

DETERMINACION DE LA CALIDAD DEL AGUA POR MEDIO DE
MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES EN EL AREA DE LA
BOCATOMA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP) LA
MULATA EN MOCOA PUTUMAYO.

BRAYAN STEVEN HURTADO BURGOS
LAURA ISABEL ENRIQUEZ MARTINEZ

INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL
PROGRAMA TECNOLOGÍA EN SANEAMIENTO AMBIENTAL

MOCOA

2017

DETERMINACION DE LA CALIDAD DEL AGUA POR MEDIO DE
MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES EN EL AREA DE LA
BOCATOMA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP) LA
MULATA EN MOCOA PUTUMAYO

BRAYAN STEVEN HURTADO BURGOS

LAURA ISABEL ENRIQUEZ MARTINEZ

TRABAJO DE GRADO, MODALIDAD DE MONOGRAFIA PARA OPTAR POR EL
TITULO DE TECNOLOGOS EN SANEAMIENTO AMBIENTAL

ASESOR:

DAVID ESCOBAR

BIOLOGO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO

FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL

PROGRAMA TECNOLOGÍA EN SANEAMIENTO AMBIENTAL

MOCOA

2017

NOTA DE ACEPTACION

Firma de Director

Mocoa, Mayo del 2017

DEDICATORIA

Este trabajo de grado es dedicado principalmente a nuestros padres y hermanos puesto que nos brindaron apoyo y fortaleza en el desarrollo y transcurso de este proceso de formación, ayudándonos a concluir satisfactoriamente nuestro proyecto para poder culminar esta etapa de nuestras vidas.

AGRADECIMIENTOS

El agradecimiento de este trabajo de grado, principalmente a Dios, quien nos ha guiado y ha dado fortaleza para empezar un camino lleno de éxito.

Agradecerle a la base de todo, nuestra familia, en especial a nuestros padres y hermanos, que quienes con sus consejos fueron el motor de arranque y nuestra constante motivación, muchas gracias por su paciencia y comprensión, y sobre todo por su amor.

Por último, nuestros más sinceros agradecimientos, a nuestro tutor de proyecto, quien con su conocimiento y su guía hizo posible la realización de este estudio.

TABLA DE CONTENIDO

1. TITULO	15
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.2. DESCRIPCION DEL PROBLEMA.....	15
2. OBJETIVOS.....	17
3. JUSTIFICACION	18
4. MARCO REFERENCIAL	20
4.1. MARCO TEORICO	20
4.1.1. LA BIOINDICACION	20
4.1.2. LOS MACROINVERTEBRADOS EN LA BIOINDICACION.....	21
4.1.3. EL METODO BMWP PARA COLOMBIA	25
4.1.4. ANTECEDENTES	28
A nivel mundial.....	28
A nivel nacional.....	29
A nivel departamental.....	30
4.2. MARCO CONCEPTUAL	31
4.3. MARCO LEGAL.....	34
4.4. ESTADO DEL ARTE.....	36
4.4.1. LOCALIZACION	36
4.4.2. MOCOA- PUTUMAYO.....	37
4.4.3. ECONOMIA.....	37
4.4.4. CLIMA	38
4.4.5. FLORA Y FAUNA.....	38

4.4.6. UBICACIÓN DE LA BOCATOMA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP) LA MULATA.....	39
5. METODOLOGÍA	40
5.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	40
5.2. PROCEDIMIENTO.....	41
5.2.1. TECNICA EMPLEADA PARA LOS ANALISIS BIOLOGICOS.....	49
5.2.2. TECNICA EMPLEADA PARA LOS ANALISIS FISICO-QUIMICOS	50
6. RESULTADOS.....	51
6.1. DESCRIPCION DE LAS COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS:.....	51
6.1.1. Temporada de verano.	51
6.2. Puntuación de los macroinvertebrados encontrados.....	56
6.3 Calidad del agua por las estaciones	57
6.4 INDICE BMWP	58
6.5. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO	58
6.5.1. Temperatura del agua.....	59
6.5.2. pH.....	59
7. CONCLUSIONES	64
8. RECOMENDACIONES	66
ANEXOS FOTOGRAFICOS	67
BIBLIOGRAFIA.....	70

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Puntaje mde las familias de macroinvertebrados acuaticos para el indice BMWP.	26
Tabla 2 Clasificacion de la calidad del agua segun el indice BMWP.	28
Tabla 3 Estaciones de muestreo.	42
Tabla 4 Tiempos de muestreo	43
Tabla 5 Equipos utilizados en situ.	45
Tabla 6 Equipos utilizados ex situ.	47
Tabla 7 Tecnica empleada para el monitoreo y resultados	49
Tabla 8 Tecnica para analisis fisico quimicos	50
Tabla 9 Clasificacion de macroinvertebrados temporada de verano	51
Tabla 10 Clasificacion de macroinvertebrados temporada invierno	54
Tabla 11 Puntuacion por el indice BMWP.	56
Tabla 12 Determinacion de la calidad segun el indice BMWP.	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Tricópteros.....	24
Figura 2 Crustáceos	24
Figura 3 Familia de efemérotos	25
Figura 4 Mapa del Departamento del Putumayo.....	37
Figura 5 Mapa del municipio de Mocoa	39
Figura 6 Macroinvertebrados en temporada verano.....	53
Figura 7 Macroinvertebrados temporada invierno.....	55
Figura 8 Total de macroinvertebrados en las dos temporadas.....	56
Figura 9 Temperatura	59
Figura 10 PH	¡Error! Marcador no definido.
Figura 11 DQO.	61
Figura 12 Conductividad	62

RESUMEN

En este trabajo el principal objetivo es determinar la calidad del agua en el área de la bocatoma de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) la mulata en Mocoa Putumayo, mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores, complementados con parámetros físico-químicos, con el fin de ampliar la información sobre calidad del agua en la PTAP. Se trata de una investigación descriptiva, basada en un estudio de caso, con un enfoque cuantitativo, donde la metodología utilizada corresponde a indagación, recolección de información en campo, organización de datos, análisis y resultados.

En la cuenca, se establecieron 3 estaciones de muestreo, las cuales fueron seleccionadas considerando el distinto grado de intervención, distribuyéndolas en tramos de 100 mts a lo largo del río. El monitoreo se realizó en dos temporadas invierno y verano. Se midieron 6 variables ambientales y la fauna bentónica fue recolectada cuantitativamente utilizando red Surber, identificando los invertebrados acuáticos hasta nivel taxonómico de familia. Para estudiar la relación entre las variables ambientales se realizaron los análisis estadísticos que permitieron determinar la calidad biológica del agua. Como limitaciones principales se tiene la disponibilidad de equipos de campo que permiten la medición de un mayor número de parámetros in-situ. El uso de bioindicadores de la calidad del agua es importante porque mediante ellos se pueden realizar evaluaciones ambientales de la salud ecosistémica; si bien los parámetros físico-químicos son importantes, pero estos pueden variar en el tiempo, pero la presencia o ausencia de organismos acuáticos reflejan directamente las condiciones ambientales de una fuente hídrica. Por otra parte, contribuye al conocimiento y registro de la biodiversidad de nuestros ríos.

La importancia de este proyecto 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.

Es de resaltar que existen actores antrópicos los cuales están afectando directa o indirectamente en la alteración ecosistémico del área de la bocatoma de la planta de

tratamiento de agua potable (PTAP) la mulata, debido al aumento de actividades agrícolas generando un impacto negativo al medio ambiente, y se ha disminuido la calidad de este recurso haciendo que sea menos útil para su aprovechamiento.

Como conclusión, el uso de organismos vivos como los macroinvertebrados acuáticos, se constituye en buenos indicadores de la calidad de cualquier fuente hídrica.

