/LO₂ lo que arroja que los niveles de materia organica son bajos.

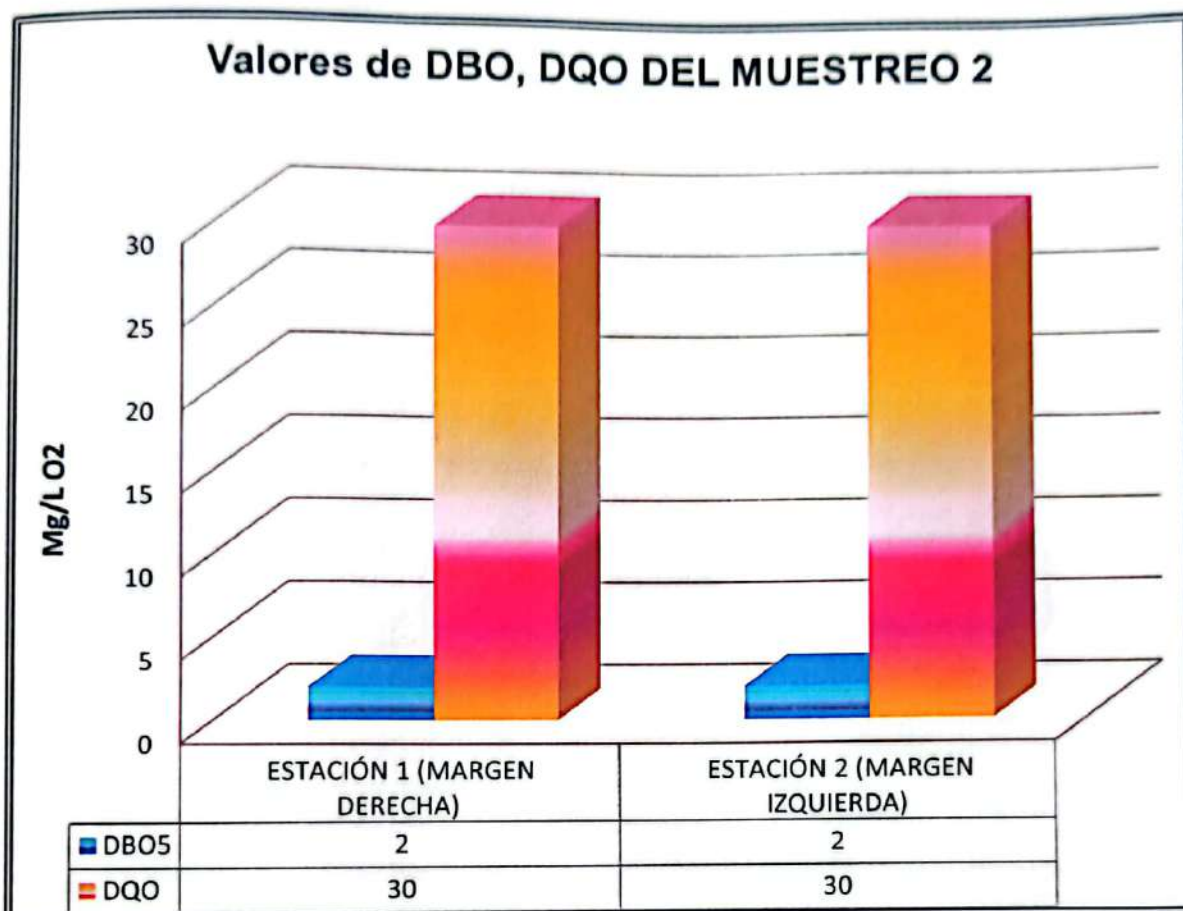
DQO: En los resultados encontrados sobre la Demanda quimica de Oxígeno para el muestreo 1 y muestreo 2 se observan que coinciden totalmente sus valores, y estan totalmente relacionados con los valores del DBO; al igual que este parametro los DQO Según IDEAM (28-12-2007) presentan baja materia organica; esto se lo puede evidenciar a continuación en las (Figuras 22 -23) de muestreo 1 y muestreo 2.

Figura 22. Relación de parámetro Físicoquímicos del DBO y DQO del Muestreo 1.



Fuente. Elaboración propia

Figura 23. Relación de parámetro Fisicoquímicos del DBO y DQO del Muestreo 2.



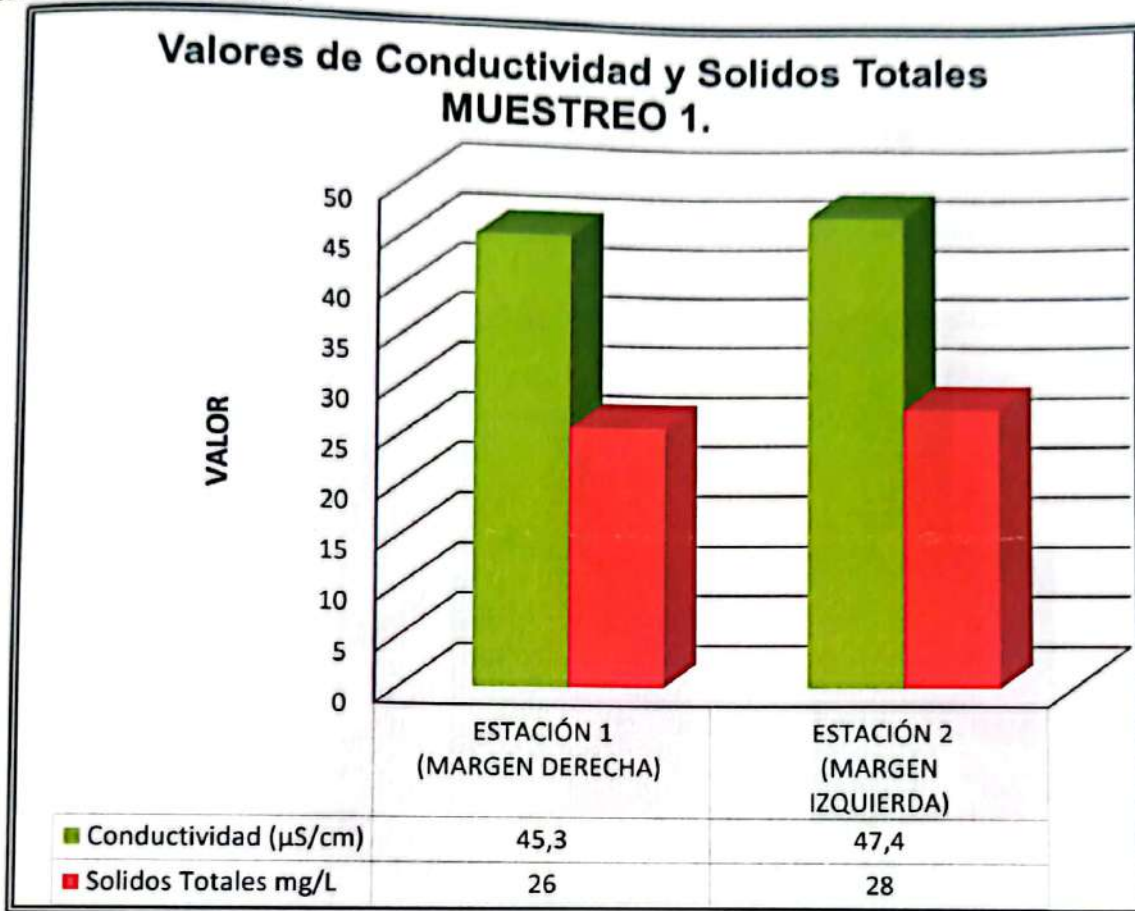
Fuente. Elaboración propia

Conductividad: De acuerdo a los resultados obtenidos en los muestreo 1 y 2 se presenta conductividad baja, por lo tanto está relacionado con pequeñas concentraciones de sustancias salinas; y por ende relacionada con el parámetro fisicoquímico de sólidos totales.

Sólidos totales: Los sólidos totales que se encontraron en el muestreo 1 para la margen derecha fue: 26 mg/L y la margen izquierda 28 mg/L; para el muestreo 2 se presentan una diferencia notable a la del muestreo 1 lo que indica que tienen valores bajos de material suspendido y partículas coloidales insolubles; para la margen derecha : 78 mg/L y 58 mg/L para la margen izquierda. En la estación margen derecha del muestreo 2 es el más representativo.

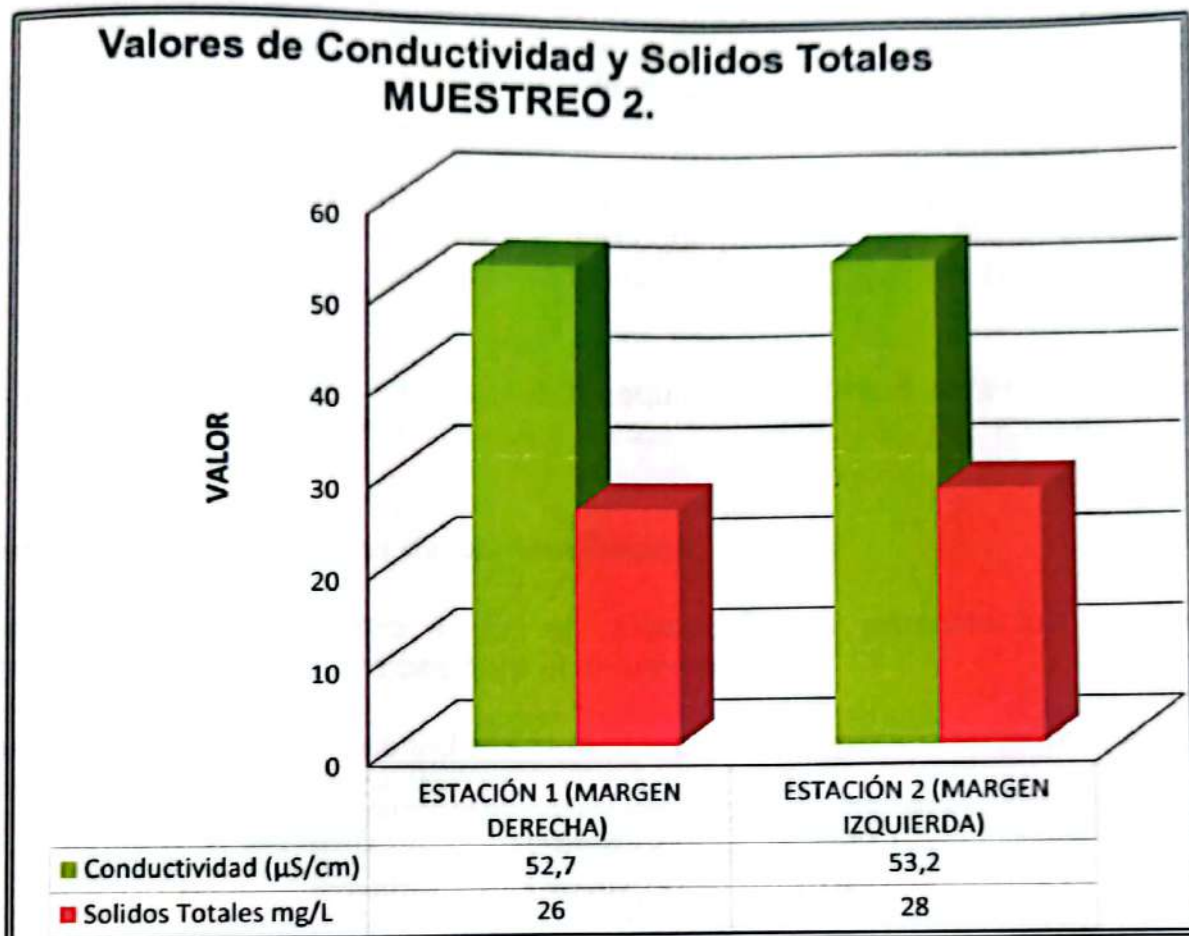
Esta relación de parámetros y resultados se la puede ver en la (Figura 24) para el muestreo 1 y en la (Figura 25) para el muestreo 2 a continuación; en donde se va poder identificar claramente que en la margen derecha e izquierda para el muestreo 1 y muestreo dos los valores son los mismos, es decir, lógicamente exactos; en el caso de sólidos totales, para el parámetro de la conductividad hubo cierta variación para cada margen y por consiguiente para cada muestreo.

Figura 24. Relación de parámetro Fisicoquímicos del Conductividad y Sólidos Totales del Muestreo 1.



Fuente. Elaboración propia

Figura 25. Relación de parámetro Fisicoquímicos del Conductividad y Sólidos Totales del Muestreo 2.



Fuente. Elaboración propia

Fosforo total: según los datos para el parámetro de fosforo total, se encontro que en el muestreo 1 de la margen derecha tiene un valor de 0,05 mg P/Ly que esta dentro del rango limite permible según la Resolución 2115 del 2007, pero a diferencia de la margen izquierda sobre pasa el limite con un valor supremamente algo de 4,28, y fue el unico hallado en esos niveles, lo que nos lleva analizar que quizza fue error de digitación del laboratorio por la margen de error que este presenta, y por que en el muestreo 2 de las estaciones margen derecha y margen izquierda cumplen con el rango al igual que la primera estación con un valor de 0,05.

Coliformes totales: los valores encontrados en el muestreo 1 para la margen derecha es de 58 microorga./100c, para la margen izquierda 38 microorga./100c", lo que corresponde al cumplimiento para los usos del agua que establece el Decreto 1594 de 1984 del articulo 38, donde se nombran los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso doméstico, al igual que el articulo 39 y para en el Artículo 43 para fines recreativos. Pero sobre pasa el rango

permisible según la resolución 2115 del 2007 de agua potable para consumo humano.

Para el muestreo 2 de la margen derecha 324 microorga./100c", y margen izquierda 125 microorga./100c", para ellos también se aplican los mismo usos; los valores del muestreo 2 son medianamente altos comparados con los del muestreo 1, pero aun así están dentro del rango como se lo menciono anteriormente.

Con los resultados de los parámetros insitu, se procede a determinar los índices; tomando los siguientes parámetros fisicoquímicos: el pH, Oxígeno disuelto, turbiedad, Conductividad, Coliformes totales DBO, DQO, Sólidos Totales, Fosforo, dureza, alcalinidad.

Se tomaron los diferentes parámetros fisicoquímicos anteriormente mencionados y con ellos proseguir a la determinación de los índices ICOSOTO, ICOMO, ICOMI, ICOTRO.

Resultados de los índices de contaminación.

Resultado Para Muestreo 1: En el (Tabla 18) se presenta los resultados obtenidos aplicando los índices para el muestreo 1.

Tabla 18. Resultados de los índices para el muestreo 1, para la estación margen derecha y margen izquierda, para el Índice ICOSOTO.

MUESTREO 1 (2016/08/30)			
ESTACIÓN 1 (MARGEN DERECHA)			
PARAMETRO	Valor	ICOSOTO	CLASIFICACION
SOLIDOS TOTALES	26	0,06	Muy baja

ESTACIÓN 2 (MARGEN IZQUIERDA)			
PARAMETRO	Valor	ICOSOTO	CLASIFICACION
SOLIDOS TOTALES	28	0,06	Muy baja

Fuente. Elaboración propia

En el (Tabla 19) se presenta los resultados obtenidos aplicando los índices para el muestreo 2.

Tabla 19. Resultados de los Indices para el muestreo 2, para la estación margen derecha y margen izquierda, para el Índice ICOSOTO.

MUESTREO 2 (2016/09/19)			
ESTACIÓN 1 (MARGEN DERECHA)			
PARAMETRO	Valor	ICOSOTO	CLASIFICACION
SOLIDOS TOTALES	78	0,21	Muy baja

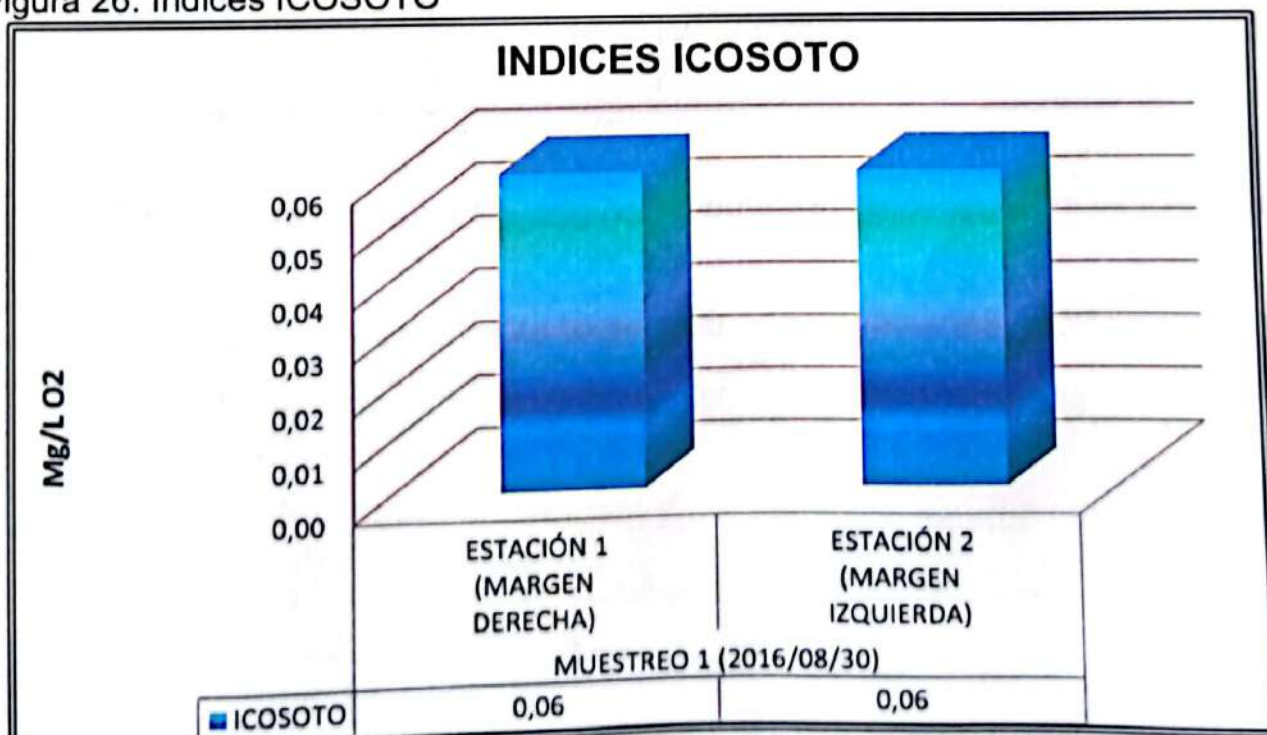
ESTACIÓN 2 MARGEN IZQUIERDA			
PARAMETRO	Valor	ICOSOTO	CLASIFICACION
SOLIDOS TOTALES	78	0,21	Muy baja

Fuente. Elaboración propia

Análisis.