ABSTRACT

In this work the main objective is to determine the water quality in the area of the drinking water treatment plant (PTAP) mulata in Mocoa Putumayo, through the use of aquatic macroinvertebrates as bioindicators, complemented with physical-chemical parameters , In order to expand the information on water quality in the PTAP. It is a descriptive research, based on a case study, with a quantitative approach, where the methodology used corresponds to inquiry, collection of information in the field, organization of data, analysis and results.

In the basin, 3 sampling stations were established, which were selected considering the different degree of intervention, distributing them in stretches of 100 mts along the river. Monitoring was carried out in two winter and summer seasons. Six environmental variables were measured and the benthic fauna was collected quantitatively using the Surber network, identifying the aquatic invertebrates up to the family taxonomic level. In order to study the relationship between environmental variables, statistical analyzes were carried out to determine the biological quality of the water. The main limitations are the availability of field equipment that allows the measurement of a greater number of parameters in-situ. The use of bioindicators of water quality is important because they can make environmental assessments of ecosystem health; Although physico-chemical parameters are important, but these may vary over time, but the presence or absence of aquatic organisms directly reflect the environmental conditions of a water source. On the other hand, it contributes to the knowledge and registry of the biodiversity of our rivers.

The importance of this project lies in the need to publicize the results of the research in order to link the community in the appropriation and conservation of the ecosystem mentioned, which constitutes an inherent natural capital of the population in general.

It is noteworthy that there are anthropic actors who are directly or indirectly affecting the mulatto ecosystemic alteration of the mulatto drinking water treatment plant (PTAP), due to the increase in agricultural activities, which has a negative impact on the environment , And the quality of this resource has been diminished making it less useful for its use.

In conclusion, the use of living organisms such as aquatic macroinvertebrates, are good indicators of the quality of any water source.

INTRODUCCION

El uso de macroinvertebrados acuáticos constituye hoy en día una herramienta ideal para la caracterización de la calidad del agua, siendo necesario para un adecuado control y conservación de un ecosistema. La presencia y abundancia de estos organismos son registro que al ser analizados bajo índices bióticos pueden arrojar información acerca del estado y calidad del agua en estudio.

A lo largo de las civilizaciones el hombre ha usado el agua para sus diferentes actividades, generando consigo aguas residuales que son vertidas a los cuerpos de agua ocasionando degradación de las mismas, provocando el cambio del paisaje, el incremento de descargas de sedimentos y nutrientes a los sistemas fluviales y la pérdida de la capacidad reguladora de las cuencas con esto se han realizado diversas adaptaciones sobre la utilización de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua en ríos.

Las cuencas y microcuencas hidrográficas, se consideran como las unidades geográficas donde mayor identidad existe, con el fin de implementar estrategias de gestión para su ordenación y manejo, tendiente a mejorar las condiciones de vida de sus habitantes, sin alterar significativamente el rendimiento hídrico y el de sus demás componentes.

Las micro cuencas abastecedoras de acueductos municipales, como en este caso para la ciudad de Mocoa, se constituye en área estratégica para la gestión ambiental, considerando el agua como elemento integrador e indispensable para el sustento diario de las comunidades.

Este trabajo tiene por finalidad dar a conocer la importancia de los macroinvertebrados, bioindicadores acuáticos y gestión de los ecosistemas acuáticos, como una herramienta alternativa y de mucha importancia para la evaluación de calidad de agua en esta región.

1. TITULO

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA POR MEDIO DE MACRO INVERTEBRADOS COMO BIO INDICADORES EN LA BOCATOMA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP) LA MULATA EN MOCOA PUTUMAYO.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Cuál es la condición de calidad biótica del agua del rio el mulato en el área de La bocatoma de la (PTAP) la mulata?

1.2. DESCRIPCION DEL PROBLEMA

Desde el inicio del sistema del acueducto del Municipio de Mocoa departamento del Putumayo, no existe un estudio que logre determinar si la población de dicho municipio cuenta con agua que se encuentre sobre los estándares biológicos de calidad que proveen los bioindicadores hechos por medio de macroinvertebrados acuáticos.¹

La empresa AGUAS MOCOA, solo cuenta con los parámetros físico-químicos, los cuales se realizaron en la bocatoma al iniciar operación en la planta y el área técnica operativa realiza controles de calidad a la entrada de la planta de tratamiento mas no realizan control de calidad en la fuente.²

El problema de los controles de calidad radica en que sus resultados son instantáneos y puntuales determinara la calidad del agua en el momento del muestreo, pero no nos brinda información si el agua ha sido, o está siendo contaminada en otros periodos de tiempo.³ Por otra parte la calidad biótica de las aguas no es la calidad fisicoquímica; aguas de gran pureza, muy pobres en

¹ Ing. química. Nancy Rodríguez 2015 encargada del funcionamiento de la planta de tratamiento de agua la mulata disponible en la empresa aguas Mocoa. (consulta 05/05/2015 y consulta 20/10/2015).

² Gerente Aguas Mocoa S.A E.S.P Luis Carlos Guevara Montilla.

³Roldán,G.(1992).Fundamentosdelimnologiatropical.Disponiblen<http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/1803/1/tesisJAGG.pdf>consulta el (28/01/2016).

nutrientes pueden presentar una excelente calidad fisicoquímica, pero, al no disponer de recursos alimentarios para los organismos no se espera que sea de buena calidad biótica. El no tener estos estudios de parámetros de calidad por medio de macro invertebrados se podrían estar afectando los organismos vivos que habitan en el agua y probablemente puede estar afectando a 3313 suscriptores y alrededor de 16565 personas entre ellos niños, jóvenes y adultos según (Nancy Rodríguez 2015, Ing. Química Aguas Mocoa).y no se sabría por falta de un estudio que lo demuestre.

El presente trabajo de grado nos brinda una solución práctica porque requieren de equipos simples y relativamente baratos, metodologías sencillas como BMWP que diferencia los taxones de macroinvertebrados acuáticos y les asigna un puntaje según su nivel de tolerancia a distintos tipos de perturbaciones del ecosistema acuático de manera que podemos asociar la presencia o ausencia de diferentes grupos de macroinvertebrados con la existencia o no de una perturbación concreta. Por consiguiente proporciona rapidez en la obtención de resultados y una alta confiabilidad, ya que dan información acerca de las variaciones a través del tiempo, lo que hace de estos métodos una herramienta idónea para la vigilancia rutinaria de las cuencas y ríos en general de esta manera se determinaría la calidad del agua.⁴

Se actualiza la información de calidad que se tenía con los parámetros físico-químicos y sabremos en que condición ambiental se encuentra el afluente sí o no está siendo afectada su calidad biótica por las actividades agrícolas y ganaderas en la zona.

⁴ Gutiérrez et al, 2006 “effect of human viruses on public health associated with the use of wastewater and sludge in agriculture an aquaculture”.

2. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar la calidad del agua por medio de Macro invertebrados como Bioindicadores en la bocatoma de la PTAP la mulata en Mocoa-Putumayo.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Calcular el índice BMWP/col de calidad de agua.
- Análisis comparativo entre resultados del índice BMWP y parámetros fisicoquímicos realizados.
- Determinar la calidad del agua.

3. JUSTIFICACION

Según la CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA en sus artículos 79 y 80 establece que es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente y conservar las áreas de especial importancia ecológica, y el DECRETO 3930 DE 2010 señala que le corresponde al Estado garantizar la calidad del agua para consumo humano y, en general, para las demás actividades en que su uso es necesario.

La planta de tratamiento de agua para consumo la mulata ha realizado estudios físico-químicos del agua en la bocatoma, los cuales pueden estar dando cumplimiento a la Constitución Política; pero no se han realizado estudios mediante macroinvertebrados como bioindicadores, los cuales pueden servir a la planta de tratamiento a complementar los estudios ya realizados.

La evaluación de la calidad de agua por medio de indicadores biológicos ofrece una técnica práctica, fácil y precisa para conocer calidad de agua ecológica y opta por tener resultados variados, comparables y diferentes a los tradicionales fisicoquímicos además las nuevas metodologías como la determinación de calidad del agua por medio de macroinvertebrados presentan una serie de ventajas, entre las cuales se pueden citar: requieren de equipos simples y relativamente baratos, metodologías sencillas, rapidez en la obtención de los resultados y una alta confiabilidad, ya que dan información acerca de las variaciones a través del tiempo, lo que hace de estos métodos una herramienta idónea para la vigilancia rutinaria de las cuencas y ríos en general.⁵

Con los bioindicadores en mención se puede comprobar si la captación de agua concebida por la planta de tratamiento de agua potable la mulata tiene las condiciones biológicas que determinan una buena calidad del agua. Siendo está la planta con el tratamiento óptimo para el consumo en el municipio de Mocoa. Existen

⁵ Gutiérrez et al, 2006 “effect of human viruses on public health associated with the use of wastewater and sludge in agriculture an aquaculture”. WHO Colaboration Centre for Mriioorganisms in wastewater. University de Nancy World Health Organization. Geneva. 178 pags.

otros dos acueductos pero no se realiza el tratamiento completo siendo la PTAP la mayor suministradora del servicio con 2.490 usuarios según (Nancy Rodríguez 2015, Ing. Química Aguas Mocoa); por eso es de gran importancia que la planta contenga toda la información de la calidad del agua en donde se capta.

Igualmente la información proporcionada de este estudio podrá servir como base para posteriores investigaciones o para cualquier otra persona que la necesite.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. MARCO TEORICO

4.1.1. LA BIOINDICACION

La evaluación de la calidad del ambiente, en particular de las comunidades acuáticas, ha sido por tradición, desarrollada con base en métodos soportados por mediciones y determinaciones de las características físicas y químicas. Cuando se trata de estimar o determinar la calidad ambiental en general, son aplicados los procedimientos físico-químicos clásicos para denotar el grado de calidad o afectación del parámetro estudiado (Roldan, 1992). Para el análisis de la calidad de las aguas de un río pueden utilizarse diferentes métodos, tanto físico-químicos como biológicos.

Los problemas de los parámetros físico-químicos radican en que sus resultados, son siempre puntuales. Lo que significa que estos métodos sirven para detectar un vertido en el momento en que está en el agua, pero no detectar un vertido realizado unos días atrás. Además, no tienen en cuenta en muchas ocasiones otras alteraciones del ecosistema acuático que pueden afectar a sus componentes⁶ (Roldán, 1992). Y Para complementar a los anteriores se recurre a métodos biológicos, basados en las comunidades de organismos acuáticos, ya que éstos reaccionan ante alteraciones en la calidad de las aguas cambiando su composición específica. Aportan una visión, no sólo puntual, también al tramo, aguas arriba y afectaciones históricas⁷ (Margalef, 1983).

⁶ Roldán, G. (1992). Fundamentos de limnología tropical. Medellín: Universidad de Medellín. Disponible en <http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/1803/1/tesisJAGG.pdf> consulta el (28/01/2016).

⁷ Margalef, R. (1983). Ecología. Barcelona, España: Omega. consulta el (28/01/2016).

4.1.2. LOS MACROINVERTEBRADOS EN LA BIOINDICACION

Los macroinvertebrados acuáticos se definen como aquellos organismos con tamaños superiores a 0.5 mm de longitud es decir, todos aquellos organismos que se pueden ver a simple vista; por lo tanto la palabra “macro” indica que esos organismos son retenidos por redes de tamaño entre 200–500 mm (Rosenberg&Resh, 1993).

Dentro de los cuerpos de aguas continentales, los macroinvertebrados han recibido una gran atención, tanto por su importancia como eslabones tróficos intermediarios entre los productores primarios y consumidores, como por el papel que desempeñan como transformadores e integradores de la materia orgánica (hojas, semillas, ramas, troncos caídos, entre otros) principal entrada de energía a los sistemas fluviales. Los invertebrados se encuentran entre los organismos que mejor se han adaptado a los ecosistemas fluviales, ya que viven en la mayoría de los arroyos y ríos de todo el mundo⁸ (Rodríguez et al., 2009).

El uso de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua, tiene cada vez mayor aceptación y es uno de los métodos más usados en la evaluación de los efectos ambientales causados por el desarrollo de proyectos de diferente índole (represas, minas, carreteras, actividad petrolera y otros), que de alguna forma repercuten en los ecosistemas acuáticos (Rodríguez, Muñoz, Bonada, Gaudes, & Tamonova, 2009; Roldán, 1992).

La limnología ha estado siempre muy vinculada al estudio de la contaminación de ríos, lagos y al diseño de instalaciones de depuración aprovechando la actividad de los propios organismos en la descomposición de la materia orgánica y en el ciclado de sus elementos (Margalef, 1983a). Dentro de los múltiples índices biológicos de calidad propuestos, Inhaber (1976), House & Ellis (1980) señalan que los macroinvertebrados son organismos que se consideran como indicadores biológicos

⁸ Rodríguez, C., Muñoz, A., Bonada, I., Gaudes, A., & Tamonova, S. (2009). La biota de los ríos: los invertebrados. Conceptos y técnicas en ecología. Consult el (28/01/2016).

principales⁹. Este planteamiento surge debido a la existencia de una estrecha correlación entre las comunidades de estos organismos y los factores del ambiente donde se desarrollan, de modo que cuando estos cambian, unas especies son reemplazadas por otras adaptadas a las nuevas condiciones.

El análisis estructural de las comunidades bénticas se usa a menudo para determinar la calidad del agua, ya que los taxones que las constituyen presentan ciclos de vida largos y escasos poder de locomoción, lo cual permite la acción directa y continua de sustancias que alteran las condiciones del medio acuático donde viven, de modo que resultan muy afectados (Vega, Aguilar, Diez, & Gil, 1989). Al evaluar la calidad del agua mediante el estudio de la composición y la estructura de las comunidades de organismos surge el término de calidad biológica¹⁰. Se considera que un medio acuático presenta buena calidad biológica cuando tiene unas características naturales que permiten que en su seno se desarrollen las comunidades de invertebrados¹¹ (Tercedor, 1996). Se juzga que un organismo es indicador de la calidad de agua, cuando se encuentre invariablemente en un ecosistema de características definidas y cuando su población es porcentualmente superior al resto de los organismos con los que comparte el hábitat¹² (Roldán, Bohórquez, Castaño, & Ardilla, 2001). Para Rosenberg & Resh (1993) los macroinvertebrados acuáticos han sido muy aceptados como uno de los componentes más adecuados para el monitoreo biológico en ecosistemas acuáticos por presentar las siguientes ventajas ecológicas:

⁹ House, m., & Ellis, J. B. (1980). Water quality indices: and additional management tool. Programa watertechnology.consulta el (28/01/2016).

¹⁰ Vega, E., Aguilar, C. I., Diez, D., & Gil, H. (1989). Macroinvertebrados acuáticos presentes en algunas corrientes del oriente antioqueño. consulta el (28/01/2016).

¹¹ Tercedor, J. A. (1996). Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV Simposio del Agua en Andalucía consulta el (28/01/2016).

¹² Roldán, G., Bohórquez, A., Castaño, R., & Ardilla, J. (2001). Estudio limnológico del embalse del Guavio. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas y Naturales, consulta el (28/01/2016).