Para el índice ICOSOTO en el Muestreo 1 de la margen derecha para el valor 26, se encontró un I S.T de 0,06 y en la margen izquierda para el valor de 28 un I S.T de 0,06; donde se puede evidenciar claramente que la presencia de solidos totales en la fuente hídrica para las dos estaciones del muestreo 1 son muy baja como se lo indica en la misma tabla de la columna de clasificación de contaminación. (Ver Figura 26)

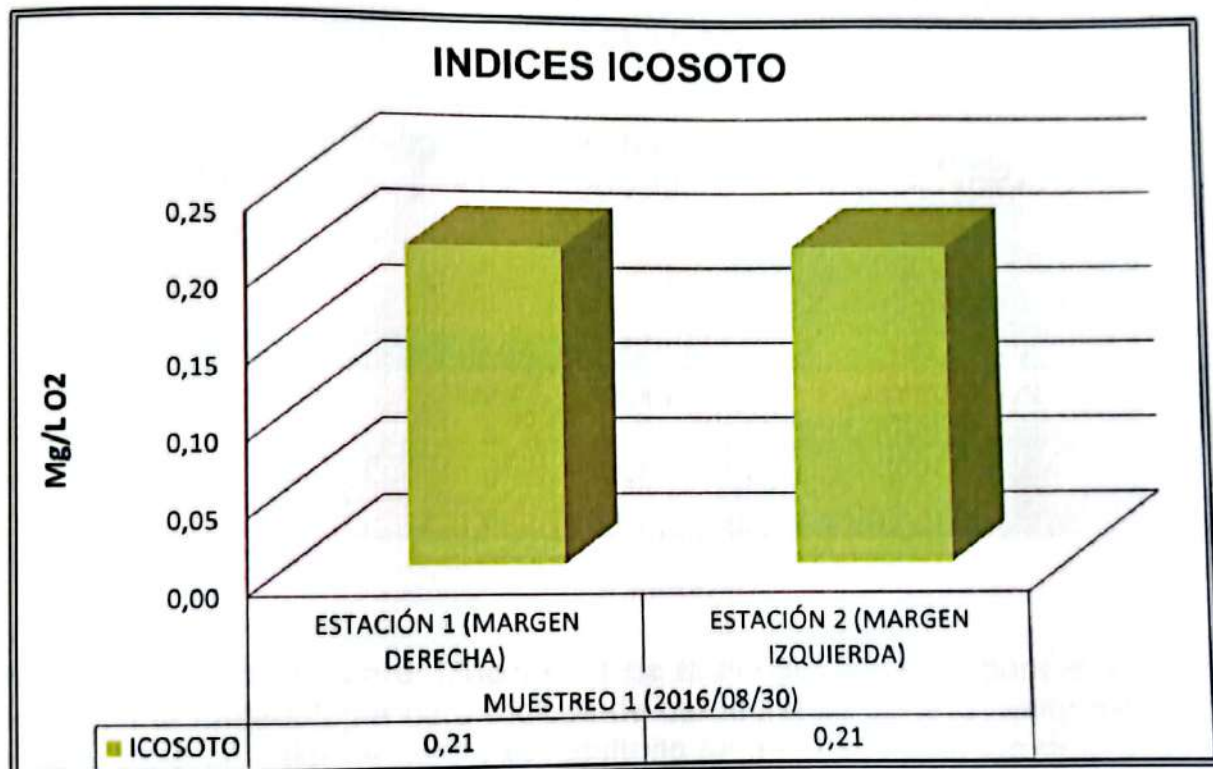
Figura 26. Indices ICOSOTO



Fuente. Elaboración propia

Para el muestreo 2 para el mismo Índice en ambas márgenes el I ST, son los mismos debido a que los resultados de la presencia de sólidos totales coinciden según el análisis que desarrollo el laboratorio CIAN; y por ende esta dentro del rango que determina que este muestreo 2 al igual que en el muestreo 1 la clasificación de contaminación es muy baja, punto a favor para la fuente hídrica y de quienes lo usan. (Ver Figuras 27)

Figura 27. Indices ICOSOTO



Fuente. Elaboración propia

En el (Tabla 20) se presenta los resultados obtenidos aplicando los índices para el muestreo 1.

Tabla 20. Resultados de los índices para el muestreo 1, para la estación margen derecha y margen izquierda, para el Índice ICOMO.

MARGEN DERECHA			
PARAMETRO	Valor	ICOMO	CLASIFICACION
I.DBO	0	0,00	Muy baja
I.COLI. TOTAL	0		
I.OD	0		

MARGEN IZQUIERDA			
PARAMETRO	Valor	ICOMO	CLASIFICACION
I.DBO	0	0,00	Muy baja
I.COLI. TOTAL	0		
I.OD	0		

Fuente. Elaboración propia

En el (Tabla 21) se presenta los resultados obtenidos aplicando los índices para el muestreo 2.

Tabla 21. Resultados de los índices para el muestreo 2, para la estación margen derecha y margen izquierda, para el Índice ICOMO.

MARGEN DERECHA			
PARAMETRO	Valor	ICOMO	CLASIFICACION
I.DBO	0	0,00	Muy baja
I.COLI. TOTAL	0		
I.OD	0		
MARGEN IZQUIERDA			
PARAMETRO	Valor	ICOMO	CLASIFICACION
I.DBO	0	0,00	Muy baja
I.COLI. TOTAL	0		
I.OD	0		

Fuente. Elaboración propia

Análisis:

Para el índice ICOMO en el Muestreo 1 de la margen derecha para el valor 0, ya que según la metodología para índices de calidad si se tiene un valor menores a 10 mg/L tiene un valor de cero y el resultado para nuestro caso fue de 2 entonces el valor directamente sería 0 sin necesidad de aplicar la fórmula para hallar IDBO; El índice de ICOMO es de 0 tanto para la margen derecha como para la margen izquierda. De esta forma la clasificación de contaminación es muy baja, para las dos estaciones mencionadas anteriormente.

Para el muestreo 2 el ICOMO dio igual que para el muestreo 1 para todas las estaciones, es decir, la clasificación de contaminación es muy baja por materia orgánica según lo que nos indica este índice.

En el (Tabla 22) se presenta los resultados obtenidos aplicando los índices para el muestreo 1.

Tabla 22. Resultados de los índices para el muestreo 1, para la estación margen derecha y margen izquierda, para el Índice ICOMI.

MARGEN DERECHA			
PARAMETRO	Valor	ICOMI	CLASIFICACION
I.CONDUCTIVIDAD	0,09	0,03	Muy baja
I.DUREZA	0,00		
I.ALCALINIDAD	0,00		

MARGEN IZQUIERDA			
PARAMETRO	Valor	ICOMI	CLASIFICACION
I.CONDUCTIVIDAD	0,10	0,03	Muy baja
I.DUREZA	0,00		
I.ALCALINIDAD	0,00		

Fuente. Elaboración propia

En el (Tabla 23) se presenta los resultados obtenidos aplicando los índices para el muestreo 2.

Tabla 23. Resultados de los índices para el muestreo 2, para la estación margen derecha y margen izquierda, para el Índice ICOMI.

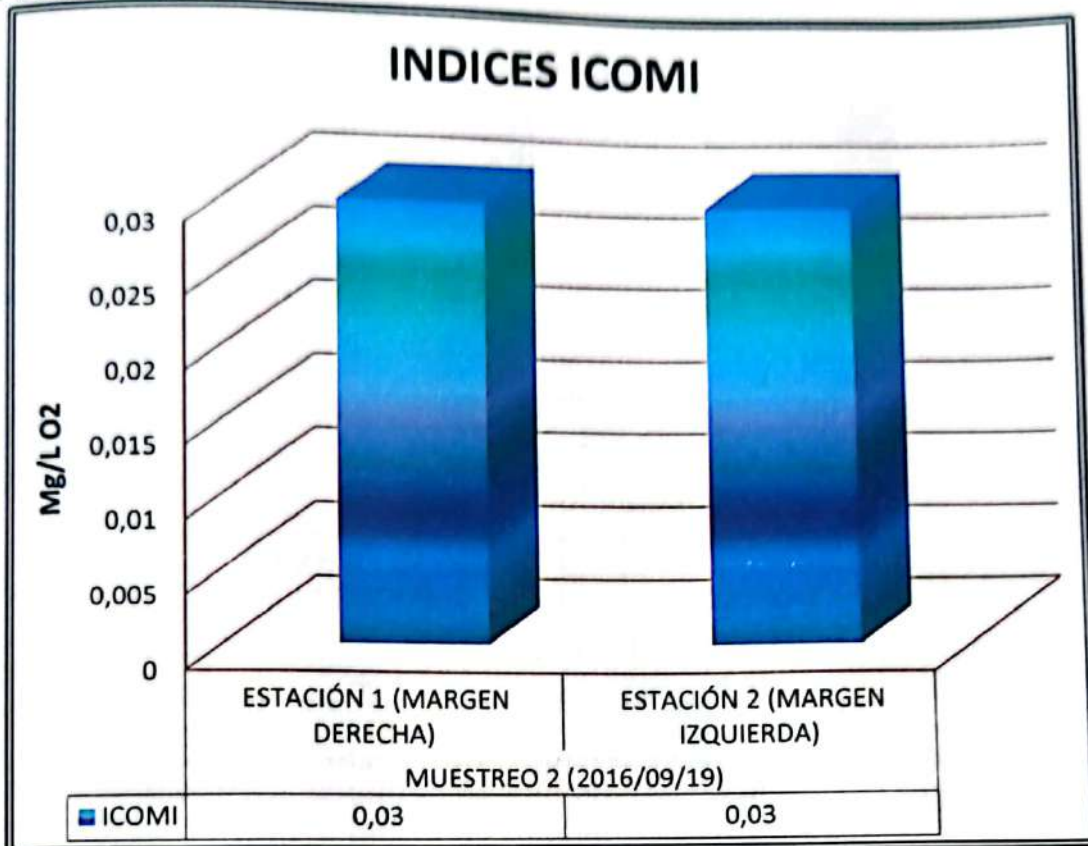
MARGEN DERECHA			
PARAMETRO	Valor	ICOMI	CLASIFICACION
I.CONDUCTIVIDAD	0,11	0,04	Muy baja
I.DUREZA	0,00		
I.ALCALINIDAD	0,00		

MARGEN IZQUIERDA			
PARAMETRO	Valor	ICOMI	CLASIFICACION
I.CONDUCTIVIDAD	0,11	0,04	Muy baja
I.DUREZA	0,00		
I.ALCALINIDAD	0,00		

Fuente. Elaboración propia

Análisis: el índice de ICOMI para el muestreo 1 es de 0,03 para la margen derecha como para la margen izquierda, lo que nos arroja un análisis de contaminación muy bajo por mineralización.

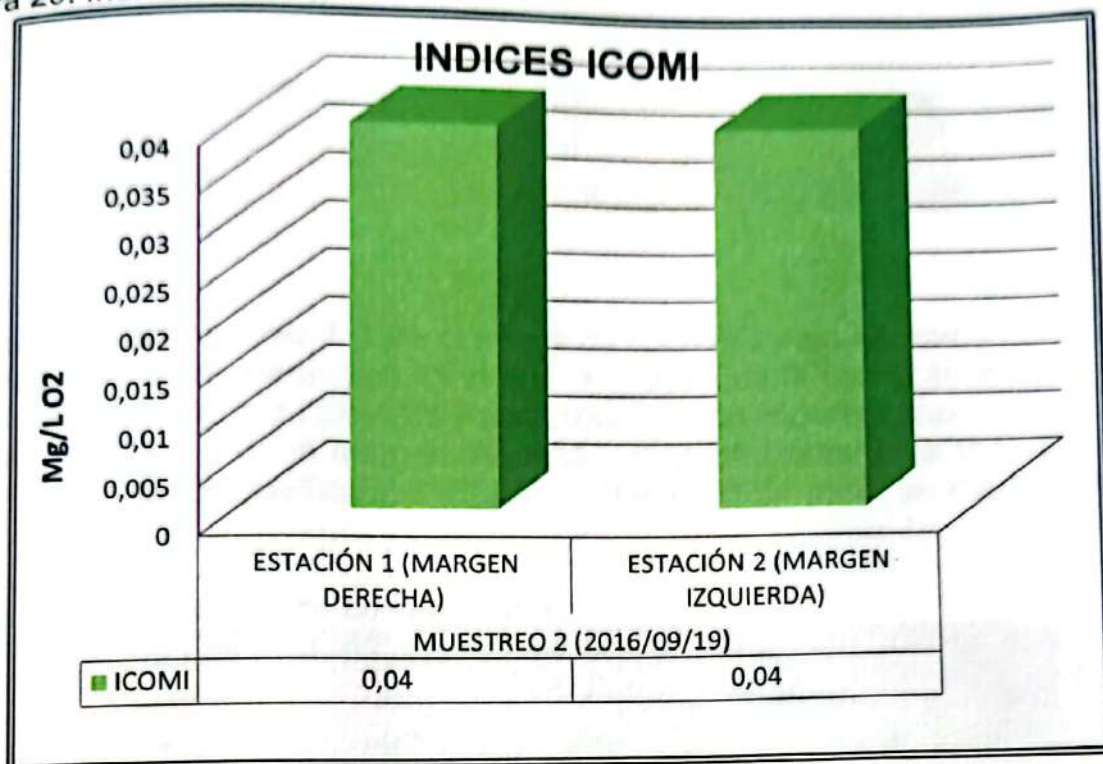
Figura 28. Índice ICOMI



Fuente. Elaboración propia

Para el muestreo 2 no representa algún tipo de diferencia ya que cambia por una decima, es decir, el ICOMI para las dos estaciones del muestreo 2 es de 0,04, que también esta dentro del rango de clasificación po contaminación de mineralización muy baja.

Figura 29. Índice ICOMI



Fuente. Elaboración propia

En el (Tabla 24) se presenta los resultados obtenidos aplicando los índices para el muestreo 1.

Tabla 24. Resultados de los índices para el muestreo 1, para la estación margen derecha y margen izquierda, para el Índice ICOTRO.

MARGEN DERECHA			
PARAMETRO	Valor	ICOTRO	CLASIFICACION
FOSFORO	0,05	0.02 – 1.00 (mg/L)	Eutrofia

MARGEN IZQUIERDA			
PARAMETRO	Valor	ICOTRO	CLASIFICACION
FOSFORO	4,28	>1.00 (mg/L)	Hipereutrofia

Fuente. Elaboración propia

En el (Tabla 25) se presenta los resultados obtenidos aplicando los índices para el muestreo 2.

Tabla 25. Resultados de los índices para el muestreo 2, para la estación margen derecha y margen izquierda, para el Índice ICOTRO.

MARGEN DERECHA			
PARAMETRO	Valor	ICOTRO	CLASIFICACION
FOSFORO	0,05	0.02 – 1.00 (mg/L)	Eutrofia

MARGEN IZQUIERDA			
PARAMETRO	Valor	ICOTRO	CLASIFICACION
FOSFORO	0,05	0.02 – 1.00 (mg/L)	Eutrofia

Fuente. Elaboración propia

Análisis: en el muestreo 1 para el índice de ICOTRO para la margen derecha se encontró que el valor era de 0,05 lo que la indica que la clasificación Eutrofia. Y para la margen izquierda dio 4,28 y en la clasificación Hipereutrofia. para el muestreo 2 de la margen derecha y margen izquierda el índice ICOTRO es de valor 0,05 clasificación Eutrofia. (figura 32); para la clasificación de contaminación.

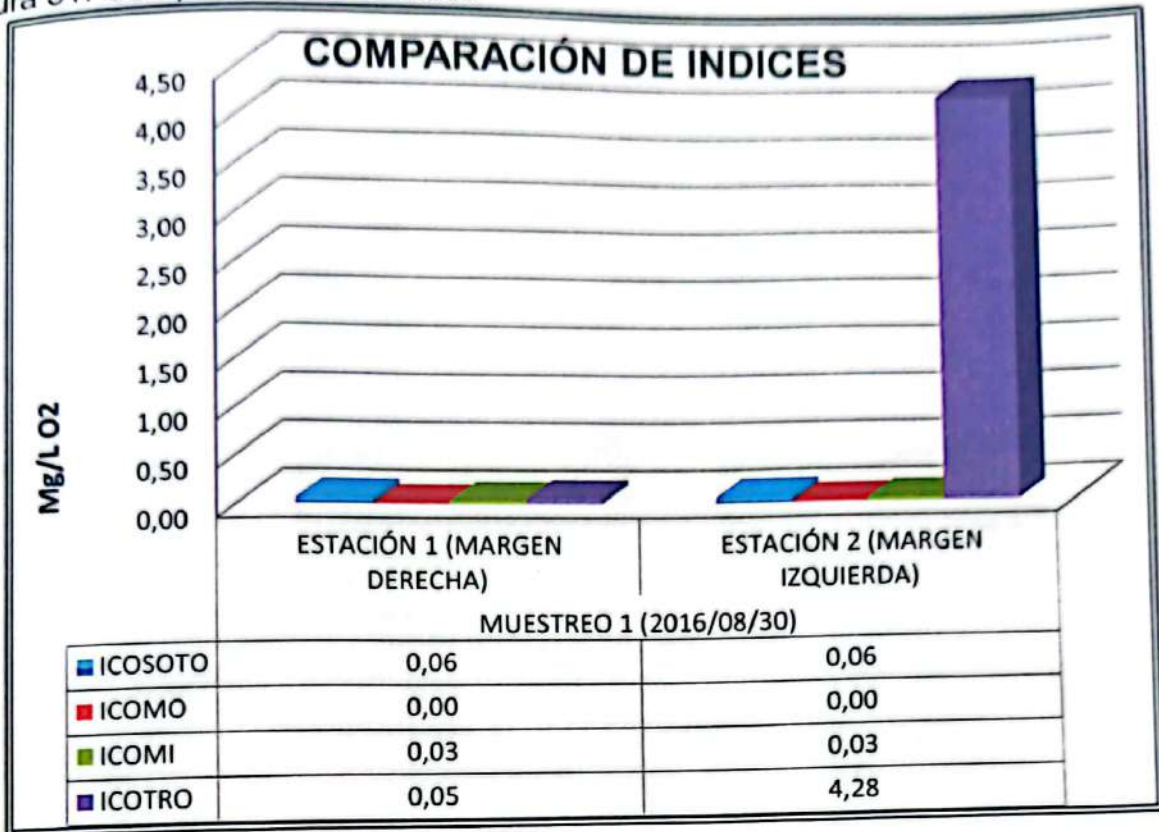
Figura 30. Clasificación de contaminación

VALOR DEL ICO	CLASIFICACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN
0 – 0.2	Muy baja
0.2 – 0.4	Baja
0.4 – 0.6	Media
0.6 – 0.8	Alta
0.8 – 1.0	Muy Alta

Fuente. Ramirez, A y Viña, G (1998)

Resumen de los Índices para el muestreo 1

Figura 31. Comparación de Índices

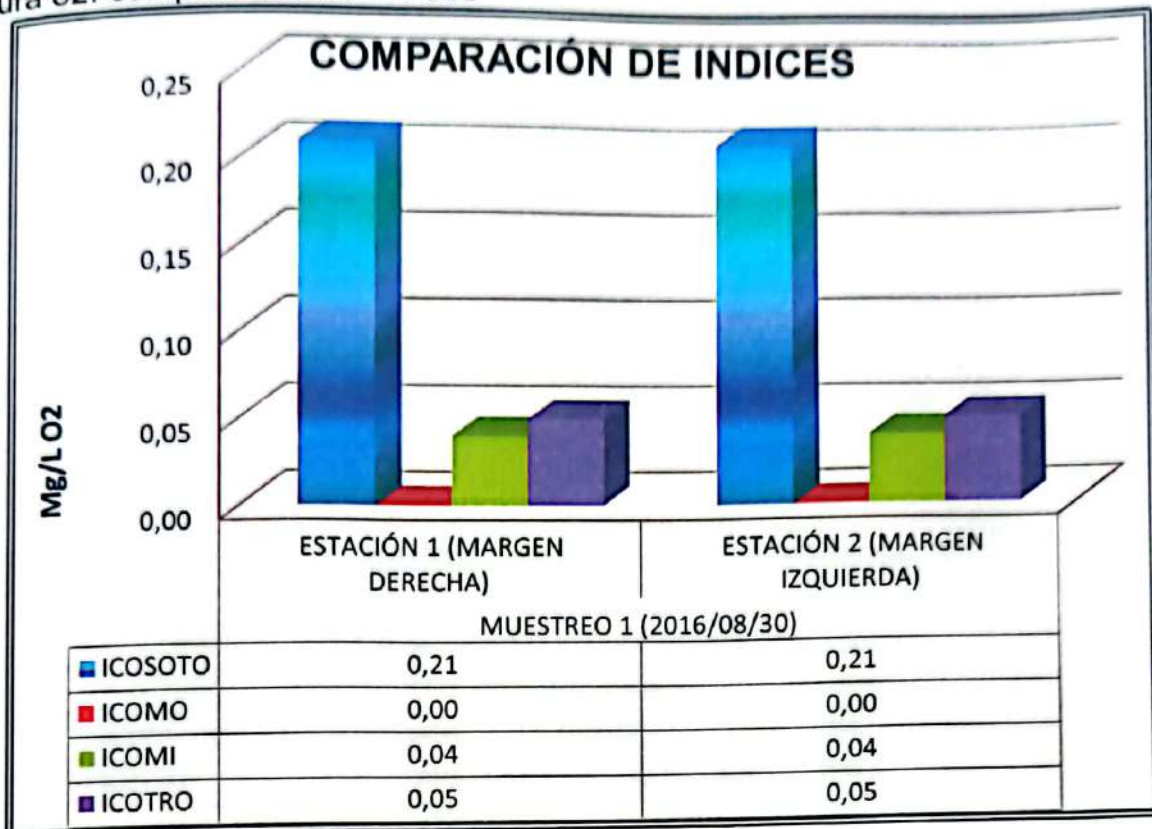


Fuente. Elaboración propia

Análisis. En la comparación de los índices, se puede observar en la (Figura 33) que el índice de ICOSOTO, ICOMO, ICOMI; son iguales para las dos estaciones del muestreo 1, el único valor que sobre paso fue en el índice de ICOTRO que fue de 4,28 lo que expresa que la clasificación según su rango es Hipereutrofia. Pero dado el caso que haciendo la comparación entre el muestreo 1 y muestreo 2 no presenta ningún tipo de relación para ninguna estación se puede decir que hay un error a la hora de digitar el dato por el laboratorio.