- Son abundantes, de amplia distribución (prácticamente universales) y fáciles de recolectar. - Son sedentarios en su mayoría y, por tanto, reflejan las condiciones locales.
- Relativamente fáciles de identificar, si se comparan con otros grupos, como las bacterias, virus, entre otros. - Presentan los efectos de las variaciones ambientales de corto tiempo (extremadamente sensibles a perturbaciones).
- Proporcionan información para integrar los efectos acumulativos.
- Presentan un patrón de estímulo-respuesta ante alteraciones físico-químicas.
- Poseen ciclos de vida largos.
- Son apreciables a simple vista.
- Se pueden cultivar en el laboratorio.
- Responden rápidamente a tensores ambientales.
- Varían poco genéticamente.
- Existen métodos de evaluación y conocimiento sobre taxonomía para algunas regiones.

Los métodos que consideran macroinvertebrados para determinar la calidad de las aguas han sido empleados en Europa desde principios del siglo XX. Muchos de ellos tiene su origen en los trabajos desarrollados por Kolkwitz & Marsson (1908) quienes propusieron el Sistema Saprobiótico Continental, base para el desarrollo de nuevos índices (o modificaciones), como: TrentBioticIndex (TBI), Biological Monitoring Working Party (BMWP), BelgiumBioticIndex (BBI), the RiverInvertebrate Prediction and Clasification System (RIVPACS)¹³. Diversos estudios realizados con estos métodos han determinado que taxones como Plecoptera, Ephemeroptera, Trichoptera y Coleóptera son altamente sensibles a la contaminación. A diferencia de estos, entre los taxones que resisten diferentes grados de contaminación se encuentran Oligochaeta, Hydrudinea, Chironomidae (Diptera y Gastropoda, los cuales pueden

¹³ Kolkwitz, R., & Marsson, M. (1908). Okologie del pflanzlichensaprobien. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 1908, 1-10. Hes.consulta el (28/01/2016).

vivir en bajas concentraciones de oxígeno (Figueroa, Valdovinos, Araya, & Parra, 2003)¹⁴.

En ríos de montaña de aguas frías, transparentes, oligotróficas y bien oxigenadas se espera encontrar poblaciones dominantes de efemerópteros, tricopteros y plecópteros. Adicionalmente estarían presentes odonatos coleópteros, hemípteros, dípteros, neurópteros, ácaros, crustáceos y otros grupos en bajas proporciones (Figueroa, Valdovinos, Araya, & Parra, 2003).

Figura 1 Tricopteros



Fuente 1 Roldán, G., Bohórquez, A., Castaño, R., & Ardilla, J. (2001).

Figura 2 Crustáceos



Fuente 2 Roldán, G., Bohórquez, A., Castaño, R., & Ardilla, J. (2001).

¹⁴ Figueroa, R., Valdovinos, E., Araya, E., & Parra, O. (2003). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 76, 275-285. consulta el (28/01/2016).

Figura 3 Familia de Efemerópteros



Fuente 3 Roldán, G., Bohórquez, A., Castaño, R., & Ardilla, J. (2001).

NOTA; Es mucho más amplia la variedad de macroinvertebrados que se pueden encontrar en ríos de montaña sobre todo los Phylum antropodos

En aguas intermedias, que comienzan a mostrar síntomas de contaminación, o por el contrario, que comienzan a recuperarse, es común encontrar poblaciones dominantes de turbelarios, hirudíneos, quironómidos, oligoquetos y algunos moluscos (Roldán, 2003)¹⁵.

En ríos y quebradas contaminados con materia orgánica, de aguas turbias, con poco oxígeno y eutróficas, se espera encontrar poblaciones dominante de oligoquetos, quironómidos y ciertos moluscos (Roldán, Bohórquez, Castaño, & Ardilla, 2001)¹⁶.

4.1.3. EL METODO BMWP PARA COLOMBIA

El Biological Monitoring Working Party (BMWP) fue establecido en Inglaterra en 1970, como un método sencillo y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores. Este método Consiste en asignar un valor de bioindicación a cada una de las familias taxonómicas de macroinvertebrados, el

¹⁵ Roldán, G. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Medellín: Universidad de Medellín. Consulta el (28/01/2016).

¹⁶ Roldán, G., Bohórquez, A., Castaño, R., & Ardilla, J. (2001). Estudio limnológico del embalse del Guavio. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas y Naturales, consulta el (28/01/2016).

puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica, los cuales para Colombia han sido previamente establecidos por Roldan-Pérez (2003).

Con base en el conocimiento que actualmente se tiene en Colombia sobre los diferentes grupos de macroinvertebrados hasta el nivel de familia, se propone utilizar el método BMWP / Col. Como una primera aproximación para evaluar los ecosistemas acuáticos del país (Roldán, 2003).

A continuación se presentan los valores de indicación calculados para cada familia en el estudio realizado por Riss, Ospina, & Gutiérrez (2002) y los valores propuestos en la adaptación realizada del BMWP / Col para macroinvertebrados en Colombia, publicados en el libro de Roldán (2003).

Tabla 1. Puntaje de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col ajustados por Roldán (2003).

Fuente:

<http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/1803/1/tesisJAGG.pdf>

Tabla 1 Puntaje de las familias de macroinvertebrados acuaticos para el indice BMWP.

FAMILIA	PUNTAJE
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hidridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae,	9

Polycentropodidae, Xiphocentronidae.	
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Vellidae	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, enagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancylidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pylalidae, Tabanidae, Thiaridae.	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Sphaeridae	4
Lymnaeidae, Hydrometridae, Noteridae, Dolichopudidae, Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae,	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae	2
Tubificidae	1

Fuente 4 biological monitoring working party43615961.2009_5.pdf

Se presenta una escala de valores colorimétrica de la calidad del agua relacionada con el puntaje BMWP/Col. Roldan (2003).

Tabla 2 Clasificación de la calidad del agua según el índice BMWP.

CLASE	CALIDAD BMWP/COL	RANGO	SIGNIFICADO	COLOR
I	BUENA	101-120 o mayor a 150	Aguas muy limpias no contaminadas	Azul
II	ACEPTABLE	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	DUDOSA	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	CRITICA	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	MUY CRITICA	Menor a 15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente 5 biological monitoring working party43615961.2009_5.pdf

Anexo: Phylum, clase, orden, familia, subfamilia y genero de los macroinvertebrados con los que se determinara la calidad del agua.

4.1.4. ANTECEDENTES

Debido a numerosas ventajas, el uso de bioindicadores para medir la calidad de agua, especialmente de ríos y quebradas, ha cobrado cada vez más importancia a nivel mundial, y recientemente también se está implementado en varios países latinoamericanos

A nivel mundial.

Bioindicación o biomonitoreo relacionan el uso de insectos acuáticos como indicadores de calidad de agua.

En Europa, en el año 1848, Kolenati mencionó que la ausencia de larvas de tricótelos en un río fue causada por la influencia de una ciudad aguas arriba (Williams & Feltmate1992). Y Cohen, en 1853, observó que ciertos organismos muestran una relación con la pureza y contaminación del agua (Sladeczek 1973).

En 1869, Metz utilizó microorganismos para determinar el daño ecológico a la calidad del agua debido a residuos domésticos e industriales. Poco tiempo después, al inicio del siglo XX, se presentó el primer uso de un índice biótico, cuando Kolkwitz&Marson (1908-1909) desarrollaron en Alemania la idea de saprobidad para referirse al grado de contaminación en ríos debido a las aguas residuales que disminuyen la cantidad de oxígeno disuelto.

En los Estados Unidos, la investigación más temprana en relación a Bioindicación o biomonitoreo se originó de los estudios limnológicos y del concepto de comunidad biológica de S. A. Forbes desde 1870 a 1887 (Cairns&Pratt 1993); concepto que años más tarde junto al trabajo de Richardson en 1913 y 1928 sirvió para clasificar zonas de contaminación a lo largo del Río Illinois (Shepardsf.)

A nivel nacional.