Resumen de los Índices para el muestreo 2.

Figura 32. comparación de Indices

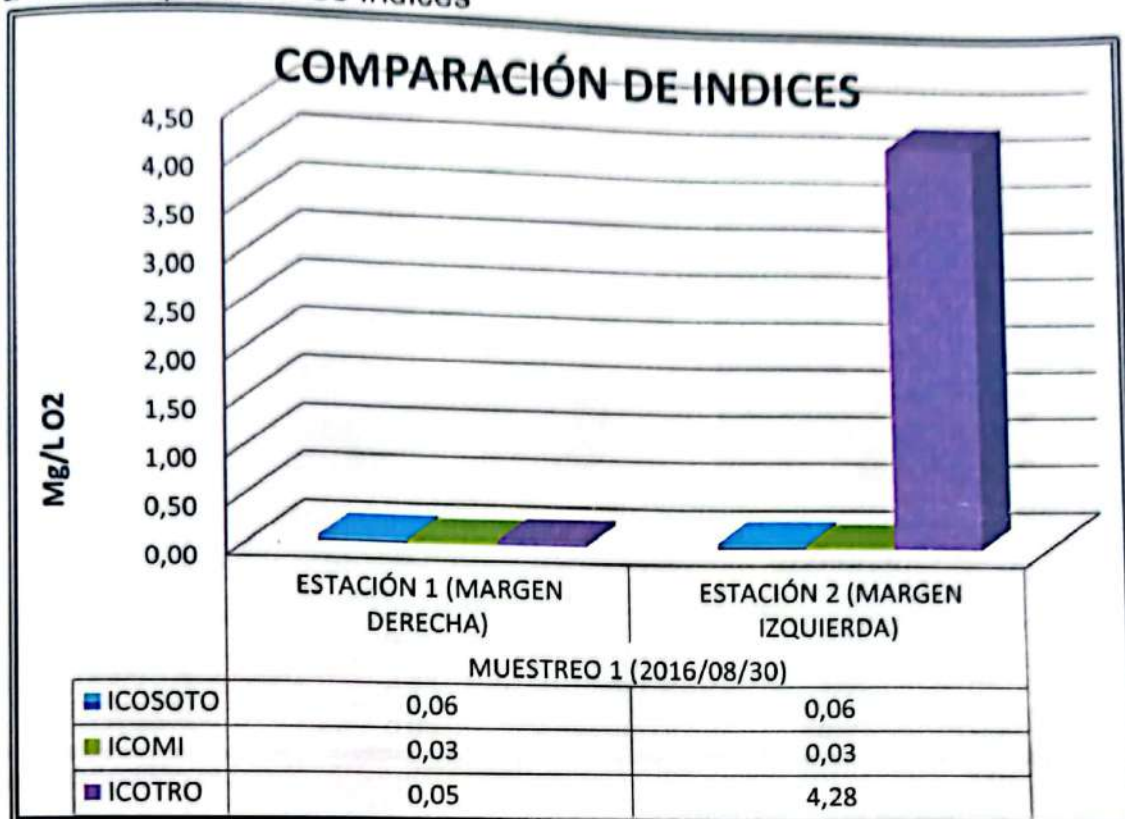


Fuente. Elaboración propia

En el muestreo 2. de las dos estaciones margen derecha y margen izquierda los índices de contaminación son iguales.

El índice mas alto es el ICOSOTO seguido del índice ICOMO, luego el índice ICOMI y por ultimo el índice mas bajo que es ICOTRO; a diferencia del muestreo 1 de la estación dos.

Figura 33. Comparacion de Indices

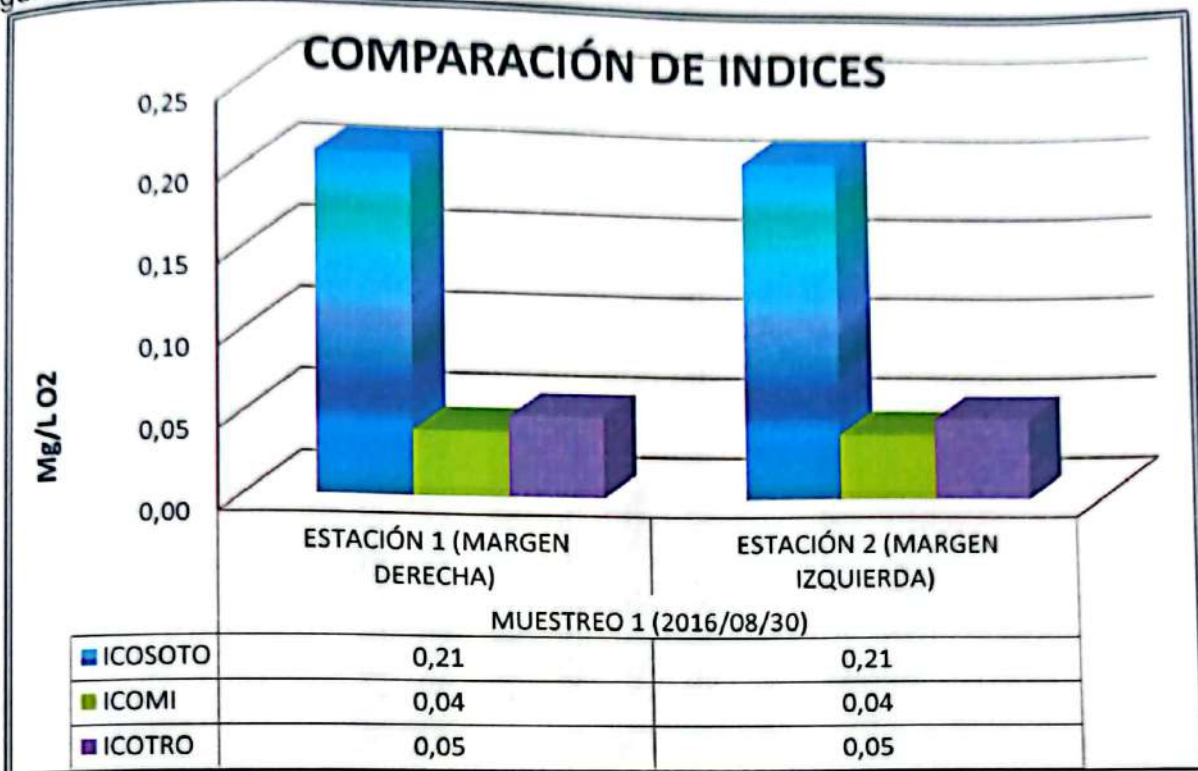


Fuente. Elaboración propia

Análisis. En la comparación de los índices, se puede observar en la (Figura 35) que el índice de ICOSOTO, ICOMO, ICOMI; son iguales para las dos estaciones del muestreo 1, el único valor que sobre paso fue en el índice de ICOTRO que fue de 4,28 lo que expresa que la clasificación según su rango es Hipereutrofia. Pero dado el caso que haciendo la comparación entre el muestreo 1 y muestreo 2 no presenta ningún tipo de relacion para ninguna estación se puede decir que hay un error a la hora de digitar el dato por el laboratorio

Resumen de los Índices para el muestreo 2.

Figura 34. comparación de Indices



Fuente. Elaboración propia

En el muestreo 2. de las dos estaciones margen derecha y margen izquierda los índices de contaminación son iguales.

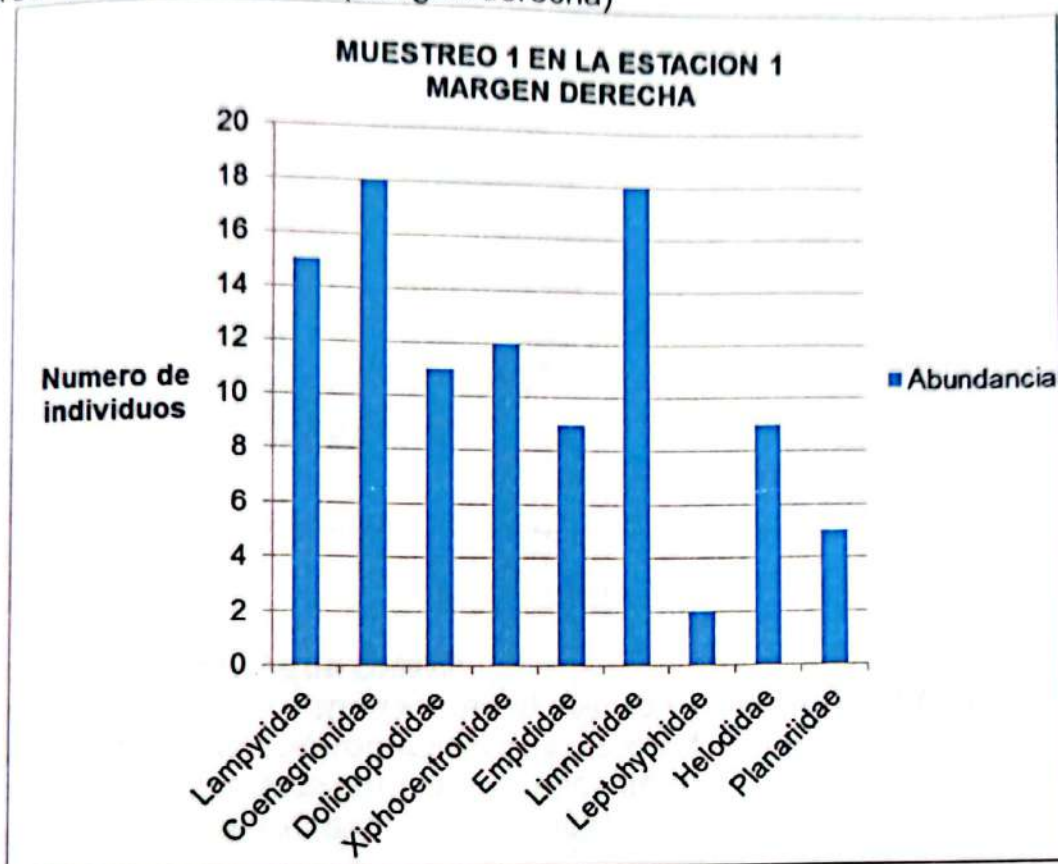
El índice mas alto es el ICOSOTO lo que indica que el resultado de índice de contaminación por solidos totales fue mas relevante a diferencia de los demas, seguido del índice ICOMO, luego el índice ICOMI lo cual se evidencia que el índice de contaminación por mineralización es bajo y por ultimo el índice bajo que es ICOTRO índice de contaminación trofica; con resultado muy similar a los valores de ICOMI a diferencia del muestreo 1 de la estación dos.

8.5.2. Parametros Hidrobiologicos

Muestreo 1, estación 1, margen derecha

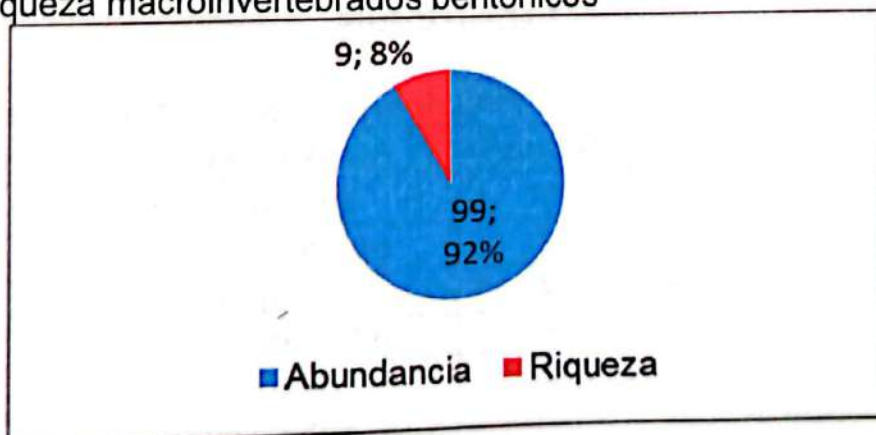
La abundancia relativa de las órdenes registradas en el muestreo 1, estación 1, margen derecha se muestra en la siguiente gráfica, donde se observa que las familias coenagrionidae y limnichidae son las mas dominantes.

Figura 35. Distribución de macroinvertebrados bentónicos a nivel de familia, muestreo 1 en la estación 1 (margen derecha)



Fuente. Elaboración propia

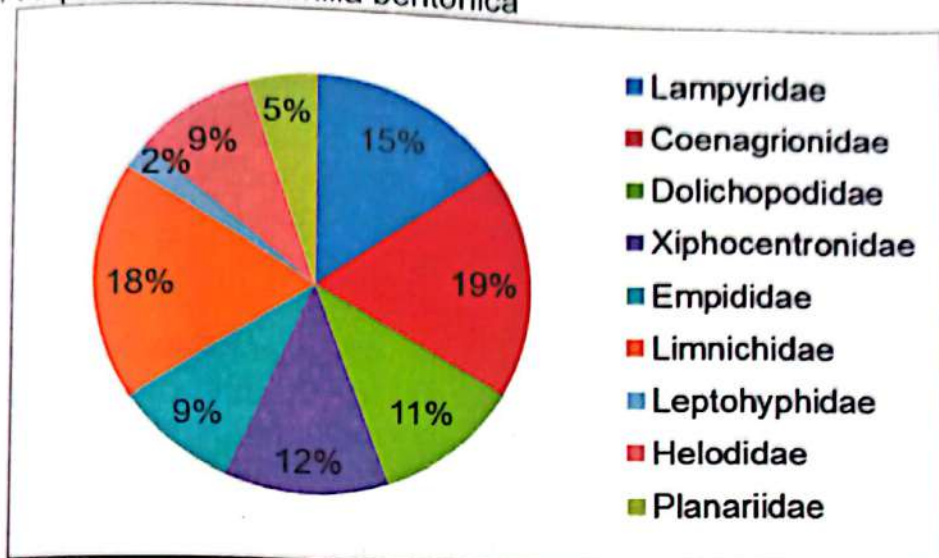
Figura 36. Riqueza macroinvertebrados bentónicos



Fuente. Elaboración propia

La composición y estructura de los macroinvertebrados bentónicos a nivel de Familia muestra que la familia Coenagrionidae presenta el mayor porcentaje con el 19%, seguido de Limnichidae con el 18%, Lampyridae con el 15%, Xiphocentronidae con el 12%, Dolichopodidae con el 11%, Empididae y Helodidae con el 9%, seguido de Planariidae y Leptohypidae con el 5% y 2% respectivamente; como se observa en la siguiente gráfica.

Figura 37. Riqueza a nivel familia bentónica



Fuente. Elaboración propia

Índice de Calidad del Agua BMWP

De acuerdo, al resultado reportado en el cálculo del índice BMWP, en la estación analizada donde se obtuvieron resultados las condiciones del agua de acuerdo a las familias de macroinvertebrados encontradas indican que son "aguas moderadamente contaminadas" como se observa en el siguiente cuadro:

Tabla 26. Clasificación tipo de agua BMWP COL

MUESTREO 1			BMWPCOL	54	AGUAS MODERADAMENTE CONTAMINADAS
Estacion 1, margen derecha m1					
Numero	familia	Puntaje			
1	Lampyridae	10			
2	Coenagrionidae	7			
3	Dolichopodidae	4			
4	Xiphocentronidae	9			
5	Empididae	4			
6	Limnichidae	6			
7	Leptohyphidae	7			
8	Helodidae	0			
9	Planariidae	7			
TOTAL		54			

Fuente. Elaboración propia

Tabla 27. Valores del Índice BMWP de macroinvertebrados bentónicos

Punto de Muestreo	RANGO	CALIDAD	CARACTERISTICA
Muestreo 1, margen derecha, estación 1	54	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas

Fuente. Elaboración propia

Índice de Calidad de Agua ASTP

Respecto a la tolerancia media de la comunidad indica que en el área escogida de la cuenca del Río Rumiayaco, muestreo 1, margen derecha, estación 1 se presenta calidad dudosa con características de agua moderadamente contaminadas.

Tabla 28. Clasificación tipo de agua ASTP

MUESTREO 1			ASTP	6	AGUAS MODERADAMENTE CONTAMINADAS
Estacion 1, margen derecha m1					
Numero	familia	Puntaje			
1	Lampyridae	10			
2	Coenagrionidae	7			
3	Dolichopodidae	4			
4	Xiphocentronidae	9			
5	Empididae	4			
6	Limnichidae	6			
7	Leptohyphidae	7			
8	Helodidae	0			
9	Planariidae	7			
TOTAL		54			

Fuente. Elaboración propia

Tabla 29. Valores del Índice ASTP de macroinvertebrados bentónicos

Punto de Muestreo	RANGO	CALIDAD	CARACTERISTICA
Muestreo 1, margen derecha, estación 1	6	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas

Fuente. Elaboración propia

Ecología de los géneros de macroinvertebrados bentónicos

A continuación se registran las ecologías de las familias de macroinvertebrados

bentónicos que presentaron mayor abundancia o diversidad en el muestreo 1, estación 1 (margen derecha). (Ver Tabla 30)

Tabla 30. Ecología de macroinvertebrados bentónicos encontradas en el muestreo 1, estación 1 margen derecha.