La Bioindicación en Colombia se remonta a los años setenta con los trabajos de (Roldán, 1980) cuando por primera vez se realizó un estudio de la fauna de macroinvertebrados como indicadores del grado de contaminación del río Medellín. Posteriormente, Mathhias & Moreno (1983) realizaron un estudio fisicoquímico y biológico del mismo río utilizando los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua. Bohórquez & Acuña (1984) realizaron los primeros estudios para la sábana de Bogotá. Roldán (1988) publicó la primera guía para la identificación de los macroinvertebrados acuáticos en el departamento de Antioquia, y luego se comprobó su aplicación para la mayoría de los países neo tropicales. También en 1992 publicó el libro Fundamentos de Limnología Neo tropical y posteriormente adaptó el sistema del BMWP para evaluar la calidad del agua en Colombia mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos.

Zúñiga, Rojas, & Serrato (1994) hicieron una adaptación de esta metodología para algunas cuencas del Valle del Cauca. Reinoso (1999) realizó un estudio del río Combeima en el departamento del Tolima. Después, Roldán (2003) adaptó el sistema para la cuenca de Piedras Blancas en el departamento de Antioquia y

finalmente Zamora (2005) realizó una adaptación del índice BMWP para la evaluación de la calidad de las aguas epicontinentales

Las publicaciones más recientes e importantes destacan el libro Bioindicación de la calidad del agua en Colombia (Roldán, 2003) y los trabajos realizados en la Sabana de Bogotá por Riss, Ospina, & Gutiérrez (2002), en el que se incluye una lista, con los valores de indicación propuestos para las familias de macroinvertebrados reportadas durante su estudio (Roldán, 2003; Roldán, 2012). Teniendo en cuenta que no todas las familias reportadas en la cuenca del Río Garagoa se encuentran referenciadas en el trabajo en cuestión, y con el fin de dar una estimación de la calidad del agua más acertada, para familias como Veliidae, Mesoveliidae, Corydalidae y Naucoridae se tuvieron en cuenta además los valores propuestos por (Roldán, 2003). Con base en el conocimiento que actualmente se tiene en Colombia sobre los diferentes grupos de macroinvertebrados hasta el nivel de familia, se propone utilizar el método BMWP / Col. Como una primera aproximación para evaluar los ecosistemas acuáticos del país (Roldán, 2003).

A nivel departamental

En el departamento del Putumayo se han realizado proyectos a cargo de estudiantes del instituto tecnológico del putumayo por medio de la utilización de macroinvertebrados como bioindicadores de impactos ambientales; estos proyectos van en busca de un conocimiento por medio de la investigación.

La monografía elaborada para optar el título de tecnólogos ambiental, a cargo de Patricia Lorena rosero, Ana Luisa Carvajal y José Antonio Castro titulada “macroinvertebrados bentónicos como indicadores de contaminación en la parte baja del rio Sangoyaco” presentado el 6 de junio del 1998”.

Patricia Romo y Luz Dallys Rosas Santacruz con su trabajo de grado titulado “caracterización de la incidencia antrópica sobre la fauna béntica (macroinvertebrados), la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua en la zona

baja del río rumiaco. Municipio de Mocoa” presentado el 11 de agosto de 1999 para obtener el título de tecnólogos ambientales en el ITP“;

El proyecto “caracterización preliminar de macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos de la calidad del agua de la micro cuenca río tamuca municipio de Santiago, departamento del putumayo” a cargo de los estudiantes Joan Frey Vallejo Andrade y Jorge Froilán Mallama Botina, presentada el 10 de diciembre del 2002;

Fanny Natalia Chamorro Grajales y Yuri Alexandra Pianda Zambrano “macroinvertebrados como indicadores de la calidad edáfica en los suelos del jardín botánico tropical amazónico Mocoa putumayo”^{04 DE JUNIO DEL 2014}; y la última investigación “evaluación de la calidad del agua a través de macroinvertebrados bentónicos en un sector del río Sangoyaco municipio Mocoa-departamento del putumayo; a cargo de los estudiantes Luz Hermencia Benavides, Diana Carolina Díaz, Yanid Emilse Gutiérrez, Belcy Yurani López y Tania Lizet Ortiz, en su trabajo de seminario para optar el título de tecnólogos ambientales .

Estas investigaciones de los estudiantes del ITP han servido como base para realizar nuestra investigación.¹⁷

4.2. MARCO CONCEPTUAL

PTAP: Planta de tratamiento de agua potable

PLANTA DE AGUA POTABLE LA MULATA: Recibe el nombre de la mulata porque hace la extracción del río mulato, por medio de una bocatoma diseñada para no modificar el caudal. Es transportada por un tubo de 14 pulgadas donde llega a un contenedor, después es transportada por unos tubos de menor diámetro hacia la PTAP donde se realiza un tratamiento con el propósito de cumplir con los parámetros de la resolución 2115/2007 Por medio de la cual se señalan

¹⁷TRABAJOS DE GRADOS EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO, en la utilización de macroinvertebrados como bioindicadores de efectos negativos en el ambiente disponible en biblioteca del ITP. (consulta 29/04/2015)

características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano según (Nancy Rodríguez 2015, Ing. Química Aguas Mocoa). Después de este tratamiento el agua puede ser distribuida a los usuarios del municipio de Mocoa putumayo.

MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS: Son aquellos organismos invertebrados con un tamaño superior a 500 μm , los cuales desarrollan todo su ciclo de vida en el agua.

BIOINDICACIÓN: Sistema que consiste en la utilización de formas de vida como indicadores, según sus signos y manifestaciones, de calidades del nicho ecológico donde prevalecen.

CALIDAD DEL AGUA: Se refiere a las características químicas, físicas, biológicas y radiológicas del agua. Los estándares más comunes utilizados para evaluar la calidad del agua se relacionan con la salud de los ecosistemas esta depende tanto de factores naturales como de la acción humana.

BOCATOMA: Son estructuras hidráulicas construidas sobre un río o canal con el objeto de captar, es decir extraer, una parte o la totalidad del caudal de la corriente principal.

INVESTIGACIÓN: Es el conjunto de actividades de índole intelectual y experimental de carácter sistemático, con la intención de incrementar los conocimientos sobre un determinado asunto.

PHYLUM: tipo de organización taxonómica.

SUBPHYLUM: rango taxonómico de subdivisión va por debajo del Phylum.

PHYLUM ARTHROPODA: Constituye el grupo de taxones más numeroso en el cual se incluye los macro invertebrados bentónicos.

SUBPHYLUM INSECTA (EPHEMEROPTERA): constituyen el grupo más numeroso dentro de los macroinvertebrados bentónicos y hay una amplia representación de

organismos acuáticos como efémeros, plecópteras, odonatos, y tripcoteras otros grupos con algunas especies acuáticas como los hemípteros, coleópteros o dípteros. La mayor parte de las especies solo pasan una parte de su ciclo en el medio acuático.

ÍNDICE BMWP: Fue establecido en Inglaterra en 1970, como un método sencillo y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores.

ASPT: Puntaje promedio por tazón.

AGUAS CONTINENTALES: Cuerpos de agua que se encuentran sobre o debajo de la superficie de la tierra.

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA: Son parámetros con los que cuenta el agua, los cuales al ser alterados ocasionan su contaminación.

PARÁMETROS FÍSICOS: Turbiedad, temperatura, color, evaporación y salinidad.

PARÁMETROS QUÍMICOS: Oxígeno disuelto, potencial de hidrogeno (pH), dióxido de carbono alcalinidad total, dureza total y compuestos nitrogenados.

LIMNOLOGIA: Estudia todo lo que respecta a ecosistemas acuáticos continentales lo que involucra a lagos, lagunas, ríos, charcas, marismas y estuarios.

COMUNIDADES BENTICAS: Es un conjunto de poblaciones de especies interrelacionadas entre sí en un área concreta donde se dan unas condiciones ambientales específicas

TAXONOMÍA: Se trata de la ciencia de la clasificación que se aplica en la biología para la ordenación sistemática y jerarquizada de los grupos de animales y de vegetales.