Orden	Familia	Características
Coleóptera	Lampyridae	Las zonas más abundantes en estos organismos son las aguas someras en donde la velocidad de la corriente no es fuerte, son indicadores de aguas limpias, con concentraciones de oxígeno alta y temperaturas medias (Roldán, 1988).
Odonata	Coenagrionidae	Se encuentran en ecosistemas lénticos con vegetación indicadores: Aguas oligomesotrófica (Garrison et al 2006 citado por Roldan, 1980-1985).
Diptera	Dolichopodidae	Generalmente se encuentran en aguas lentas en áreas marginales, adheridos a la vegetación (indicadores de agua Oligomesotróficas) (Roldan 1988).
Trichoptera	Xiphocentronidae	Habitan en aguas corrientes, de fondo pedregoso, bien oxigenadas: indicadores de aguas oligotróficas.
Dipteros	Empididae	Permanecen en corrientes lentas en áreas marginales adheridos a la vegetación. Indicadores de aguas oligotróficas.
Coleoptera	Limnichidae	Habitan en ecosistemas acuáticos lóticos de corrientes moderadas, asociados a material vegetal en descomposición Por lo general son detritívoros y se alimentan también de material vegetal en descomposición. Indicadores de aguas oligotróficas.

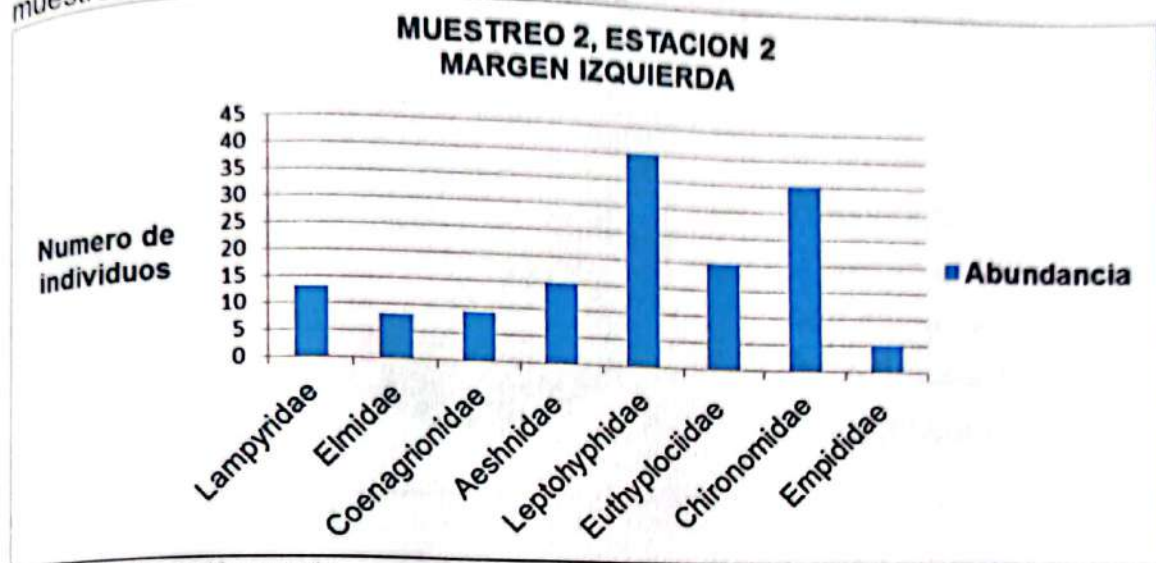
Orden	Familia	Características
Ephemeroptera	Leptohyphidae	Las ninfas pueden ser encontradas en troncos sumergidos, rocas, algas filamentosas, vegetación semisumergida o plantas acuáticas. Generalmente toleran muy bien ríos con gran cantidad de material en suspensión y con alguna carga de desechos orgánicos antropicos (Zúñiga et al,2003).
Sin confirmar	Helodidae	Las larvas se encuentran en ecosistemas lenticos. Los adultos se encuentran en la vegetación ribereña, son terrestres. Generalmente se alimentan de material vegetal en descomposición: son detritívoros y herbívoros.
Tricladida	Planariidae	Viven en aguas poco profundas, tanto corrientosas como estancadas, debajo de piedras, troncos, ramas, hojas y sustratos similares, en ambientes acuáticos bien oxigenados, pero algunas especies pueden resistir cierto grado de contaminación.

Fuente. Elaboración propia

Muestreo 1, estación 2, margen izquierda

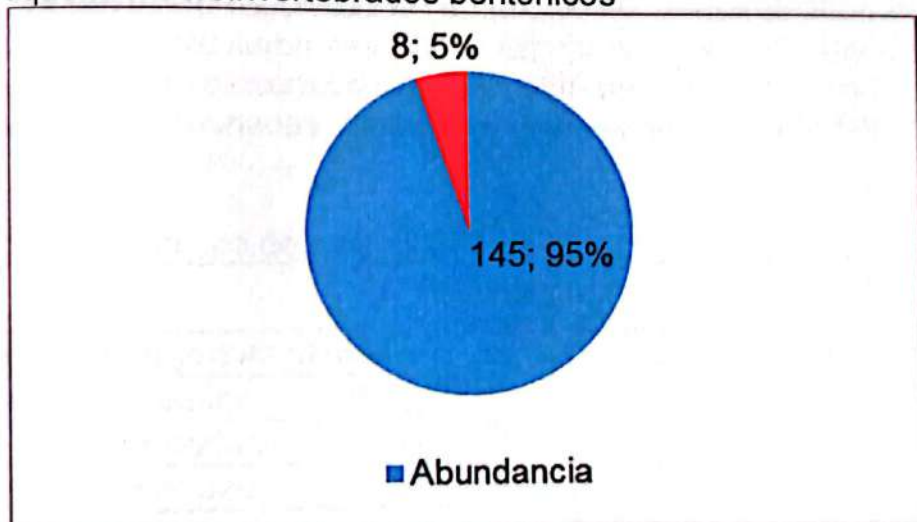
La abundancia relativa de las familias registradas en el muestreo 1, estación 2, margen izquierda se muestra en la siguiente gráfica, donde se observa que la familia Leptohyphidae es la más dominante.

Figura 38. Distribución de macroinvertebrados bentónicos a nivel de familia, muestreo 1, margen izquierda, estación 2



Fuente. Elaboración propia

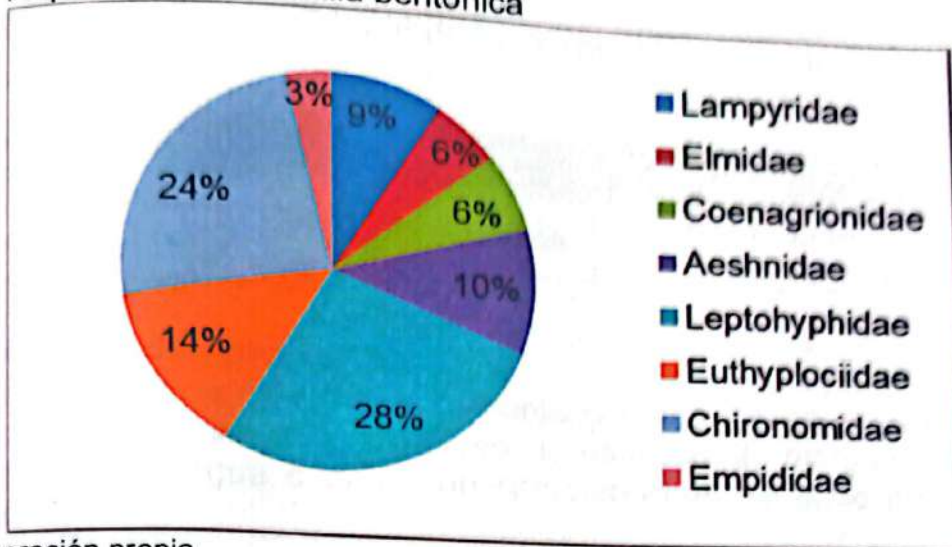
Figura 39. Riqueza macroinvertebrados bentónicos



Fuente. Elaboración propia

La composición y estructura de los macroinvertebrados bentónicos a nivel de Familia muestra que la familia Leptohyphidae presenta el mayor porcentaje con el 28%, seguido de Chironomidae con el 24%, Euthyplociidae con el 14%, Aeshnidae con el 10%, Lampyridae con el 9%, Elmidae y Coenagrionidae con el 6%, y Empididae con el 3%; como se observa en la siguiente (Figura 41)

Figura 40. Riqueza a nivel familia bentónica



Fuente. Elaboración propia

Índice de Calidad del Agua BMWP

De acuerdo, al resultado reportado en el cálculo del índice BMWP, en la estación analizada donde se obtuvieron resultados las condiciones del agua de acuerdo a las familias de macroinvertebrados encontradas indican que son "aguas moderadamente contaminadas" como se observa en el siguiente cuadro. (Ver Tabla 31).

Tabla 31. Clasificación tipo de agua BMWP COL

MUESTREO 1					
Estacion 2, margen izquierda m1			BMWPCOL	51	AGUAS MODERADAMENTE CONTAMINADAS
Numero	Familia	Puntaje			
1	Lampyridae	10			
2	Elmidae	6			
3	Coenagrionidae	7			
4	Aeshnidae	6			
5	Leptohyphidae	7			
6	Euthyplociidae	9			
7	Chironomidae	2			
8	Empididae	4			
TOTAL			51		

Fuente. Elaboración propia

Tabla 32. Valores del Índice BMWP de macroinvertebrados bentónicos

Punto de Muestreo	RANGO	CALIDAD	CARACTERISTICA
Muestreo 1, margen izquierda, estación 2	51	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas

Fuente. Elaboración propia

Índice de Calidad de Agua ASTP

Respecto a la tolerancia media de la comunidad indica que en el área escogida en la cuenca del Rio Rumiayaco, muestreo 1, estación 2, margen izquierda se presenta calidad de agua dudosa con características de agua moderadamente contaminadas.

Tabla 33. Clasificación tipo de agua ASTP

MUESTREO 1					
Estacion 2, margen izquierda m1			ASTP	6,4	AGUAS MODERADAMENTE CONTAMINADAS
Numero	Familia	Puntaje			
1	Lamproyidae	10			
2	Elmidae	6			
3	Coenagrionidae	7			
4	Aeshnidae	6			
5	Leptohyphidae	7			
6	Euthyplociidae	9			
7	Chironomidae	2			
8	Empididae	4			
TOTAL		51			

Fuente. Elaboración propia

Tabla 34. Valores del Índice ASTP de macroinvertebrados bentónicos

Punto de Muestreo	RANGO	CALIDAD	CARACTERISTICA
Muestreo 1, margen izquierda, estación 2	6,4	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas

Fuente. Elaboración propia

Ecología de los géneros de macroinvertebrados bentónicos

A continuación se registran las ecologías de las familias de macroinvertebrados bentónicos que presentaron mayor abundancia o diversidad en el muestreo 1, estación 2 margen izquierda.

Tabla 35. ecologías de las familias de macroinvertebrados bentónicos que presentaron mayor abundancia o diversidad en el muestreo 1, estación 2 margen izquierda.

Orden	Familia	Características
Coleóptera	Lampyridae	Viven en aguas continentales lóxicas y lénticas, representadas en ríos, quebradas, riachuelos, charcas, lagunas, aguas temporales, embalses y represas. Las zonas más abundantes en estos organismos son las aguas someras en donde la velocidad de la corriente no es fuerte, aguas limpias, con concentraciones de oxígeno alta y temperaturas medias (Roldán, 1988).
Coleóptera	Elmidae	viven en aguas corrientes, con alto contenido de oxígeno, se encuentran en troncos y hojas en descomposición, grava, piedras, arena y vegetación sumergente y emergente. Indicadores de cuerpos de agua de buena calidad (Roldan, 1988).
Odonata	Coenagrionidae	Habitan en cuerpos de aguas estancados, con alta concentración de oxígeno, limpias y en buen estado, sin alteraciones tanto en la calidad como en el régimen natural de avenidas. (Rodríguez, 2009).
Odonata	Aeshnidae	se encuentran en aguas de poca corriente con abundante vegetación y resisten condiciones de alta salinidad y son indicadoras de aguas mesotróficas, claras. (Roldán, 1988).
Ephemeroptera	Euthyplociidae	Habitan en ríos y arroyos cristalinos, oxigenados y fríos, mantienen por encima y debajo de las piedras. Son indicadores de aguas limpias y bien oxigenadas (Naranjo et al. 2005).

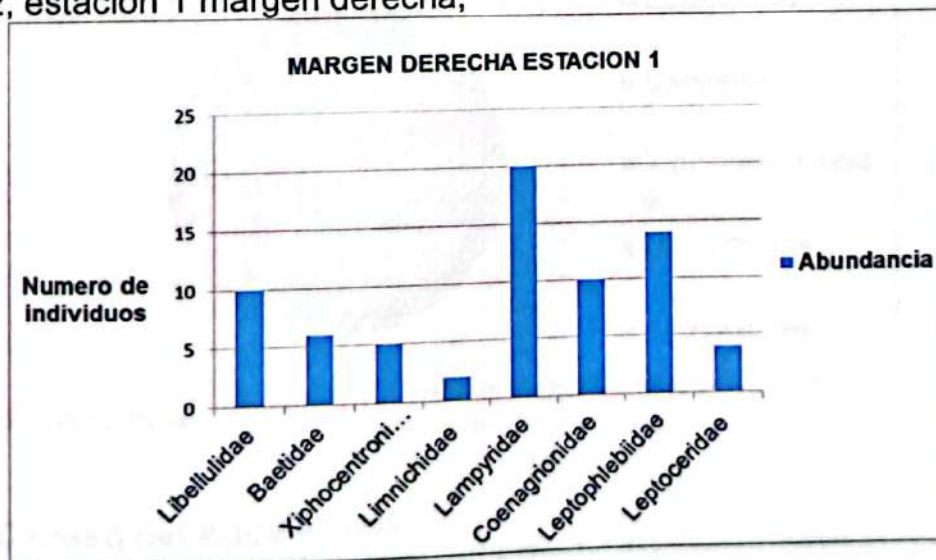
Orden	Familia	Características
Diptera	Chironomidae	Se encuentran presentes en una variedad de hábitats, que incluyen lagos, pantanos, agua salada, agujeros en troncos de árboles, charcas y ríos. Toleran bajas concentraciones de oxígeno disuelto y son indicadoras de aguas contaminadas. (Corantioquia, 2004).
Diptera	Empididae	Viven en corrientes lentas en áreas marginales adheridos a la vegetación, indicadores de agua mesoeutrófica con bajo nivel de oxígeno. (Roldan, 1998).

Fuente. Elaboración propia

3.1.2 Muestreo 2, estación 1, margen derecha

La abundancia relativa de las familias registradas en el muestreo 2, estación 1, margen derecha se muestra en la siguiente gráfica, donde se observa que la familia Lampyridae es la más dominante.

Figura 41. Distribución de macroinvertebrados bentónicos a nivel de familia, muestreo 2, estación 1 margen derecha,



Fuente. Elaboración propia

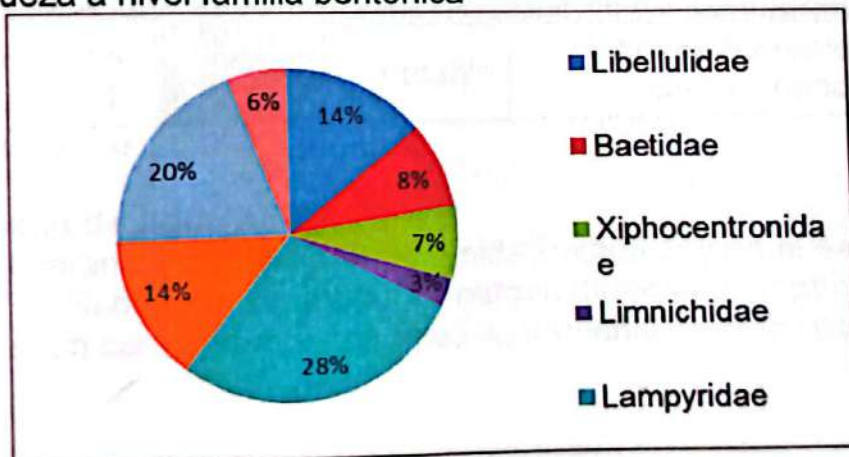
Figura 42. Riqueza macroinvertebrados bentónicos



Fuente. Elaboración propia

La composición y estructura de los macroinvertebrados bentónicos a nivel de Familia muestra que la familia Lampyridae presenta el mayor porcentaje con el 28%, seguido de Leptophlebiidae con el 20%, Coenagrionidae y Libellulidae con el 14%, Baetidae con el 8%, Xiphocentronidae con el 7%, Leptoceridae con el 6%, y Limnichidae con el 3%; como se observa en la siguiente gráfica.

Figura 43. Riqueza a nivel familia bentónica



Fuente. Elaboración propia

Índice de Calidad del Agua BMWP

De acuerdo, al resultado reportado en el cálculo del índice BMWP, en la estación analizada donde se obtuvieron resultados las condiciones del agua de acuerdo a las familias de macroinvertebrados encontradas indican que son "aguas ligeramente contaminadas" como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 36. Clasificación tipo de agua BMWP COL

MUESTREO 2					
Estacion 1, margen derecha m2			BMWPCOL	62	AGUAS LIGERAMENTE CONTAMINADAS
Numero	Familia	Puntaje			
1	Libellulidae	6			
2	Baetidae	7			
3	Xiphocentronidae	9			
4	Limnichidae	6			
5	Lampyridae	10			
6	Coenagrionidae	7			
7	Leptophlebiidae	9			
8	Leptoceridae	8			
TOTAL		62			

Fuente. Esta investigación

Tabla 37. Valores del Índice BMWP de macroinvertebrados bentónicos

Punto de Muestreo	RANGO	CALIDAD	CARACTERISTICA
Muestreo 2, margen derecha, estación 1	62	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas

Fuente. Elaboración propia

Índice de Calidad de Agua ASTP

Respecto a la tolerancia media de la comunidad indica que en el área escogida en la cuenca del Rio Rumiayaco, muestreo 2, margen derecha, estación 1 se presenta calidad dudosa con características de agua ligeramente contaminadas.

Tabla 38. Clasificación tipo de agua ASTP

MUESTREO 2					
Estacion 1, margen derecha m2			ASTP	7,8	AGUAS LIGERAMENTE CONTAMINADAS
Numero	Familia	Puntaje			
1	Libellulidae	6			
2	Baetidae	7			
3	Xiphocentronidae	9			
4	Limnichidae	6			
5	Lampyridae	10			
6	Coenagrionidae	7			
7	Leptophlebiidae	9			
8	Leptoceridae	8			
TOTAL		62			

Fuente. Elaboración propia

Tabla 39. Valores del Índice ASTP de macroinvertebrados bentónicos

Punto de Muestreo	RANGO	CALIDAD	CARACTERISTICA
Muestreo 2, margen derecha, estación 1	7,6	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas

Fuente. Elaboración propia

Ecología de los géneros de macroinvertebrados bentónicos

A continuación se registran las ecologías de las familias de macroinvertebrados bentónicos que presentaron mayor abundancia o diversidad en el muestreo 2, estación 1 margen derecha.

Tabla 40. ecologías de las familias de macroinvertebraados bentónicos que presentaron mayor abundancia o diversidad en el muestreo 2, estación 1 margen derecha.

Orden	Familia	Características
Odonata	Libellulidae	Ecosistemas lénticos, lénticas sobre vegetación.

Orden	Familia	Características
Ephemeroptera	Baetidae	Son buenos nadadores, Asociados a vegetación, aunque también se pueden hallar sobre piedras. (Zúñiga et al, 2003). Habitan preferentemente en sustratos pedregosos, aunque se encuentran en menor número en musgo pero siempre en corriente rápida.
Trichoptera	Xiphocentronidae	Aguas corrientes, de fondo pedregoso, bien oxigenadas: indicadores de aguas oligotróficas.
Coleóptera	Limnichidae	Ecosistemas acuáticos lóticos de corrientes moderadas, asociados a material vegetal en descomposición. Por lo general son detritívoros y se alimentan también de material vegetal en descomposición. Indicadores de aguas oligotróficas.
Coleoptera	Lampyridae	Ecosistemas lénticos, en zonas ribereñas, asociados a la vegetación. (Belle,1970 Citado por Roldán, 1980-1985).
Odonata	Coenagrionidae	Lénticos con vegetación indicadores: Aguas oligomesotrófica (Garrison et al 2006 citado por Roldan, 1980-1985).
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	Las ninfas habitan ríos y arroyos de corriente rápida y generalmente se encuentran en los paquetes de hojas o en la vegetación sumergida, aunque también es frecuente hallarlos bajo piedras (Zúñiga et al, 2003). Prefieren aguas con buen nivel de oxígeno disuelto y baja carga orgánica residual. (Zuñiga et al, 2003).
Trichoptera	Leptoceridae	Se encuentra en aguas lólicas limpias, de alta montaña, tanto en rocas donde hay mucha corriente como en remansos con vegetación (Posada y Roldán, 2003).

Fuente. Elaboración propia

Muestreo 2, estación 2, margen izquierda

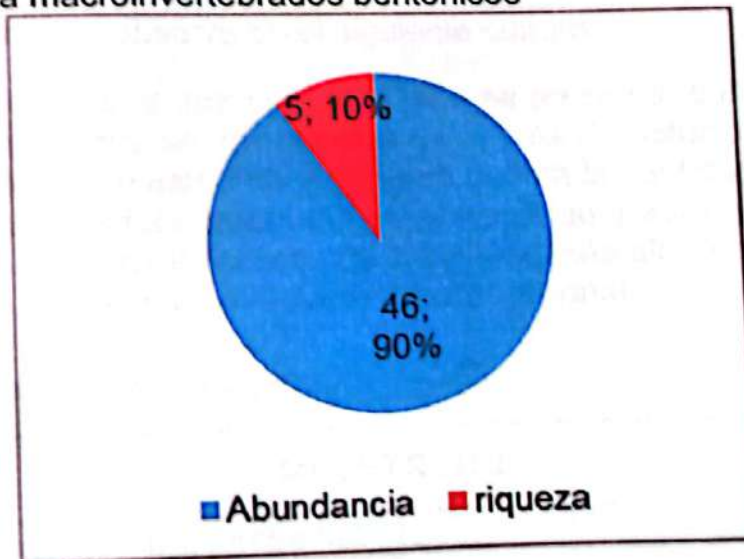
La abundancia relativa de las familias registradas en el muestreo 2, estación 2, margen izquierda se muestra en la siguiente gráfica, donde se observa que la familia Perlidae es la más dominante.

Figura 44. Distribución de macroinvertebrados bentónicos a nivel de familia, muestreo 2, estación 2 margen izquierda



Fuente. Elaboración propia

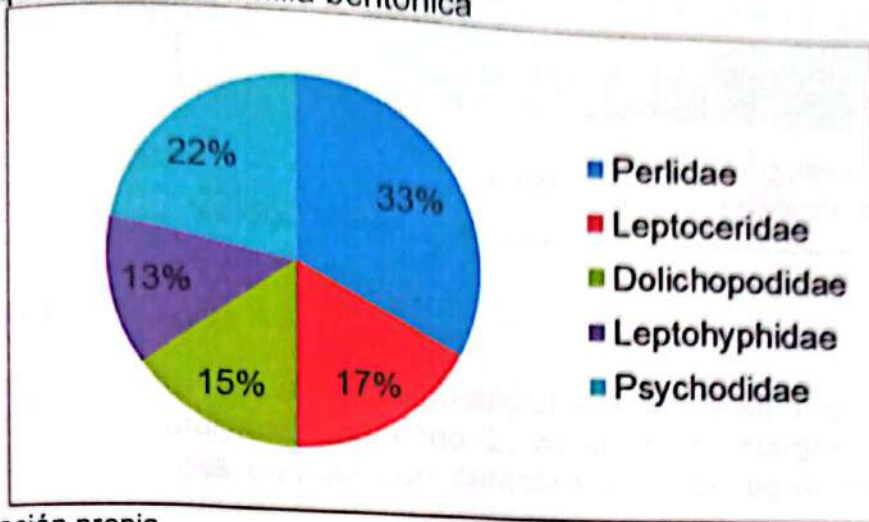
Figura 45. Riqueza macroinvertebrados bentónicos



Fuente. Elaboración propia

La composición y estructura de los macroinvertebrados bentónicos a nivel de Familia muestra que la familia Perlidae presenta el mayor porcentaje con el 33%, Familia muestra que la familia Perlidae con el 17%, Dolichopodidae seguido de Psychodidae con el 22%, Leptoceridae con el 15% y Leptohiphidae con el 13%; como se observa en la siguiente gráfica.

Figura 46. Riqueza a nivel familia bentónica



Fuente. Elaboración propia

Índice de Calidad del Agua BMWP

De acuerdo, al resultado reportado en el cálculo del índice BMWP, en la estación analizada donde se obtuvieron resultados las condiciones del agua de acuerdo a las familias de macroinvertebrados encontradas indican que son "aguas muy contaminadas" como se observa en el siguiente cuadro.

Se hace importante aclarar que este resultado se presenta, debido a que aunque la mayoría de familias que se encontraron en el área de estudio habitan en aguas limpias la metodología de este índice tiene en cuenta la cantidad de individuos, es decir entre menos individuos más bajo es el resultado y así mismo la calidad de agua es mala; y entre mayor número de individuos más alto resultado y la calidad de agua es buena, es decir es directamente proporcional.

Tabla 41. Clasificación tipo de agua BMWP COL

MUESTREO 2					
Estacion 2, margen izquierda m2			BMWPCOL	31	AGUAS MUY CONTAMINADAS
Numero	Familia	Puntaje			
1	Perlidae	10			
2	Leptoceridae	8			
3	Dolichopodidae	4			
4	Leptohyphidae	7			
5	Psychodidae	2			
TOTAL					

Fuente. Elaboración propia

Tabla 42. Valores del Índice BMWP de macroinvertebrados bentónicos

Punto de Muestreo	RANGO	CALIDAD	CARACTERISTICA
Muestreo 2, margen izquierda, estación 2	6,4	critica	Aguas muy contaminadas

Fuente. Elaboración propia

Índice de calidad de agua ASTP

Respecto a la tolerancia media de la comunidad indica que en el área escogida en la cuenca del Rio Rumiayaco, muestreo 2, estación 2, margen izquierda se presenta calidad de agua dudosa con características de agua moderadamente contaminadas.

Tabla 43. Clasificación tipo de agua ASTP

MUESTREO 2					
Estacion 2, margen izquierda m2			ASTP	6,2	AGUAS MODERADAMENTE CONTAMINADAS
Numero	Familia	Puntaje			
1	Perlidae	10			
2	Leptoceridae	8			
3	Dolichopodidae	4			
4	Leptohyphidae	7			
5	Psychodidae	2			
TOTAL			31		

Fuente. Elaboración propia

Tabla 44. Valores del Índice ASTP de macroinvertebrados bentónicos

Punto de Muestreo	RANGO	CALIDAD	CARACTERISTICA
Muestreo 2, margen izquierda, estación 2	6,4	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas

Fuente. Elaboración propia

Ecología de los géneros de macroinvertebrados bentónicos

A continuación se registran las ecologías de las familias de macroinvertebrados bentónicos que presentaron mayor abundancia o diversidad en el muestreo 2, margen derecha, estación 1.

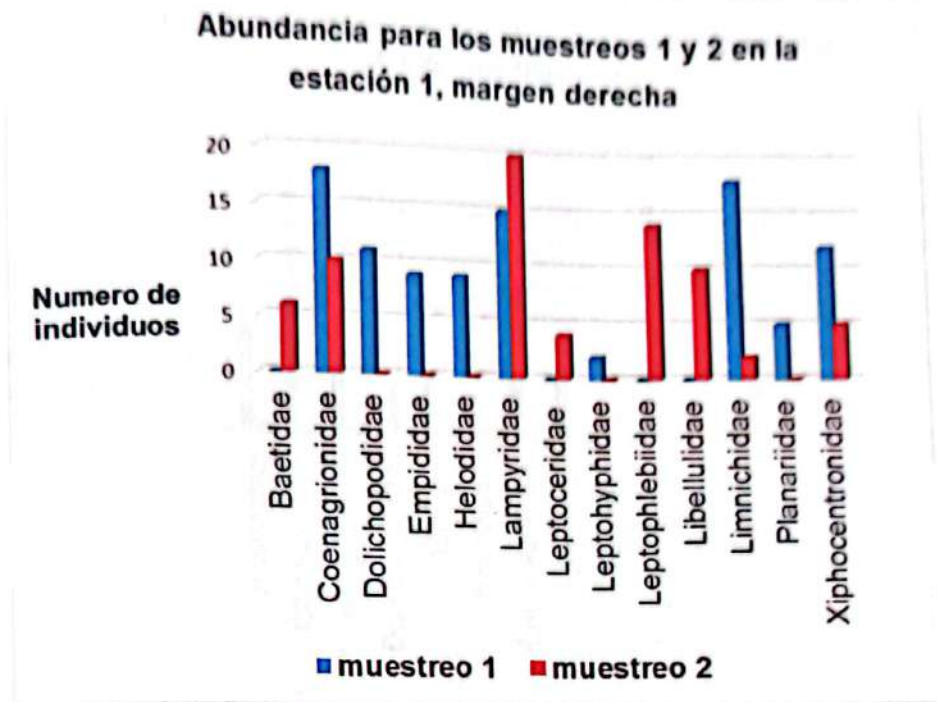
Tabla 45. ecologías de las familias de macroinvertebrados bentónicos que presentaron mayor abundancia o diversidad en el muestreo 2, margen derecha, estación 1.

Orden	Familia	Características
Plecoptera	Perlidae	Habitán aguas frías, limpias y corrientosas de ríos y quebradas (Baumann, 1987), y tienden a ubicarse en temperaturas de agua y tipos de sustrato específicos (Merrit y Cummins, 1996).
Trichoptera	Leptoceridae	Habitán en aguas lólicas limpias, de alta montaña, tanto en rocas donde hay mucha corriente como en remansos con vegetación (Posada y Roldán, 2003).
Diptera	Dolichopodidae	Habitán generalmente entre los márgenes de los sistemas lólicos y lénticos, entre detritus. Habitán márgenes lodosos de pozas y corrientes, playas arenosas húmedas, son indicadores de aguas moderadamente contaminadas. (Corantioquia, 2004).
Ephemeroptera	Leptohiphidae	Viven en aguas claras, bien oxigenadas con bajo contenido de carga orgánica de desecho y, por tal razón, se consideran indicadores de aguas de buena calidad. La mayoría pueden ser encontrados en troncos sumergidos, rocas, algas filamentosas, vegetación semisumergida o plantas acuáticas. (Zuñiga et al, 2003).
Lepidoptera	Psychodidae	Aguas lenticas, contaminadas y material orgánico en des-composición. Indicadores: aguas eutró-ficas. (Enderlein, 1937 citado por Roldan, 1980-1985).

Fuente. Elaboración propia

A continuación se presenta la relación entre los resultados de muestreos 1 y 2 de los análisis hidrobiológicos como Abundancia.

Figura 47. Relación abundancia para los muestreos 1 y 2 en la estación 1, margen derecha

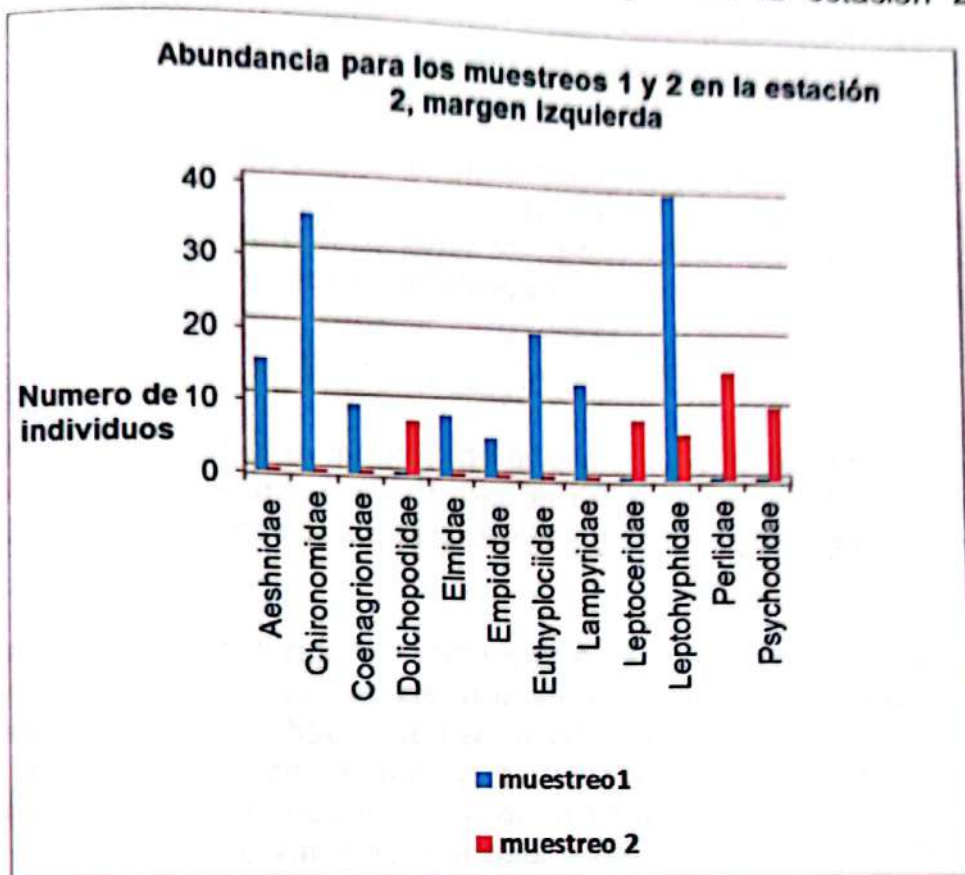


Fuente. Elaboración propia

En el muestreo 1, las familias coenagrionidae, Limnichidae y Xiphocentronidae (habitan aguas limpias y bien oxigenadas) presentan la mayor cantidad de individuos con respecto a las mismas familias en el muestreo 2; esto es debido a que durante el lapso de tiempo que fue 15 días entre el primer muestreo realizado en el mes de agosto y el segundo muestreo realizado en septiembre, existió presencia de contaminación orgánica o contaminación de algún tributario lo que provoco la ausencia del oxígeno en el agua.

Por el contrario en el muestreo 2 la familia lampyridae la cual habita en aguas limpias y bien oxigenadas prevaleció con mayor cantidad de individuos respecto a la misma familia en el muestreo 1 debido a que durante el transcurso de los días de una fecha de toma de muestras a la otra hubo presencia de lluvias y por ende aumento de caudal del agua por lo que la turbulencia y corriente son más fuertes, es por esto que gran cantidad de individuos de esta familia fueron arrastrados por la corriente desde donde se encontraban hasta llegar a esta zona donde se adaptaron, es decir encontraron las condiciones en el agua que pueden tolerar.

Figura 48. Abundancia para los muestreos 1 y 2 en la estación 2, margen izquierda



Fuente. Elaboración propia

En el muestreo 2, la familia Leptohyphidae (soporta carga de desechos orgánicos y material en suspensión) presenta menor cantidad de individuos respecto a la misma familia en el muestreo 1 debido a que hubo un lapso de tiempo de 15 días de un muestreo a otro en el cual parte de desechos orgánicos desaparecen y así mismo individuos, esto debido a la presencia de fuertes lluvias que existió, ocasionando que la corriente los arrastre.

A continuación se presenta el análisis cuantitativo de las comunidades macroinvertebrados bentónicos.

En el presente monitoreo analizamos la abundancia, riqueza y ecología de las comunidades encontradas como organismos bioindicadores en las fuentes superficiales analizadas.

Índice para medir la diversidad:

Usa tres componentes de la estructura de la comunidad a saber: riqueza, uniformidad y abundancia para describir la respuesta de la comunidad a la calidad ambiental. Una comunidad natural se caracteriza por tener una alta diversidad o riqueza y un bajo número de individuos por especie. Por el contrario una comunidad, bajo la presión de la contaminación, se caracteriza por poseer un bajo

número de especies, pero muchos individuos por especie. Esto lo provocan también condiciones naturales extremas. Basado en lo anterior, la diversidad de la comunidad, se toma como una medida de la calidad del agua del río.

Shanon weaber

Algunos índices de diversidad tienen en cuenta ambos aspectos, siendo uno de los más usados el índice de Shannon que contemplan no sólo un componente de riqueza sino también un componente de proporción de individuos entre las especies presentes. La expresión algebraica del índice de Shannon (H') es:

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i * (\log_2 P_i)$$

Donde $p_i = n_i / n$ siendo n_i el número de individuos de la especie i y n el número de individuos de la muestra. En esta expresión p_i representa la probabilidad de que un individuo de la especie i esté presente en la muestra, siendo la sumatoria igual a 1.

Este índice se representa normalmente como H' y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 1 y 5. Excepcionalmente puede haber ecosistemas con valores mayores (bosques tropicales, arrecifes de coral) o menores (algunas zonas desérticas). La mayor limitante de este índice es que no tiene en cuenta la distribución de las especies en el espacio aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos y superiores a 3 son altos. (Moreno, 2001).

La suposición del planteamiento de la diversidad es que los ambientes no alterados se caracterizan por tener una alta diversidad o riqueza, una distribución uniforme de individuos entre las especies y una moderada a alta cantidad de individuos. En ambientes contaminados con desechos orgánicos degradables, la comunidad generalmente responde con un descenso de la diversidad con pérdida de organismos sensibles, aumento en la abundancia de los organismos tolerantes las cuales ahora tienen una fuente enriquecida de alimentos, y por supuesto un descenso de la equitatividad. En contraste, la respuesta a tóxicos no degradables o polución acida, se traduce en un descenso tanto de la diversidad como de la abundancia así como en la eliminación de organismos sensibles, además que no hay fuentes adicionales de alimento para las formas tolerantes (Metcalf, 1989).

A continuación se muestran los cálculos y resultados de la aplicación de este índice para los diferentes muestreos en las distintas estaciones y cada margen.