4.3. MARCO LEGAL

Constitución Política de Colombia de 1991: Los derechos colectivos y del ambiente.

Artículo 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

Artículo 80. Donde dice que el estado planificara el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación restauración o sustitución.

Además deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados, así mismo cooperara con otras naciones en la protección.

El código nacional de los recursos naturales en el decreto 2857 de 1981 describe en su capítulo I, las disposiciones generales, singularizando los aspectos genéricos de una cuenca en el siguiente artículo:

Artículo 4: Finalidades de la ordenación. La ordenación de una cuenca tiene por objeto principal el planteamiento del uso y manejo de sus recursos y la orientación y regulación de las actividades de los usuarios de manera que se consiga mantener o restablecer un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento económico de tales recursos y la preservación de la estructura físico – biótica de la cuenca y particular mente de sus recursos hídricos.

La ordenación así concebida construye el marco para planear el desarrollo integral de la cuenca y programar la ejecución de proyectos específicos de aprovechamiento hidráulico.

La ley 99 del 93: 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. Se organiza el SINA y se dictan otras disposiciones.

Artículo 1

Numeral 2. La biodiversidad del país, por ser patrimonio nacional y de interés de la humanidad, deberá ser protegida prioritariamente y aprovechada en forma sostenible.

Numeral 5. En la utilización de los recursos hídricos, el consumo humano tendrá prioridad sobre cualquier otro uso.

Artículo 5.

Numeral 11. Dictar regulaciones de carácter general tendientes a controlar y reducir las contaminaciones geosférica, hídrica, del paisaje, sonora y atmosférica, en todo el territorio nacional;

Numeral 12. Donde habla de fijar las pautas generales para el ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas y demás áreas de manejo especial.

Decreto 2811 del 1974.

Artículo 1. El ambiente es patrimonio común. El Estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo, que son de utilidad pública e interés social. La preservación y manejo de los recursos naturales renovables también son de utilidad pública e interés social.

Artículo 8. En el párrafo donde define que es contaminación:

Se entiende por contaminación la alteración del ambiente con sustancias o formas de energía puestas en él, por actividad humana o de la naturaleza, en cantidades, concentraciones o niveles capaces de interferir el bienestar y la salud de las personas, atentar contra la flora y la fauna, degradar la calidad del ambiente de los recursos de la nación o de los particulares.

Se entiende por contaminante cualquier elemento, combinación de elementos, o forma de energía que actúen potencialmente pueda producir alteración ambiental de las precedentemente descritas. La contaminación puede ser física, química o biológica.

Norma ISO 9001 del 2008.

La adopción de un enfoque basado en procesos cuando se desarrolla, implementa y mejora la eficacia de un sistema de gestión de la calidad.

Artículo 9: El uso de elementos ambientales y de recursos naturales renovables, debe hacerse de acuerdo con los siguientes principios:

C, La utilización de los elementos ambientales o de los recursos naturales renovables debe hacerse sin que lesione el interés general de la comunidad, o el derecho de terceros;

E, Los recursos naturales renovables no se podrán utilizar por encima de los límites permisibles que, al alterar las calidades físicas, químicas o biológicas naturales, produzcan el agotamiento o el deterioro grave de estos recursos o se perturbe el derecho a ulterior utilización en cuanto esta convenga al interés público.

4.4. ESTADO DEL ARTE

4.4.1. LOCALIZACION

El Putumayo es uno de los 32 departamentos de Colombia y se encuentra al suroeste del país, al norte de las fronteras con Ecuador provincia de Sucumbíos y Perú departamento de Loreto. Al norte se encuentran los departamentos de Cauca y Caquetá, al oeste el departamento de Nariño y al este el departamento del Amazonas. El territorio del departamento hace parte además de la región amazónica colombiana. Tiene una superficie de 24.885 km². Geográficamente el Putumayo se

encuentra localizado entre 01° 26' 18" y 00° 27' 37" de latitud norte, y 73° 50' 39" y 77° 4' 58" de longitud oeste.³ La capital es la ciudad de Mocoa.¹⁸

Figura 4 Mapa del departamento del putumayo.



Fuente 6 [http://www.ecured.cu/index.php/Putumayo_\(Colombia\)](http://www.ecured.cu/index.php/Putumayo_(Colombia)) consulta 08 de mayo de 2014

4.4.2. MOCOA- PUTUMAYO

Es un municipio colombiano, capital del Departamento del Putumayo. En el piedemonte Andino Amazónico de la cordillera de los Andes arropa la ciudad de Mocoa, capital del departamento de Putumayo en la República de Colombia. Fundada el 29 de septiembre de 1563 por el Capitán Gonzalo H. de Avendaño.

4.4.3. ECONOMIA

Las actividades económicas de mayor importancia son la minería. La agricultura y la ganadería solo se ven en el alto putumayo. Se destacan los cultivos de maíz, plátano, yuca, piña, chontaduro fruto y palmito, caña de azúcar y en menor escala arroz, ñame, hortalizas y frijol. La ganadería presenta grandes excedentes lácteos principalmente en el Valle de Sibundoy. Se han descubierto yacimientos de petróleo en el municipio de Orito, considerados entre los más grandes del mundo. Existen

¹⁸ [http://www.ecured.cu/index.php/Putumayo_\(Colombia\)](http://www.ecured.cu/index.php/Putumayo_(Colombia)) consulta 08 de mayo de 2014.

yacimientos de oro de veta y aluvión en las formaciones geológicas del denominado Macizo Colombiano.

4.4.4. CLIMA

En la región del piedemonte, con el aumento de la altitud, las precipitaciones inicialmente aumentan hasta llegar a su óptimo pluviométrico entre los 2.300 y 3.500 mm, para luego descender rápidamente. La llanura se caracteriza por las altas temperaturas superiores a los 27 °C, con una precipitación promedio anual de 3.900 mm. Sus tierras se distribuyen en los pisos térmicos cálido, templado y bioclimático páramo.

La presencia de lluvias es constante durante todo el año, pero se pueden definir unas épocas de “verano ecológico” en las cuales el volumen de lluvia mensual está por debajo del promedio, La que corresponde a los meses de noviembre a febrero. Por otra parte, se observa también un período en el cual el volumen de lluvias es superior al promedio mensual, determinando una época de “invierno ecológico” la cual corresponde a los meses de abril a junio¹⁹.