Tabla 46. Calculo del índice de Shanon muestra 1, estación 1, margen derecha

MUESTRA 1				
Estacion 1. Margen Derecha. Muestra 1 Agosto.				
Nombre científico	ni	pi	log 2 pi	pi*(log2pi)
Cratomorphus hoffmannae Sp.	15	0,1515	-2,7225	-0,4125
Acanthagrion Selys 1876	18	0,1818	-2,4594	-0,4472
Dixidae Hercostomus discriminatus	11	0,1111	-3,1699	-0,3522
Xiphocentron	12	0,1212	-3,0444	-0,3690
Empis livida	9	0,0909	-3,4594	-0,3145
Eulimnichus Casey 1889	18	0,1818	-2,4594	-0,4472
Tricorythodes	2	0,0202	-5,6294	-0,1137
Elodes Sp.	9	0,0909	-3,4594	-0,3145
Dugestia trigena	5	0,0505	-4,3074	-0,2175
n	99		Σ	-2,9883
			H'	2,9883

Fuente. Elaboración propia

Tabla 47. Calculo del índice de Shanon muestra 1, estación 2, margen izquierda

Estacion 2. Margen Izquierda. Muestra 1 Agosto.				
Nombre científico	ni	pi	log 2 pi	pi*(log2pi)
Cratomorphus hoffmannae Sp.	13	0,0897	-3,4795	-0,3120
Elmidae	8	0,0552	-4,1799	-0,2306
Acanthagrion Selys 1876	9	0,0621	-4,0100	-0,2489
Aeshna cyanea	15	0,1034	-3,2730	-0,3386
LEPTOHYPHES Eaton, 1882	40	0,2759	-1,8580	-0,5125
Tricorythodes Euthyplocia hecuba	20	0,1379	-2,8580	-0,3942
Chironomus zealandicus Sp.	35	0,2414	-2,0506	-0,4950
Empis livida	5	0,0345	-4,8580	-0,1675
n	145		Σ	-2,6993
			H'	2,6993

Fuente. Elaboración propia

Tabla 48. Calculo del indice de Shanon muestra 2, estación 1, margen derecha

MUESTRA 2				
Estacion 1. Margen Derecha. Muestra 2 Septiembre.				
Nombre científico	ni	pi	log 2 pi	pi*(log2pi)
Macrothemis Casey 1889	10	0,1408	-2,8278	-0,3983
Baetis inops	6	0,0845	-3,5648	-0,3012
Xiphocentron	5	0,0704	-3,8278	-0,2696
Eulimnichus	2	0,0282	-5,1497	-0,1451
Cratomorphus hoffmannae Sp.	20	0,2817	-1,8278	-0,5149
Acanthagrion Selys 1876	10	0,1408	-2,8278	-0,3983
Thraulodes	14	0,1972	-2,3424	-0,4619
Oecetis	4	0,0563	-4,1497	-0,2338
n	71		Σ	-2,7230
Fuente. Elaboración propia			H'	2,7230

Tabla 49. Calculo del índice de Shanon muestra 2, estación 1, margen izquierda

Estacion 2. Margen Izquierda. Muestra 2 Septiembre.				
Nombre científico	ni	pi	log 2 pi	pi*(log2pi)
Anacroneuria Sp.	15	0,3261	-1,6167	-0,5272
Atanatolica	8	0,1739	-2,5236	-0,4389
Dixidae Hercostomus discriminatus	7	0,1522	-2,7162	-0,4133
LEPTOHYPHES Eaton, 1882	6	0,1304	-2,9386	-0,3833
Clognia Enderlein 1937	10	0,2174	-2,2016	-0,4786
n	46		Σ	-2,2413
			H'	2,2413

Fuente. Elaboración propia

Analisis. El índice de Shannon en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 1 y 5. Excepcionalmente puede haber ecosistemas con valores mayores (bosques tropicales, arrecifes de coral) o menores (algunas zonas desérticas). La mayor limitante de este índice es que no tiene en cuenta la distribución de las especies en el espacio aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos y superiores a 3 son altos. (Moreno, 2001).

Por lo anterior se hace importante considerar que el valor del Índice de Shannon en los dos muestreos (4 estaciones, margen derecha e izquierda) es considerado medio (diversidad media), debido a que se encuentra en el rango de inferior a 3 pero no por debajo de dos, entonces según la suposición del planteamiento de diversidad y los resultados que se obtuvo corresponde a ambientes medianamente contaminados; es decir, este índice asocia la cantidad de biodiversidad con la columna de agua, si existe una baja biodiversidad se relaciona a un ecosistema que presenta algún grado de impacto y si presenta alta biodiversidad se relaciona con un ecosistema en equilibrio; es por esto que se dice que el resultado que arroja este índice está tendiendo a más alto que a bajo, es decir está en un rango medio, por lo tanto se interpreta que no presenta grado de contaminación pero tampoco un ecosistema en equilibrio.

8.6. Correlación entre Físicoquímicos e Hidrobiológicos

La correlación de parámetros físicoquímicos con hidrobiológicos (macroinvertebrados bentónicos) posee gran importancia en la determinación de la calidad de agua en cuanto a las condiciones que estos presentan, es decir el agua pasa y el tiempo sigue presentando las mismas características.

Esta correlación se basa principalmente en determinar la calidad de agua de cada variable (parámetros físicoquímicos y macroinvertebrados bentónicos) y hacer una respectiva comparación entre sí, lo que da como resultado una gran similitud, y es ahí donde se presenta la relación entre estas dos variables.

Muestreo 1 Estación 1 margen derecha

Tabla 50. características para el muestreo 1 de la estación 1
comparación de características

PARAMETROS FÍSICOQUÍMICOS	HIDROBIOLÓGICOS
Los sólidos totales que se obtuvieron fueron bajos, pH básicos, alcalinidad bajas, oxígeno disuelto alto, DBO bajos, conductividad bajo.	se encontró un total de 9 familias, de las cuales 4 familias son las más representativas o abundantes: coenagrionidae 18%, limnichidae 18,2%, lampiridae 15%, xiphocentronidae 12,1%. y suman una abundancia total de 63,6%.
CALIDAD: Oligotrófica.	CALIDAD: Oligomesotrófica.

Fuente. Elaboración propia

Según el análisis de resultados de los parámetros fisicoquímicos la calidad de agua que se encontró fue buena, debido a que presenta características de ser aguas dulces, blandas, provenientes de alta montaña presentando valores bajos en los parámetros de oxígeno, dureza, alcalinidad, pH, coliformes totales, siendo estos los más importantes para la clasificación de una agua oligotrófica los cuales se encuentran dentro del rango establecido según la normatividad vigente; y según el análisis de macroinvertebrados en la misma estación la calidad de agua encontrada fue oligomesotrófica teniendo en cuenta que para esta estación se encontró un total de 9 familias siendo las más abundantes coenagrionidae, limnichidae, lampirydae y xiphocentronidae, las cuales suman una abundancia de 63,6% y son indicadoras de calidad de agua buena.

Es evidente que en la tabla indica que el 63,6% de las familias de macroinvertebrados encontradas viven en agua Oligomesotrofica, es decir, aguas medianamente limpias. Estas familias superan la mitad del 100%, y de esta forma se demuestra esta calidad de agua; y el análisis de la calidad de agua fisicoquímica representa aguas oligotróficas, es decir limpias. Es por esto que se puede decir que la calidad de agua con las dos variables (parámetros fisicoquímicos y macroinvertebrados bentónicos) tomadas en el mismo sitio y tiempo arroja un resultado similar lo cual determina que la calidad de agua se encuentra en relación de acuerdo a sus condiciones. (Ver Tabla 50)

Muestreo 1

Estacion 2 margen izquierda

Tabla 51. Características para el muestreo 1 de la estación 2

características para el muestreo 1 de la estación 2	
COMPARACIÓN DE CARACTERÍSTICAS	
PARAMETROS FISICOQUIMICOS	HIDROBIOLOGICOS
Los sólidos totales que se obtuvieron fueron bajos, pH básicos, alcalinidad bajas, oxígeno disuelto alto, DBO bajos, conductividad bajo, hubo un aumento en el fosforo.	se encontro un total de 8 familias presentando mas abundancia 3 de estas: Leptohyphidae 27,6%, Euthyplociidae 13,8%, Aeshnidae 10,3% y Lampirydae 9,0% sumando una abundancia de 60,7%.
CALIDAD: oligotrofica	CALIDAD: Oligomesotrofica.

Fuente. Elaboración propia

La calidad de agua que se presenta en esta estación según el análisis fisicoquímico fue la misma que la de la estación 1, presentando igualmente valores bajos en los parámetros más importantes para la clasificación del tipo de agua, y por ende encontrándose dentro del rango de la normatividad vigente; la diferencia

es que aquí existe un aumento en el fosforo, todo esto indica igualmente que la calidad de agua es buena; y según el análisis de macroinvertebrados la calidad de agua que arrojó en esta estación también coincide con la misma que la de la estación 1, sin embargo indica diferentes familias entre las que se encontró un total de 8 familias presentando mas abundancia Leptohyphidae, Euthyplociidae y Aeshnidae, las cuales suman el 75%, indicadoras de buena calidad de agua.

Es evidente que en la tabla indica que el 60,7% de las familias de macroinvertebrados encontradas viven en agua Oligomesotrofica, es decir, aguas medianamente limpias. Estas familias superan la mitad del 100%, y de esta forma se demuestra esta calidad de agua; y el análisis de la calidad de agua fisicoquímica representa aguas oligotróficas, es decir limpias. Es por esto que se puede decir que la calidad de agua con las dos variables (parámetros fisicoquímicos y macroinvertebrados bentónicos) tomadas en el mismo sitio y tiempo arroja un resultado similar lo cual determina que la calidad de agua se encuentra en relación de acuerdo a sus condiciones. (Ver Tabla 51)

Muestreo 2

Estacion 1 margen derecha

Tabla 52. Características para el muestreo 2 de la estación 1

características para el muestreo 2 de la estación 1	
COMPARACIÓN DE CARACTERÍSTICAS	
PARAMETROS FISICOQUIMICOS	HIDROBIOLOGICOS
Los sólidos totales que se obtuvieron fueron bajos, pH básicos, alcalinidad bajas, oxígeno disuelto alto, DBO bajos, conductividad bajo, coliformes totales bajos.	En esta estación se encontró un total de 8 familias de las cuales 5 de estas presentan mayor abundancia: Lampyridae 28,2%, Leptophlebiidae 19,7%, Baetidae 8,5%, Xiphocentronidae 7,0% y Leptoceridae 5,6% sumando una abundancia de 69,0%.
CALIDAD: oligotrófica	CALIDAD: oligotrófica.

Fuente. Elaboración propia

Según el análisis de resultados de los parámetros fisicoquímicos la calidad de agua que presenta es Oligotrófica, debido a que presenta características de valores bajos en cuanto a los parámetros, es baja en nutrientes y baja en productividad primaria, presenta la misma calidad de agua que en las estaciones anteriores; y según el análisis de macroinvertebrados en la misma estación la calidad de agua presentada es Oligotrofica, es decir buena con baja productividad

primaria y bajos nutrientes, y presentan alta claridad, se encontró un total de 8 familias de las cuales 5 presentan mayor abundancia: Lampyridae, Leptophlebiidae, Baetidae, Xiphocentronidae y Leptoceridae sumando una abundancia de 69,0% indicando buena calidad de agua.

Es evidente que en la tabla indica que el 69,0% de las familias de macroinvertebrados encontradas viven en agua Oligotrofica, es decir, aguas limpias. Estas familias superan la mitad del 100%, y de esta forma se demuestra esta calidad de agua; y el análisis de la calidad de agua fisicoquímica representa aguas oligotróficas, es decir limpias. Es por esto que se puede decir que la calidad de agua con las dos variables (parámetros fisicoquímicos y macroinvertebrados bentónicos) tomadas en el mismo sitio y tiempo arroja un mismo resultado lo cual determina que la calidad de agua es la misma y se encuentra en total relación de acuerdo a sus condiciones. (Ver Tabla 52).

Muestreo 2

Estacion 2 margen izquierda

Tabla 53. características para el muestreo 2 de la estacion 2

características para el muestreo 2 de la estación 2	
COMPARACIÓN DE CARACTERÍSTICAS	
PARAMETROS FISICOQUIMICOS	HIDROBIOLOGICOS
Los sólidos totales que se obtuvieron fueron bajos, pH básicos, alcalinidad bajas, oxígeno disuelto alto, DBO bajos, conductividad bajo, coliformes totales bajos.	Se encontró un total de 5 familias de las cuales x presentan mayor abundancia: Perlidae 32,61%, Leptoceridae 17,39%, Leptohyphidae 13,04%, sumando así un 63,04%.
CALIDAD: oligotrófica	CALIDAD: Oligomesotrofica.

Fuente. Elaboración propia

Según el análisis de resultados de los parámetros fisicoquímicos la calidad de agua que se encontró fue buena, debido a que presenta bajo contenido en nutrientes, baja en productividad primaria y presentando valores bajos en los parámetros más importantes para definir la calidad de agua, los cuales se encuentran dentro del rango establecido según la normatividad vigente, debido a esto la calidad de agua presentada fue agua oligotrófica; y según el análisis de macroinvertebrados en la misma estación la calidad de agua encontrada fue oligomesotrófica teniendo en cuenta que para esta estación se encontró un total de 5 familias siendo las más abundantes Perlidae, Leptoceridae y Leptohyphidae sumando así un 63,04%. Lo que indica agua medianamente limpia.

Es evidente que en la tabla se indica que el 63,04% de las familias de macroinvertebrados encontradas viven en agua oligomesotrófica, es decir, aguas medianamente limpias. Estas familias superan la mitad del 100%, y de esta forma se demuestra esta calidad de agua; y el análisis de la calidad de agua

fisicoquímica representa calidad de agua oligotrófica, es decir buena; es por esto que se puede decir que la calidad de agua con las dos variables (parámetros fisicoquímicos y macroinvertebrados bentónicos) tomadas en el mismo sitio y tiempo arroja un resultado similar lo cual determina que la calidad de agua se encuentra en relación de acuerdo a sus condiciones. (Ver Tabla 53).

8.7. Validación de los usos del recurso hídrico según la calidad del agua.

En la salida de campo se logró evidenciar los usos que se le está dando a esta agua de acuerdo con las actividades que se desarrolla actualmente:

Tabla 54. Usos identificados para el área Río Rumiayaco y Usos establecidos por la normatividad.

Usos del río Rumiayaco en el área del proyecto	Usos según el Decreto 1594 de 1984	Usos según la Resolución 2115 de 2007
consumo humano y doméstico	Art. 38 y 39	Art. 2 al 7
preservación de flora y fauna	Art. 45	
uso pecuario	Art. 41	
uso recreativo	Art. 42 y 43	

Fuente. Elaboración propia

Una vez obtenidos los usos, se procede a la validación de los resultados de análisis fisicoquímicos frente a los criterios permisibles de la normatividad (RESOLUCION 2115 DE 2007 Y DECRETO 1594 DE 1984), esta validación se hará frente a los parámetros tomados para el desarrollo de esta investigación. (Ver Tabla 54).

Muestreo 1, estación 1 margen derecha

Tabla 55. comparación de resultados con la normatividad.

Parámetros	UNIDADES	MUESTREO 1 (2016/08/30)	Límites permisibles Decreto 1594/84						Límites permisibles Res. 2115/07
		ESTACIÓN 1 (MARGEN DERECHA)	Art. 38	Art. 39	Art. 41	Art. 42	Art. 43	Art. 45	Art. 2 al 7
Alcalinidad	mg / L CaCO ₃	14	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	200

Parametros	UNIDADES	MUESTREO 1 (2016/08/30)	Limites permisibles Decreto 1594/84						Limites permisibles Res. 2115/07
		ESTACIÓN 1 (MARGEN DERECHA)	Art. 38	Art. 39	Art. 41	Art. 42	Art. 43	Art. 45	Art. 2 al 7
DBO5	mg/LO2	2	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
DQO	"mg/L O2"	30	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Duerza Total	"mg/L CaCO3"	18	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	300
Fosforo Total	"mg P/L"	0,05	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	0,5
Solidos Totales mg/L	"mg/L"	26	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Coliformes Totales	"microorga./1 00c"	50	20.0 00	1000	N.E	1.00 0	5.00 0	5.00 0	0
pH	unidad	6	5.0- 9.0	6.5- 8.5	N.E	5.0 - 9.0	5.0- 9.0	5.0 - 9.0	6,5 - 9
Turbiedad	NTU	1,25	N.E	10	N.E	N.E	N.E	N.E	2
Oxigeno Disuelto	mg/l	9,6 (114%)	N.E	N.E	N.E	N.E	70%	4.0	N.E
Conductivida d	µS/cm	45,3	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	1000
Temperatura	°C	20	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E

Fuente. Elaboración propia

De acuerdo con los resultados de los análisis del laboratorio de parámetros fisicoquímicos en esta estación se evidencia que todos los parámetros medidos en el agua se encuentran dentro del rango permisible exigido por la normatividad vigente para los 4 usos establecidos.

Es importante resaltar que el uso de consumo humano y domestico ha sido separado entre si, es decir consumo humano presenta unas características y domestico otras, debido a esto consumo humano se reglamenta bajo la resolución 2115 de 2007 dentro de la cual el parámetro de coliformes totales y pH en esta estación no cumple dentro de los valores máximos permisibles de la normatividad calificando la calidad del agua como no apta para consumo humano directo, como se muestra en la (Tabla 55).

Muestreo 1, estacion 2 margen izquierda

Tabla 56. comparación de resultados con la normatividad.

Parámetros	UNIDADES	MUESTREO 1 (2016/08/30)	Limites permisibles Decreto 1594/84						Limites permisibles Res. 2115/07
		ESTACIÓN 2 (MARGEN IZQUIERDA)	Art. 38	Art. 39	Art. 41	Art. 42	Art. 43	Art. 45	Art. 2 al 7
Alcalinidad	mg / L CaCO ₃	16	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	200
DBO5	mg/LO ₂	2	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
DQO	"mg/L O ₂ "	30	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Duerza Total	"mg/L CaCO ₃ "	18	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	300
Fosforo Total	"mg P/L"	4,28	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	0,5
Solidos Totales mg/L	"mg/L"	28	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Coliformes Totales	"microorga./100 c"	38	20.000	1000	N.E	1.000	5.000	5.000	0
pH	unidad	7	5.0-9.0	6.5-8.5	N.E	5.0 - 9.0	5.0-9.0	5.0 - 9.0	6,5 - 9
Turbiedad	NTU	1,19	N.E	10	N.E	N.E	N.E	N.E	2
Oxigeno Disuelto	mg/l	9,9 (117%)	N.E	N.E	N.E	N.E	70%	4.0	N.E
Conductividad	µS/cm	47,4	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	1000
Temperatura	°C	20	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E

Fuente. Elaboración propia

De acuerdo a los resultados de los análisis del laboratorio de parámetros fisicoquímicos en esta estación se evidencia que todos los parámetros medidos en el agua se encuentran dentro del rango permisible exigido por la normatividad vigente para los 4 usos establecidos, a excepción del parámetro del fosforo en todos los usos que sobrepasa el limite permisible con un valor de 4,28 mg P/L siendo el máximo permisible 0,5, por lo tanto proporciona una característica de calidad de agua eutrófica, como se muestra en la (Tabla 56).

Al igual que en la estación anterior el parámetro de coliformes totales no cumple dentro de los valores máximos permisibles de la normatividad calificando la calidad del agua como no apta para consumo humano.

Muestreo 2, estación 1 margen derecha

Tabla 57. comparación de resultados con la normatividad.