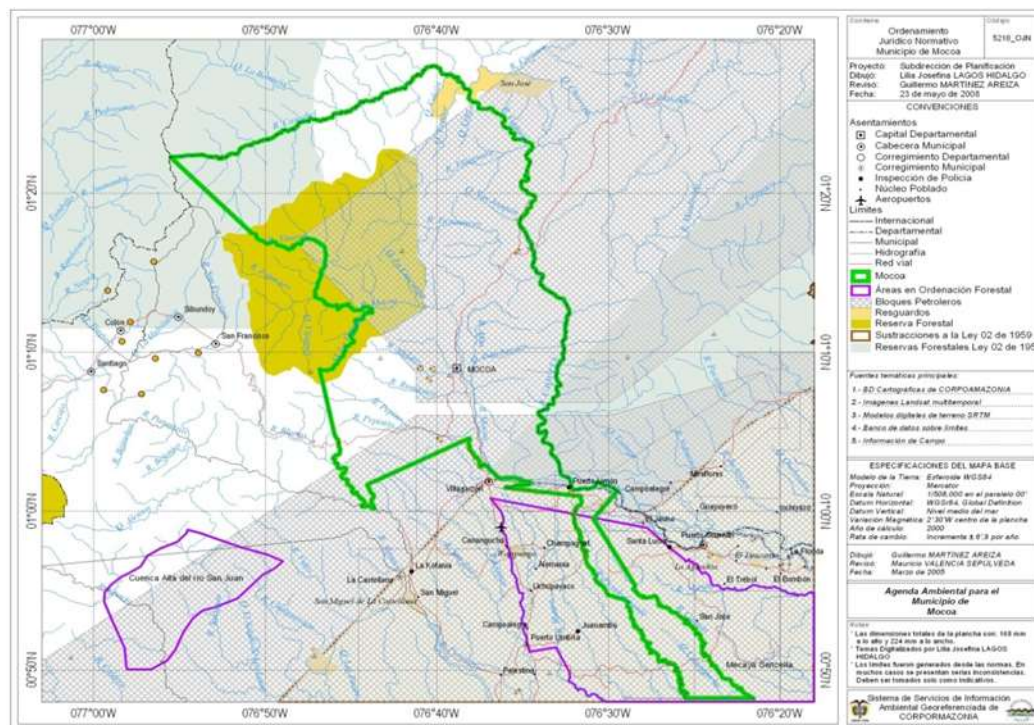
4.4.5. FLORA Y FAUNA

El Putumayo posee una gran diversidad florística y de fauna que le dan una riqueza incalculable, según CORPOAMAZONIA la región tiene 1'800.054 ha en bosque, 653.495 ha sin bosque, 63.185 ha de cuerpos de agua, 5.726 en paramos y 14.836 en otras. Existen especies andinas como: motilón, mayo, moquillo, Arrayán, sangre de drago entre otras y especies amazónicas como: Sangre toro, Amarillo, Caimo, guamo, guarango blanco entre bosque Semidensos, densos y muy densos. El 85% del territorio del Putumayo hace parte de la gran planicie amazónica región con un alto endemismo y biodiversidad en especies como mariposas, aves, reptiles y primates. En el alto Putumayo se puede encontrar variedad de anfibios y aves, los humedales sirven como sitio de migración de patos del norte. Conservar la flora y la

¹⁹ El clima de la región del sur de la Amazonia colombiana.

fauna permite mantener el equilibrio ecosistémico para que perdure el agua elemento básico para la producción.²⁰

Figura 5 Mapa del municipio de Mocoa



Fuente 7 /www.corpoamazonia.gov.co/region/Putumayo/Municipios/13_5210_mocoa_ojn.jpg.

4.4.6. UBICACIÓN DE LA BOCATOMA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP) LA MULATA

La bocatoma se encuentra ubicada en el sur occidente del municipio, en la vereda el Líbano a unos 4463 metros en línea recta con el centro de la ciudad de Mocoa.

²⁰ <http://mocoa-putumayo.gov.co/index.shtml#3> consulta 08 de mayo de 2014.

Figura 7 Mapa de la localización de la bocatoma



Fuente 7 Elaboración propia

5. METODOLOGÍA

Para el logro de los objetivos propuestos en el trabajo de grado determinar la calidad del agua por medio de Macro invertebrados como Bioindicadores en la bocatoma de la PTAP la mulata en Mocoa-Putumayo, se ha previsto realizar una investigación minuciosa, con el fin de recopilar información realizando las siguientes actividades.

5.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Investigación explorativa: Existen estudios sobre su calidad mediante parámetros físico químicos pero no se han realizados por parámetros biológicos, por tal motivo determinar la calidad del agua por medio de macro invertebrado es un estudio nuevo que determinara si la concesión de agua es de buena calidad.

Grado de abstracción

Investigación básica: Este estudio determinara la calidad del agua en la bocatoma, actualizando los datos que tiene la PTAP sobre calidad del agua al inicio de operación.

Grado de generalización

Investigación fundamental: Este estudio generara conocimiento de la calidad del agua por medio de parámetros biológicos, mediante la determinación que ofrece el índice (BMWP/COL roldan 2003) mas no buscara realizar cambios dentro de la planta. Es un trabajo que busca solo información.

Investigación descriptiva: Se generara información del lugar de donde se capta el agua mediante el protocolo de campo.

La naturaleza de los datos

Metodología cuantitativa y clasificativa: Porque la interpretación de los resultados se desarrollara dependiendo de la cantidad y la clasificación según roldan (1985). Respecto a la clasificación se asignara un puntaje y escala que proporciona el índice (BMWP para COLOMBIA roldan 2003) y así determinar la calidad del agua.

5.2. PROCEDIMIENTO

DILIGENCIAR EL PROTOCOLO DE CAMPO:

PROTOCOLO DE CAMPO DEL MUESTREO

1. Localización: Vereda el Líbano
2. Municipalidad: Mocoa
3. Nombre del cuerpo de agua: La Mulata
4. Sitio de muestreo:

Localizada en el sector Sur Occidente del sector rural; en el área de estudio se observan casas aisladas, encontramos cierta clase de bosques en su alrededor, bosque primario bajamente intervenido. En cuanto a bosque secundario posee rastrojos bajos y rastrojo alto. Existe una cobertura vegetal en pastos con plantas herbáceas entre los que se encuentran pastos en rastrojos.

Tabla 3 Estaciones de muestreo.

ESTACION	CORDENADAS		DESCRIPCION
	N	W	
PRIMERA ESTACIÓN	01°09'23.9"	076°41'28"	Se determinan tres estaciones en la parte alta, media y baja según el protocolo para toma de muestras en ríos hecho por corpoamazonia. En cada estación se hace la recolección de forma horizontalmente en la trayectoria el rio.
SEGUNDA ESTACIÓN	01°09'24.3"	076°41'26.9"	
TERCERA ESTACIÓN	01°09'23.7"	076°41'25.8"	

Fuente 8 Autores

Las estaciones se caracterizan por la presencia de piedras de gran tamaño y mayor pendiente, donde se ve favorecida la formación de zonas de caída de agua donde la velocidad de la corriente es mayor.

5. Hoja Cartográfica:



6. Función (uso) del curso de agua: Captación y abastecimiento.

7. Responsables del muestreo: Brayan Steven Hurtado- Laura Isabel Enríquez.

8. Fecha:

La investigación de campo se desarrolló en dos ocasiones el 15 de noviembre del 2015 temporada de verano y el 20 de abril del 2016 temporada de invierno con el fin de ver la variación de las especies de macro invertebrados.

9. Horas:

Los muestreos se desarrollaran con una intensidad de una hora.

Tabla 4 Tiempos de muestreo.

MONITOREO	TEMPORALIDAD	DESCRIPCION
PRIMER MONITOREO	10:10 am - 11:10 am	Se monitoreo en este intervalo de tiempo debido a que las condiciones climáticas son las más favorables para la recolección según el protocolo para toma de muestras en ríos.
SEGUNDO MONITOREO	11:20 am - 12:20 pm	
TERCER MONITOREO	12:30 pm - 1:30 pm	

Fuente 9 Autores

10. Tipología del curso de agua

- A. Tipo: curso inicial X medio __ bajo __ desembocadura__.
- B. Río/quebrada X (tierra baja, montaña), canal, estanques, laguna, lago, otros_____.
- C. Ancho: _____m. Profundidad: _____m. Pendiente: _____.
- D. Velocidad del agua: rápido, moderado X, lento, estancado (_____m/s).
- E. Nivel de agua en función de: marea, precipitación, estación de bombeo, inundación_____.
- F. Presencia de materia orgánica: Si____ No_____.
- a) Descripción del tipo de materia orgánica: Paquetes de hojarasca, particulado fino.
- G. Trabajos de ingeniería: X canalizado, regulado, extracción de material_____.

11. Ambiente en los alrededores: X agrícola, industrial, residencial, otros.

Estado de la contaminación.

- A. Caracterización visual: ninguna, mediana, moderada, contaminada, muy contaminada.
- B. Presencia de: desechos orgánicos, espumas, aceites, organismos muertos, desechos sólidos.
- C. Fuentes de contaminación: doméstica, industrial, agrícola, otras.
- D. Presencia de peces: _____.
- E. Observación personal: _____.
- F. Referencia: _____.
- G. Color del agua: _____ Olor: _____
- H. Transparencia: clara, turbia, muy turbia, no transparente.