Parametros	UNIDADES	MUESTREO 2 (2016/09/19)	Límites permisibles Decreto 1594/84						Límites permisibles Res. 2115/07
		ESTACIÓN 1 (MARGEN DERECHA)	Art. 38	Art. 39	Art. 41	Art. 42	Art. 43	Art. 45	Art. 2 al 7
Alcalinidad	mg / L CaCO ₃	14	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	200
DBO5	mg/LO ₂	2	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
DQO	"mg/L O ₂ "	30	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Duerza Total	"mg/L CaCO ₃ "	18	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	300
Fosforo Total	"mg P/L"	0,051	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	0,5
Solidos Totales mg/L	"mg/L"	78	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Coliformes Totales	"microorga./ 100c"	324	20.000	1000	N.E	1.000	5.000	5.000	0
pH	unidad	5,5	5.0-9.0	6.5-8.5	N.E	5.0 - 9.0	5.0-9.0	5.0 - 9.0	6,5 - 9
Turbiedad	NTU	1,1	N.E	10	N.E	N.E	N.E	N.E	2
Oxigeno Disuelto	mg/l	10,22 (125%)	N.E	N.E	N.E	N.E	70%	4.0	N.E
Conductividad	µS/cm	52,7	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	1000
Temperatura	°C	20	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E

Fuente. Elaboración propia

Los resultados de análisis del laboratorio en esta estación presentan similitud a los del muestreo 1 (estación 1 y 2), a excepción del parámetro del fósforo en la estación 2 y el de coliformes totales sobresale ante el resultado de las estaciones 1 y 2 del muestreo 1; y también cumple con los 4 usos establecidos menos para la parte de uso de consumo humano como se ha mencionado anteriormente como se muestra en la (Tabla 57)

Muestreo 2, estación 2 margen izquierda

Tabla 58. comparación de resultados con la normatividad

Parametros	UNIDADES	MUESTREO 2 (2018/09/19)	Límites permisibles Decreto 1594/24						Límites permisibles Res. 2110/97
		ESTACIÓN 2 (MARGEN IZQUIERDA)	Art. 38	Art. 39	Art. 41	Art. 42	Art. 43	Art. 45	Art. 2 al 7
Alcalinidad	mg / L CaCO ₃	14	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	200
DBO5	mg/LO ₂	2	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
DQO	"mg/L O ₂ "	30	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Dureza Total	"mg/L CaCO ₃ "	18	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	300
Fosforo Total	"mg P/L"	0,05	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	0,5
Sólidos Totales mg/L	"mg/L"	58	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Coliformes Totales	"microorga./100c"	125	20,000	1000	N.E	1,000	5,000	5,000	0
pH	unidad	8	5,0-9,0	6,5-8,5	N.E	5,0-9,0	5,0-9,0	5,0-9,0	6,5 - 9
Turbiedad	NTU	1,06	N.E	10	N.E	N.E	N.E	N.E	2
Oxígeno Disuelto	mg/l	9,9 (120%)	N.E	N.E	N.E	N.E	70%	4,0	N.E
Conductividad	µS/cm	53,2	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	1000
Temperatura	°C	21,4	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E

Fuente. Elaboración propia

En esta estación los resultados de los análisis, algunos parametros como Alcalinidad, DBO, DQO, Dureza total coinciden en su mayoría con los resultados de los parámetros de las estaciones anteriores y cumple con los 4 usos, como se muestra en la Tabla

9. CONCLUSIONES

- La comunidad de macroinvertebrados reportada en el área de la cuenca del Río Rumiayaco durante los muestreos realizados en los meses agosto y septiembre del año 2016 estuvo mejor representada durante el primer muestreo, donde posiblemente las condiciones de bajo caudal favorecieron la exposición de un mayor número de microhabitats en los que gracias a la baja velocidad de corriente se favoreció el establecimiento de una comunidad representativa y mejor estructurada.

Con los resultados encontrados de los parámetros fisicoquímicos y los índices de calidad de agua se logró identificar que la condición del agua presenta Índices de contaminación muy bajos, por lo cual su principal restricción es el uso de consumo Humano requiriéndose para los demás usos; tales como conservación de flora y fauna, uso pecuario, uso recreativo y doméstico, según los parámetros evaluados en el presente estudio, no siendo la totalidad de los requeridos por la legislación colombiana.

- De acuerdo con los resultados obtenidos del cálculo del índice BMWP COL, puede decirse que la calidad de agua aguas arriba de la estructura de la bocatoma en la cuenca del Río Rumiayaco presenta en el muestreo 1, estaciones 1 y 2 aguas moderadamente contaminadas de calidad dudosa donde la comunidad de macroinvertebrados encuentra ciertas limitaciones de tipo hidráulico que limitan su establecimiento, de igual forma se reportaron además aguas ligeramente contaminada de calidad aceptable en el muestreo 2, estación 1, y aguas muy contaminadas de calidad Crítica en el muestreo 2, estación 2. Es importante aclarar que en esta última estación se presenta este resultado, debido a que aunque la mayoría de familias que se encontraron en esta habitan en aguas limpias el índice arrojó este resultado debido a que la metodología de determinación de éste tiene en cuenta la cantidad de individuos, es decir entre menos individuos más bajo es el resultado y así mismo la calidad de agua es mala; y entre mayor número de individuos más alto resultado y la calidad de agua es buena; sin embargo no evalúa su diversidad, tan solo la abundancia de organismos.
- En relación con los resultados obtenidos del cálculo del Índice ASTP, puede decirse que la calidad de agua del área trabajada en la cuenca del Río Rumiayaco se presenta en su mayoría aguas moderadamente contaminadas de calidad dudosa donde la comunidad de macroinvertebrados encuentra ciertas limitaciones de tipo hidráulico que limitan su establecimiento, de igual forma se reportaron además aguas ligeramente contaminada de calidad aceptable en el muestreo 2, estación 1. Sin embargo el resultado anterior es debido a que los índices trabaja con números de familias que para el muestreo fue bajo, obteniendo los resultados anteriormente escritos, pero según las familias identificadas presentan una bioindicación de aguas

oligotróficas, es decir, las pocas familias identificadas indican que viven en aguas características oligotróficas, o limpias coincidiendo con el resultado fisicoquímica que interpreta aguas limpias según los índices de contaminación.

- De los resultados presentados en el cálculo del índice SHANNON WEABER, puede decirse que la biodiversidad que se presenta es media, debido a que el valor arrojado se encuentra en el rango menor a 3 y por encima de 2, lo que indica que no es bajo ni alto, pero de acuerdo a los resultados tiende más a alto, es por esto que se interpreta que se encuentra en un rango medio, que no pertenece a ecosistemas contaminados pero tampoco a ecosistemas en equilibrio.
- Los resultados arrojados por las dos variables (parámetros fisicoquímicos y macroinvertebrados bentónicos) presentan una relación característica, es decir, concluyen una buena calidad de agua (ligeramente contaminada a limpia, principalmente según el índice de ATSP y por la caracterización de especies y familias encontradas), determinada por la correlación de estos dos indicadores.
- Las actividades cotidianas llevadas a cabo en la zona de estudio no representan un factor de riesgo que implique la contaminación de la fuente hídrica o amenaza alguna a las comunidades que habitan o la usen para sus diferentes usos.
- En ninguno de los muestreos se detectó la presencia de exceso de materia orgánica ni de ninguno de los parámetros fisicoquímicos tomados que presenten algún tipo de riesgo para los usos de: preservación de flora y fauna, recreación, uso pecuario y uso doméstico; según los resultados obtenidos, excepto para el uso de consumo humano ya que los resultados de Coliformes totales excede los criterios permisibles según la resolución 2115 del 2007.

10. RECOMENDACIONES

El agua es indispensable para el desarrollo; está vinculada a todas las actividades productivas y su importancia para la vida la hace un recurso determinante para la calidad de vida de las poblaciones. Para garantizar el futuro de este recurso, necesitamos participar todos en el cuidado del agua. Podemos aportar con nuestro grano de arena tomando algunas medidas dentro y fuera del hogar.

La concienciación de la comunidad resulta muy importante para la mitigación del grado de contaminación; debido a que esto facilita el uso adecuado del río, de los residuos y el uso desmesurado de la fuente para la ganadería.

Determinar estrategias para hacer posibles iniciativas en la comunidad que hagan relación con el mejoramiento del estado del río y calidad del agua por medio de una supervisión continúa de los entes encargados y la misma comunidad y asegurar que aquel río cumpla con la normatividad exigida dentro de las leyes que lo rigen.

Es importante tener en cuenta a la comunidad darles participación para implementar y mejorar su calidad de vida fomentada principalmente en su salud y un ambiente sano.

BIBLIOGRAFIA

- ALBA, Tercedor, J. & Jiménez – Millán, F. Evaluación de las variaciones estacionales de la calidad de las aguas del río Guadalfeo, basado en el estudio de las comunidades de Macroinvertebrados acuáticos. LUCDEME III. ICONA, Monogra. 1987.48:1-91.
- Allan, J. D. (1995). Stream ecology: structure and function of running waters. Great Britain: Chapman y Hall.
- García de Jalón, D. y González del Tánago, M. 1986. Métodos Biológicos para el Estudio de la Calidad de las Aguas – Aplicación a la Cuenca del Duero. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza – Monografías 45. Madrid
- Alonso, A. y Camargo, J.A. 2003. Short-term toxicity of ammonia, nitrite, and nitrate to the aquatic snail *Potamopyrgus antipodarum* (Hydrobiidae, Mollusca). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 70: 1006-1012.
- Arce, O. (2006). Indicadores biológicos de calidad del agua. Cochabamba: Universidad Mayor de San Simón.
- AUPEC, Organismos vivos indicadores de la calidad del agua. 2004(On line). Actualizado el 2 de noviembre de 2004. Citado el 1 de septiembre de 2005. Disponible en internet en www.aupecunivalle.edu.co. 5p.
- Baddi, Z., Garza, C., & Landero, F. (2005). Los indicadores biológicos en evaluación de la contaminación por agroquímicos en ecosistemas acuáticos asociados. *Cultura Científica y Tecnológica*, 2(6), 4-20.
- Camargo, J.A. 1993. Macrobenthic surveys as a valuable tool for assessing freshwater quality in the Iberian Peninsula. *Environmental Monitoring and Assessment* 24: 71-90.
- Carvacho, A., Caroline, A. (2012). Estudio de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos y desarrollo de un índice multimétrico para evaluar el estado ecológico de los ríos de la cuenca del Limari en Chile. Barcelona.
- Forbes, V.E. y Calow, P. 2002. Species sensitivity distributions revisited: a critical appraisal. *Human and Ecological Risk Assessment* 8: 473-492.
- Margalef, R. (1983). *Limnología*. Barcelona: Ediciones Omega.
- Mora, A., & Soler, M. (1993). Estudio limnológico con énfasis en los macroinvertebrados bentónicos de la parte alta del río Bogotá (Tesis de Biología). Universidad Nacional de Colombia.
- Muñoz, D., & Ospina, R. (1999). Guía para la identificación genérica de los Ephemeroptera de la Sabana de Bogotá, Colombia: ninfas y algunos géneros de adultos. *Actualidades Biológicas*, 21(70), 47-60.
- Pearson, R. G., Tobin, R. E., Smith, W., & Benson, J. (1989). Standing crop and processing of rainforest litter in a tropical Australian stream. *Archiv Fur Hydrobiologie*, 115, 481-498.
- Prat, N., & Rieradeval M. (1998). Criterios de evaluación de la calidad del agua en los lagos y embalses basados en macroinvertebrados bentónicos. *Actualidades Biológicas*, 20(69), 137- 147
- Margalef, R. (1983). *Ecología*. Barcelona, España: Omega.

- RENGIFO S, LOPEZ C, LOPEZ N, Et.al. Caracterización zona de influencia del Embalse La Salvajina sector.....Popayán. 1999 – 2002.
- Rice, S., Greenwood, M., & Joyce, C. (2001). Tributaries, sediment sources, and the longitudinal organization of macroinvertebrate fauna along river systems. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58, 824-840.
- ROLDAN PEREZ, GABRIEL; BIOINDICACION DE LA CALIDAD DEL AGUA EN COLOMBIA ; Editorial Universidad Antioquia; Antioquia – Medellín; Junio de 2003.
- Smith, V.H., Tilman, G.D. y Nekola, J.C. 1999. Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution* 100: 179-196.
- Vannote, R.L., Minshall, G.W., Cummins, K.W., Sedell, J.R. y Cushing, C.E. 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37: 130-137.
- Zúñiga, M., Rojas, A., & Serrato, C. (1994). Interrelación de indicadores ambientales de calidad en cuerpos de aguas superficiales del valle del cauca. *Revista Colombiana de Entomología*, 20(2), 12-130.
- Zúñiga, M., Molineri, C., & Domínguez, E. (2004). El Orden Ephemeroptera (Insecta) en Colombia. En F. Fernández, G. Andrade, & G. Amat, *Insectos de Colombia* (vol. 3, p. 17- 45). Santafé de Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias.

11. ANEXOS

11.1 REGISTRO FOTOGRÁFICO



Fotografía 1. Vía de acceso Escuela rural Rumiayaco



Entrada al
Fotografía 2. Puente colgante hacia el área de estudio.



Fotografía 3. Estructura de la bocatoma



Fotografía 4. Entrada Bocatoma



Fotografía 5. Primer muestreo margen derecha.



Fotografía 6. Toma de muestras (1muestreo) margen derecha.



Fotografía 7. Preservación de la muestra



Fotografía 8. Equipo portátil, para medir Turbiedad



Fotografía 9. Toma de parámetro: de la conductividad.



Fotografía 10. Barrido de macroinvertebrados.



Fotografía 11. Equipos para parámetros insitu



Fotografía 12. Muestra tomada de los macroinvertebrados (bolsa ziploc)



Fotografía 13. Toma de muestras aguas arriba de la bocatoma



Fotografía 14. Nevera y parámetros fisicoquímicos.



Fotografía 15. Panorámica del área de estudio.



Fotografía 16. Camino de acceso al área puntual del proyecto.



Fotografía 17. Panorámica segundo muestreo.



Fotografía 18. Toma de parámetros fisicoquímicos, estación 1 muestreo 2.



Fotografía 19. Toma de muestra parámetros fisicoquímicos (enviar a laboratorio CIAN)



Fotografía 20. Medición de la Temperatura.



Fotografía 21. Barrido de macroinvertebrados muestreo 2 margen derecha.



Fotografía 22. Barrido de macroinvertebrados muestreo 2 margen izquierda



Fotografía 23. Finalización de toma de muestras



Fotografía 24. Barrido de macroinvertebrados



Fotografía 25. Recolección o captura de macroinvertebrados



Fotografía 26. Toma de muestra parámetro de la conductividad insitu.



Fotografía 27. Estructura de la Bocatoma.



Fotografía 28. Estructura de la Bocatoma



Fotografía 29. Preservación de la nevera (envió de muestras).



Fotografía 30. Identificación de macroinvertebrados en laboratorio.



Fotografía 31. Equipos utilizados.



Fotografía 32. Identificación de macroinvertebrados (claves roldan 2003).



Fotografía 33. Identificación morfológica



Fotografía 34. Fase de laboratorio.



FORMATO DE CAMPO
CADENA DE CUSTODIA

CODIGO	VERSIÓN	FECHA	PÁGINA
		2016	1 DE 2

EMPRESA: Robinson Lemaux Clivio
 CEDENIT: 18126518
 DIRECCIÓN: Cra 6 # 11A-06
 TELÉFONO: 3206972550

PERSONA CONTACTO: Robinson Lemaux C
 PROYECTO: Talchigo de grado Rio Rumiyaco
 DEPARTAMENTO: Pulgarayo
 SITIO DE MUESTREO: Rio Rumiyaco 100 m aguas arriba de la 5
 (especificar el sitio de muestreo)

Muestra o Tipo de Muestra

APQ: Agua Potable	LIQ: Lixiviado
ASU: Agua Superficial	SUE: Suelo
ASB: Agua Subterránea	AIR: Aire
ARD: Residuo Doméstico	EMI: Emisiones
ARI: Residuo Industrial	HI: Hidrobiológicos
MAI: Agua Marra	Otros:

Tipo de envases

1 Falsoquímico	8 Sor	Amb	Emi
2 PT, DOO, Fenoles	9 PST		
3 Metales	10 PM10		
4 Aceites y grasas	11 Bolsas Plásticas		
5 Microbiológico	12 Otros (acetonas, O3, Vozel, NH4, HCS, formaldehído)		
6 Hidrobiología			
7 Nox	Aire	Emi	

Estado de Muestra

Muestrar con X
Buena X
Mala

No Muestra CIAN	Muestrific. Campa	Perfil	Completo	Integrado	Método	Identificación Muestra	Municipio	Toma de muestra		Tipo de envases					Total de Envases	Análisis solicitado por ordenación - de Orden Laboratorio	
								Fecha (año/mes/día)	Hora	1	2	5					
1	1	X			ASU	Rio Rumiyaco margen derecha N: 1°7'32,2" W: 76°41'11,4"	Mococa	2016-08-30	2:50:00 p.m.	1	2	5				5	856
2	2	X			ASU	Rio Rumiyaco margen izquierda N: 1°7'32,5" W: 76°41'10,8"	Mococa	2016-08-31	3:50:00 p.m.	1	2	5				5	856

Requerido: SI NO
 Análisis subcontratados: SI NO
 Tipo de envase Presentado: Ver pag 2 NO
 Envase Suministrado por CIAN LTDA: SI NO
 (Especie para ser diligenciado por CIAN LTDA)

Muestra realizado por: Belcy Yuranny López, Luz Benayides Benavides.
 Documentos anexo: _____
 Firma supervisor y/o Interventor: _____
 Fecha / Hora de recepción: _____
 Muestras remitidas por correo: _____
 Firma Cliente: _____
 Empresa: CONCEP Quié No: _____
 Firma Recibe: _____

1. Revisar Nueva en el Terminal en oficina de encomiendas de Coorstransmoy
 Elabores: Mercedes Méndez / Director Técnico y de Laboratorio
 Revisó: Yessam Calahorra / Director de proyectos
 Aprobó: Yessam Calahorra / Director de Proyecto

11.3 LISTA DE CHEQUEO



EQUIPOS Y MATERIALES PARA LA REALIZACIÓN DEL PROGRAMA DE MONITOREO

A continuación se presenta la lista general de los implementos recomendados en el momento de realizar el monitoreo, es importante que las personas que realicen el muestreo chequeen uno a uno los equipos y materiales aquí mencionados.

Para la Medición de parámetros de Campo	
<input type="checkbox"/> Formato de captura de datos	<input type="checkbox"/> Baldes plásticos preferiblemente con tapa
<input type="checkbox"/> Altímetro	<input type="checkbox"/> Cono Imhoff de 1L, para la medición de sólidos sedimentables
<input type="checkbox"/> Equipo para medición in situ	<input type="checkbox"/> Termómetros sin mercurio
<input type="checkbox"/> Reactivos de calibración	<input type="checkbox"/> Copias de los manuales de fabricantes del equipo
<input type="checkbox"/> Recipientes para calibración de equipo de medición	<input type="checkbox"/> Calculadora
<input type="checkbox"/> Instructivos para la toma de muestras	<input type="checkbox"/> Medidor de pH y buffers, cinta indicadora de pH

Para la Toma de Muestras	
<input type="checkbox"/> Recipientes de vidrio plástico	<input type="checkbox"/> Reactivos para preservación de muestras
<input type="checkbox"/> Probeta plástica graduada de 1000 o 2000 mL	<input type="checkbox"/> Frasco lavador con agua destilada
<input type="checkbox"/> Recipiente con agua corriente	<input type="checkbox"/> Balde plástico de 10 L de capacidad con llave plástica
<input type="checkbox"/> Cuerda de Nylon	<input type="checkbox"/> Neveras de icopor o de plástico
<input type="checkbox"/> Bolsas de Hielo	<input type="checkbox"/> Papel indicador universal

<input type="checkbox"/> Frascos de 50 o 100 mL con gotero graduado	<input type="checkbox"/> Pera de caucho o pipeteador
<input type="checkbox"/> Papel absorbente	<input type="checkbox"/> Cinta pegante o de enmascarar
<input type="checkbox"/> Bolsa pequeña de basura	<input type="checkbox"/> Bolsas plasticas
<input type="checkbox"/> Fichas de seguridad de los preservantes	

Para protección y seguridad de las personas que efectuaran el muestreo

<input type="checkbox"/> Overol o ropa de trabajo cómoda	<input type="checkbox"/> Guantes de Camaza
<input type="checkbox"/> Gafas de Seguridad	<input type="checkbox"/> Botas de Caucho
<input type="checkbox"/> Guantes de caucho	<input type="checkbox"/> Impermeable para lluvia
<input type="checkbox"/> Guantes de látex	<input type="checkbox"/> Mascara respiradora con filtros para ácidos y vapores orgánicos

Para Supervivencia en Campo

<input type="checkbox"/> Caja de herramienta con herramientas básicas	<input type="checkbox"/> Binoculares
<input type="checkbox"/> Botiquín de primeros auxilios, cuchillo	<input type="checkbox"/> Extintor (tipo B)
<input type="checkbox"/> Sombrero, bloqueador solar, agua para beber	<input type="checkbox"/> Casco liviano
<input type="checkbox"/> Repelente contra insectos (Lávese bien las manos después de)	<input type="checkbox"/> Linterna con pilas extras

aplicarse	
<input type="checkbox"/> Lentes de sol o lentes de seguridad	<input type="checkbox"/> Cuerda
<input type="checkbox"/> Agua suficiente	<input type="checkbox"/> Pito y luces de bengala
<input type="checkbox"/> Radio	<input type="checkbox"/> Linterna
<input type="checkbox"/> Bayetilla roja	

Para la localización Física

<input type="checkbox"/> Cámara fotográfica, rollo	<input type="checkbox"/> Fotografías aéreas (opcional)
<input type="checkbox"/> Mapa topográfico	<input type="checkbox"/> Brújula
<input type="checkbox"/> Geoposicionador	<input type="checkbox"/> Altimetro

Este es un anexo, en donde esta el formato del IDEAM. Y en esta lista de chequeo vamos a seleccionar justo con los que vamos a trabajar, en nuestra propuesta a la hora de ir a campo.

11.5 RESULTADOS E INFORMACION LABORATORIO DE AGUAS CIAN LTDA

FECHA DE REPORTE: 2016/09/30
 EMPRESA: ROBINSON LEMUS
 ATENCIÓN: ING. ROBINSON LEMUS
 DIRECCIÓN: Cll. 159 No 55-14
 TELEFONOS: 3142303805
 No. DE MUESTRAS: 4
 FECHA DE RECEPCIÓN: 2016/09/30
 FECHA DE ANÁLISIS: 2016/09/01 AL 2016/09/30
 PLAN DE MUESTREO CIAN No.: N.A.
 PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: N.A.
 PROYECTO:



IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

MUESTRA No. 9356 RIO RUMIYACO MARGEN DERECHA(N:1°7'32.2"E:76°41'11.4")

Matriz: Agua Natural Municipio: Mocoa Fecha de Toma: 2016/08/30
 Tipo de Muestreo: Puntual Departamento: Putumayo Hora de Toma: 14:50

FÍSICOQUÍMICO

PARAMETRO	UNIDAD	METODO	RESULTADO
ALCALINIDAD	mg / L CaCO ₃	S.M 2320 B	14
CO ₂	mg/LO ₂	S.M.5210 B - S.M. 4500 -O G	<2
O ₂	mg/L O ₂	S.M. 5220 C	<30
DUREZA TOTAL	mg/L CaCO ₃	S.M 2340 C	18
FOSFORO TOTAL	mg P/L	S.M 4500-P ,E	<0,05
SOLIDOS TOTALES	mg/L	S.M 2540 B	26

MICROBIOLÓGICO

PARAMETRO	UNIDAD	METODO	RESULTADO
BACTERIAS COLIFORMES TOTALES(SB1)	MNP/100mL	Sustrato Enzimatico SM 9223B	50

Observaciones : (SB1)Subcontratado con Cima.

Muestreo realizado por El cliente
 Resultados válidos únicamente para las muestra(s) analizada(s)
 Prohibida la reproducción de este Informe, sin aprobación escrita de Cian Ltda.


 MARCELA MONOGA - PQI 0028
 DIRECTOR TÉCNICO Y DE LABORATORIO

LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS
 REPORTE DE RESULTADOS A-0318



LABORATORIO ACREDITADO
 NTC ISO-IEC 17025:2005
 El alcance de la acreditación es el
 detallado en la Resolución 0918
 del 17 de Mayo 2018 del IDEAM

Bogotá D.C., 2016-09-12

INFORMACIÓN DEL CLIENTE		INFORMACIÓN DE LAS MUESTRAS	
Nombre del Cliente	Cian LTDA	Fecha de Recepción de Muestras	2016-09-01
No. de Campo y No. de Muestra del Cliente	830 502 614-8	Fecha de Inicio de Análisis	2016-09-01
Dirección	Carrera 72A # 48 - 20	Fecha de Finalización de Análisis	2016-09-12
Teléfono	NR	Proyecto	Orden 942
Celular	2951109	Plan de Muestreo CIMA	NA
Correo electrónico	recepcioncian@gmail.com	Muestreo Realizado por	Cliente / N.R.
		Localización (Departamento/Ciudad)	N.R.
		Sitio de muestreo	N.R.
		Versión de Reporte de Resultados	1.0
		No. de Anexos	1

RESULTADOS			
VARIABLE	UNIDADES	6419	6420
Coliformes Totales	NMP/100 mL	50	38

No. Muestra	No. Campo y No. de Muestra del Cliente	Descripción de la muestra	Tipo de Muestreo	Matriz	Fecha de toma de muestra	Hora de toma de muestra
0419	NR	9356	N.R.	Agua Superficial	N.R.	N.R.
0420	NR	9357	N.R.	Agua Superficial	N.R.	N.R.

Si no está acreditado, N.A. No aplica; N.R.: No reportado.; V.A.: Ver Anexos; N.D.: No Detectable; N.C.: No Cuantificable
 Si no está acreditado realizado por CIMA; N.A.C.: Análisis no acreditado realizado por CIMA; A.S.X.: Análisis acreditado subcontratado; N.S.X.: Análisis no acreditado Subcontratado.

[Firma]
 LADY MORENO GALLO
 COORDINADORA DE LABORATORIO AGUAS Y SUELOS

APROBACIÓN
[Firma]
 LADY GINETTE CRUZ ESTEVEZ
 QUÍMICA - Matriculada Profesional PQ 2763
 DIRECTOR DE LABORATORIO

FIN DEL REPORTE

Los resultados expuestos en el presente reporte son únicamente válidos para las muestras analizadas, su reproducción total o parcial queda prohibida salvo previa autorización escrita por parte de CIMA

FECHA DE REPORTE: 2016/11/02
 EMPRESA: ROBINSON LEMUS
 ATENCIÓN: ING. ROBINSON LEMUS
 DIRECCIÓN:
 TELÉFONOS: 2
 N.º DE MUESTRAS: 2016/09/22
 FECHA DE RECEPCIÓN: 2016/09/22 AL 2016/11/03
 FECHA DE ANÁLISIS:
 PLAN DE MUESTREO CIAN No.: N.A.
 PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: N.A.
 PROYECTO: TRABAJO DE GRADO RIO RUMIYACO



IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

MUESTRA No. 10861 RIO RUMIYACO MARGEN DERECHA (N:1°7'32,2"-W:76°41'11,4")

Matriz: Agua Natural Municipio: Mocoa Fecha de Toma: 2016/09/19
 Tipo de Muestreo: Puntual Departamento: Putumayo Hora de Toma: 12:28

FÍSICOQUÍMICO

PARAMETRO	UNIDAD	METODO	RESULTADO
ALCALINIDAD	mg / L CaCO ₃	S.M 2320 B	14
BIOS	mg/LO ₂	S.M.5210 B - S.M. 4500 -O G	<2
COO	mg/L O ₂	S.M. 5220 C	<30
DUREZA TOTAL	mg/L CaCO ₃	S.M 2340 C	18
FOSFORO TOTAL	mg P/L	S.M 4500-P B,E	0.051
SOLIDOS TOTALES	mg/L	S.M 2540 B	78

MICROBIOLÓGICO

PARAMETRO	UNIDAD	METODO	RESULTADO
BACTERIAS COLIFORMES TOTALES(SB1)	NMP/100mL	Sustrato Enzimatico SM 9223B	324

Observaciones : (SB1)Subcontratado con Artek S.A.

Muestreo realizado por El cliente
 Resultados válidos únicamente para las muestra(s) analizada(s)
 Prohibida la reproducción de este Informe, sin aprobación escrita de Cian Ltda.


 MARCELA MONOGA - PQI 0028
 DIRECTOR TÉCNICO Y DE LABORATO

LA-F-02 Rev 4 10/10/2013

REPORTE DE RESULTADOS DE LABORATORIO No. A-7440-16

Bogotá D.C., Septiembre 22 de 2016

Página 1 de 1

DATOS DEL CLIENTE		IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	
CONSULTORIA Y SERVICIOS AMBIENTALES CIAN LTDA DILA MARCELA MONOGA CARRERA 72 A No. 48-20 2632620 ciantda@gmail.com		PRODUCTO/MATRIZ: AGUA SUPERFICIAL MUESTREO A CARGO DE: ANTEK S.A.S. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: N.A. PLAN DE MUESTREO ANTEK No.: N.A. IDENTIFICACION DE MONITOREO: N.A. NUMERO TOTAL DE MUESTRAS: 2 LUGAR DE MUESTREO: PROYECTO ORDEN No 1039 TIPO DE MUESTREO: N.E.	
FECHA DE MUESTREO: N.E.		FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS: 2016-09-22	FECHA DE ANALISIS: 2016-09-22 AL 2016-10-22
Rango de Temperatura Ambiente Durante los Ensayos (°C): 13 - 35 :: Humedad Relativa Durante los Ensayos (%): < 80			

PARAMETRO	UNIDADES	TECNICA ANALITICA	METODO	10861	10862
				ANTEK 62155	ANTEK 62156
COLIFORMES TOTALES	NMP/100mL	ENSAYO DE SUSTRATO ENZIMATICO	SM 9223 B	324	125

N.E. : NO ESTABLECIDO N.A. : NO APLICA

OBSERVACIONES:

METODO DE ANALISIS UTILIZADO: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER & WASTEWATER 22nd EDITION 2012, APHA, AWWA, WEF.

RESULTADOS VALIDOS UNICAMENTE PARA LA(S) MUESTRA(S) ANALIZADA(S) - PROHIBIDA LA REPRODUCCION PARCIAL DE ESTE INFORME SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO - LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTO O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE - LOS LABORATORIOS CON LOS QUE SE SUBCONTRATAN ANALISIS SON ACREDITADOS POR EL INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM EL CUAL NO ES UN ORGANISMO DE ACREDITACION FIRMANTE DEL ACUERDO DE RECONOCIMIENTO MULTILATERAL DE ILAC (INTERNATIONAL LABORATORY ACCREDITATION COOPERATION), EL MINISTERIO DE AMBIENTE BAJO EL DECRETO 1400 DEL 27 DE JULIO DE 1994, DELEGA AL IDEAM COMO ORGANISMO PARA DIRIGIR Y COORDINAR EL SISTEMA DE INFORMACION AMBIENTAL, Y LA RED DE LABORATORIOS QUE PRODUCIAN DATOS E INFORMACION FISICA, QUIMICA Y BIOTICA A NIVEL NACIONAL.

AUTORIZO

PAUL LUIS ARTURO SUSPES
 Director Técnica y Laboratorio



FIN DE REPORTE DE RESULTADOS A-7440-16

RESOLUCIÓN N° 2023 11 AGO 2014

"Por la cual se extiende el alcance de la acreditación a la sociedad CONSULTORIA Y SERVICIOS AMBIENTALES CIAN LTDA., para producir información cuantitativa, física y química para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes"

EL DIRECTOR GENERAL DEL INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM-

En uso de sus facultades legales y en especial las conferidas por el artículo 5 del Decreto 1600 de 1994, el numeral 8 del artículo 5 del Decreto 291 de 2004, las Resoluciones 176 del 31 de octubre de 2003 y 1754 del 15 de octubre de 2009, y,

CONSIDERANDO:

Que mediante Resolución N° 2064 del 6 de octubre 2010, el IDEAM otorgó la acreditación para producir información cuantitativa, física y química, para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes, a la sociedad CONSULTORIA Y SERVICIOS AMBIENTALES - CIAN LTDA., identificada con NIT. 830.602.614-8, con domicilio en la carrera 78 No. 52 A - 54 de la ciudad de Bogotá D.C., para las siguientes variables bajo los lineamientos de la norma NTC-ISO/IEC 17025 "Requisitos Generales de Competencia de Laboratorios de Ensayo y Calibración", versión 2005:

Matriz: Agua

1. Conductividad Eléctrica: Electrométrico, SM 2510 B
2. Dureza Total: Volumétrico con EDTA, SM 2340 C
3. Sólidos Sedimentables: Volumétrico - Cono Imhoff, SM 2540 F
4. pH: Electrométrico, SM 4500-H⁺ B
5. Toma de Muestra Puntual y Compuesta: Variables medidas en campo: Temperatura (SM 2550 B), pH (SM 4500-H⁺ B), Sólidos Sedimentables (SM 2540 F) y Caudal Volumétrico.

Matriz: Aire - Calidad Aire

1. Análisis de Laboratorio para la Determinación de Partículas Suspensas Totales: Método EPA e-CFR Título 40, Parte 50, Apéndice B: Alto Volumen.
2. Análisis de Laboratorio para la Determinación de Material Particulado como PM10 en la Atmósfera: Método EPA e-CFR Título 40, Parte 50, Apéndice J: PM10. Gravimétrico.
3. Análisis de Laboratorio para la Determinación de SO₂: Método EPA e-CFR Título 40, Parte 50, Apéndice A: Pararosanilina.
4. Análisis de Laboratorio para la Determinación de NO₂: Método Colorimétrico - Griess Saltzman, Resolución No. 3194 del 29 de marzo de 1983.

Matriz: Aire - Fuentes Fijas

1. Análisis de Laboratorio para la Determinación de Óxidos de Nitrógeno, NO_x: EPA e-CFR Título 40, Parte 60, Apéndice A: Método 7
2. Análisis de Laboratorio para la Determinación de Dióxido de Azufre, SO₂: EPA e-CFR Título 40, Parte 60, Apéndice A: Método 6
3. Análisis de Laboratorio para la Determinación de Emisiones de Material Particulado: EPA e-CFR Título 40, Parte 60, Apéndice A-3: Método 5

Matriz: Suelos

1. pH: Determinación de pH en suelos. Métodos Analíticos de Laboratorio de Suelos, IGAC, 6ª edición, 2006.

Que el IDEAM otorgó la acreditación por un periodo de tres (3) años contados a partir de la notificación de la Resolución N° 2064 del 6 de octubre 2010, hecho que ocurrió el día 11 de octubre de 2010, estableciendo como periodo de vigencia de la acreditación desde el 11 de octubre de 2010 hasta el 11 de octubre de 2013.



Matriz: Agua

1. Alcalinidad: Volumétrico, SM 2320 B
2. Dureza Magnésica: Cálculo, SM 3500-Mg B
3. Dureza Cálcica: Volumétrico con EDTA, SM 3500-Ca B
4. Sólidos Disueltos Totales: Electrométrico, SM 2510 B
5. Toma de Muestra Puntual y Compuesta: Variables medidas en campo: Oxígeno Disuelto (SM 4500-O G) y Conductividad Eléctrica (SM 2510 B).

Matriz Aire: Fuentes Fijas

1. Análisis de Laboratorio para la Determinación de SO_2 y H_2SO_4 (Incluyendo SO_3 y neblina de H_2SO_4): USEPA e-CFR Título 40, Parte 60, Apéndice A-4: Método 8

Matriz: Suelo

1. Textura: Método de Bouyoucos, Métodos Analíticos de Laboratorio de Suelos, IGAC, 6ª edición, 2006
2. Hidrocarburos Totales: Material Extractable con n-Hexano para Muestras Sólidas, Lodos y Sedimentos, EPA 9071 B Modificado, Rev. 2, abril de 1998 / Gravimétrico, SM 5520 F Modificado.

Matriz: Biota

1. Fitoplancton: Técnica de Conteo, SM 10200 F Modificado
2. Macrófitas: Análisis de Muestras. Bridson, D & L- Forman. 1992. The Herbarium Handbook. Revised Edition Royal Botanical Gardens, Great Britain

Matriz: Residuos Peligrosos

1. Muestreo: Numeral 1.5.1.1. Barriles y costales o bolsas, Numeral 1.6.2. Muestreo en barriles, Numeral 1.6.3. Muestreo en tanques, Numeral 1.6.4. Muestreo en pilas de desecho. Resolución No. 0062 de 2007 expedida por el IDEAM

Que mediante Resolución N° 2428 del 9 de Octubre de 2013, el IDEAM renovó y extendió el alcance de la acreditación para producir información cuantitativa, física, química y biológica, para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes, a la sociedad CONSULTORIA Y SERVICIOS AMBIENTALES CIAN LTDA, identificada con NIT. 830.502.614-8, con domicilio en la carrera 72 A No. 48 - 20 de la ciudad de Bogotá D.C, para las siguientes variables bajo los lineamientos de la norma NTC-ISO/IEC 17025 "Requisitos Generales de Competencia de Laboratorios de Ensayo y Calibración", versión 2005:

Matriz Agua:

1. pH: Electrométrico, SM 4500-H⁺ B
2. Conductividad Eléctrica: Electrométrico, SM 2510 B
3. Sólidos Disueltos: Electrométrico, SM 2510 B
4. Sulfatos: Turbidimétrico, SM 4500-SO₄²⁻ E
5. DBO₅: Incubación a 5 días y Electrodo de membrana, SM 5210 B, 4500-O G
6. DQO: Reflujo Cerrado y Volumétrico, SM 5220 C
7. Cloruros: Argentométrico, SM 4500-Cl⁻ B
8. Dureza Total: Volumétrico con EDTA, SM 2340 C
9. Dureza Cálcica: Volumétrico con EDTA, SM 3500-Ca B
10. Calcio Disuelto: Volumétrico con EDTA, SM 3500-Ca B
11. Dureza Magnésica: Cálculo, SM 3500-Mg B
12. Magnesio Disuelto: Cálculo, SM 3500-Mg B
13. Alcalinidad: Volumétrico, SM 2320 B
14. Sólidos Suspendidos Totales: Gravimétrico - Secado a 103 °C -105 °C, SM 2540 D
15. Sólidos Sedimentables: Volumétrico - Cono Imhoff, SM 2540 F
16. Grasas y Aceites: Extracción Líquido - Líquido, Partición Gravimétrica, SM 5520 B
17. Detergentes: Surfactantes Aniónicos como SAAM, SM 5540 C
18. Nitratos: Espectrofotométrico Ultravioleta, SM 4500-NO₃ B
19. Nitritos: Colorimétrico, SM 4500-NO₂ B
20. Nitrógeno Amoniacal: Destilación - Fenato, SM 4500-NH₃ B, F
21. Fósforo Reactivo Soluble (Equivalente a Fósforo Soluble, Fosfato Soluble, Ortofosfato Soluble, Ortofosfatos): Ácido Ascórbico, SM 4500-P E