12. Muestreo.

A. Técnica de muestreo:

I. Red de mano:

II. Sustrato Artificial:

III. Número de muestras: _____ Tiempo de exposición: _____.

IV. Fecha de recolección: _____.

B. Condiciones ambientales:

I. Antes del muestreo: _____.

II. Durante el muestreo: _____.


C. Otros comentarios: _____.

13. Figura del sitio de muestreo: (Hacer el croquis del sitio de muestreo)

5.2.2 MONITOREO

EQUIPOS Y MATERIALES: Utilización de equipos y materiales en el trabajo: medición de parámetro en situ y ex situ.

Tabla 5 Equipos utilizados en situ


EQUIPOS Y MATERIALES EN EL TRABAJO: ANALISIS EN SITU	
EQUIPO	DESCRIPCION
	<p>GPS.</p> <p>Es un sistema que permite determinar en toda la Tierra la posición de un objeto con una precisión de hasta centímetros (si se utiliza GPS diferencial), aunque lo habitual son unos pocos metros de precisión.</p>

	<p>PHmetro:</p> <p>Es un sensor utilizado en el método electroquímico para medir el pH de una disolución.</p>
	<p>Conductímetro</p> <p>Es un aparato que mide la resistencia eléctrica que ejerce el volumen de una disolución encerrado entre los dos electrodos.</p>
	<p>Termómetro.</p> <p>Es un instrumento de medición de temperatura.</p>
	<p>Pelota plástica.</p> <p>Una pelota es una bola circular utilizada en deportes de pelota y otros juegos. Las pelotas normalmente son esféricas, pero pueden poseer formas diferentes.</p>
	<p>Malla Surber</p> <p>Consta de dos marcos metálicos unidos por bisagras, uno de los cuales se coloca sobre el fondo del sustrato y el otro queda en posición vertical para sostener una red de unos 80 cm. de longitud y con un ojo de malla de aproximadamente 500 μm.</p>

	<p>Pincel</p> <p>Instrumento para pintar o aplicar sobre una superficie sustancias, sujeto a un mango; es más estrecho y delgado que una brocha.</p>
	<p>Cepillos</p> <p>Es un instrumento de higiene oral utilizado para limpiar los dientes y las encías. Consiste en un cuerpo o mango aproximadamente recto en uno de cuyos extremos (o cabeza del cepillo) se encuentra un denso conjunto de cerdas.</p>
	<p>Jalones.</p> <p>Es un accesorio para realizar mediciones con instrumentos topográficos, originalmente era una vara larga de madera, de sección cilíndrica, donde se monta un prismática en la parte superior.</p>
	<p>Decámetro</p> <p>Es una unidad de longitud del Sistema Internacional de Unidades. Equivale a 10 metros. Es el primer múltiplo de 10 del metro.</p>

Fuente 10 Autores Tabla 6 equipos utilizados ex situ.

EQUIPOS Y MATERIALES EN EL TRABAJO: ANALISIS EX SITU	
EQUIPO	DESCRIPCION
	<p>Estereoscopio.</p> <p>Se refieren a cualquier técnica de grabación de la información visual tridimensional o a la creación de la ilusión de profundidad en una imagen.</p>
	<p>Caja de Petri</p> <p>Es un recipiente redondo, de cristal o plástico, con una cubierta de la misma forma que la placa, pero algo más grande de diámetro, para que se pueda colocar encima y cerrar el recipiente, aunque no de forma hermética.</p>
	<p>Balanza</p> <p>Es un instrumento que sirve para medir la masa de los objetos.</p>
	<p>Claves taxonómicas.</p> <p>Se refiere a una forma en la que se presenta la información de clasificación. Las claves taxonómicas se utilizan para identificar las formas de vida como plantas verdes, árboles, animales, insectos u hongos.</p>

	<p>Guantes</p> <p>Tienen su principal uso en los trabajos relacionados con elementos químicos y/o que requieren limpieza.</p>
---	--

Fuente 11 autores

5.2.1. TECNICA EMPLEADA PARA LOS ANALISIS BIOLOGICOS

Metodología BMWP para Colombia (roldan 2003)

Tabla 7 Técnica empleada para el monitoreo y resultados.

COLECTA DE ORGANISMOS	METODO	DESCRIPCION
<p>Captura de los organismos para los análisis cualitativos y cuantitativos de los Macroinvertebrados presentes en el agua característicos de la bioindicación.</p>	<p>Muestra compuesta Mallas Surber con orificios de aberturas desde 200 a 500 μm, (Rosenberg & Resh 1993)</p>	<p>El muestreo cualitativo se realiza con las mallas. La muestra es combinada incluyendo sedimentos pedregosos, arenosos, vegetación circundante, rápidos y remansos. Una vez obtenidas las muestras serán limpiadas suavemente con un pincel de punta delgada para extraer macroinvertebrados y se introducirán en un recipiente con alcohol al 70% para su preservación. Se rotula la muestra En el laboratorio cada muestra es vaciada y separada en cajas Petri, se procede a limpiar los restos de material orgánico e inorgánico La identificación de las morfo familias se realiza teniendo como patrones de referencia las claves taxonómicas y se determina la calidad con el índice BMWP/COL (roldan 2003).</p>

Fuente 12 autores

5.2.2. TECNICA EMPLEADA PARA LOS ANALISIS FISICO-QUIMICOS

Se determinó la calidad del agua con los parámetros fisicoquímicos mediante el decreto 475 de 1998 por el cual se expiden las normas técnicas de calidad del agua potable.

Tabla 8 Técnica para análisis físico-químicos.

ANALISIS FISICOQUIMICOS	METODO	DESCRIPCION
CAUDAL	<ul style="list-style-type: none"> • Decámetro. • Pelota y Jalones. • $V=D/T$. • $A=D(\text{ancho}).\text{profundidad media}$. • $Q=V.A$ 	<ul style="list-style-type: none"> • Obtenemos la velocidad respecto al tiempo en que la pelota alcanza la distancia de 10m. • Se toma la distancia del ancho del cauce. • Se toma la profundidad media sumergiendo los jalones en cuatro puntos del cauce y se mide el tramo de la altura que marca el agua. • Aplicación de las formulas.
TEMPERATURA	Termómetro	<ul style="list-style-type: none"> • La medición es en situ se toma el termómetro y se sumerge en el agua.
CONDUCTIVIDAD	Conductimetro	<ul style="list-style-type: none"> • La medición es en situ se toma el Conductimetro y se sumerge en el agua
SABOR Y OLOR	Determinación por medio de los sentidos	<ul style="list-style-type: none"> • La medición de estos parámetro se determinaran con los sentidos
ACIDEZ	pH metro	<ul style="list-style-type: none"> • La medición de este parámetro es en situ se toma el pH metro y se lo sumerge en el agua
DQO	Fotómetro multiparámetro	<ul style="list-style-type: none"> • La medición es en situ

	(hanna instruments).	se introduce el fotómetro el agua y se toma la medida en dos minutos
--	----------------------	--

Fuente 13 autores

6. RESULTADOS

6.1. DESCRIPCION DE LAS COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS:

La comunidad de macroinvertebrados reportada en las estaciones de muestreo de la cuenca del Río Mulato es la siguiente:

6.1.1. Temporada de verano.

Estuvo representada por 118 individuos pertenecientes a 1 phylum, 1 clases, 6 órdenes, 12 familias y 15 géneros. Dentro de los órdenes reportados, se destaca la presencia de los Ephemeropteros con un total de 40 individuos equivalentes al 38% del total de la comunidad reportada. El restante 62% estuvo representada por los demás géneros encontrados.

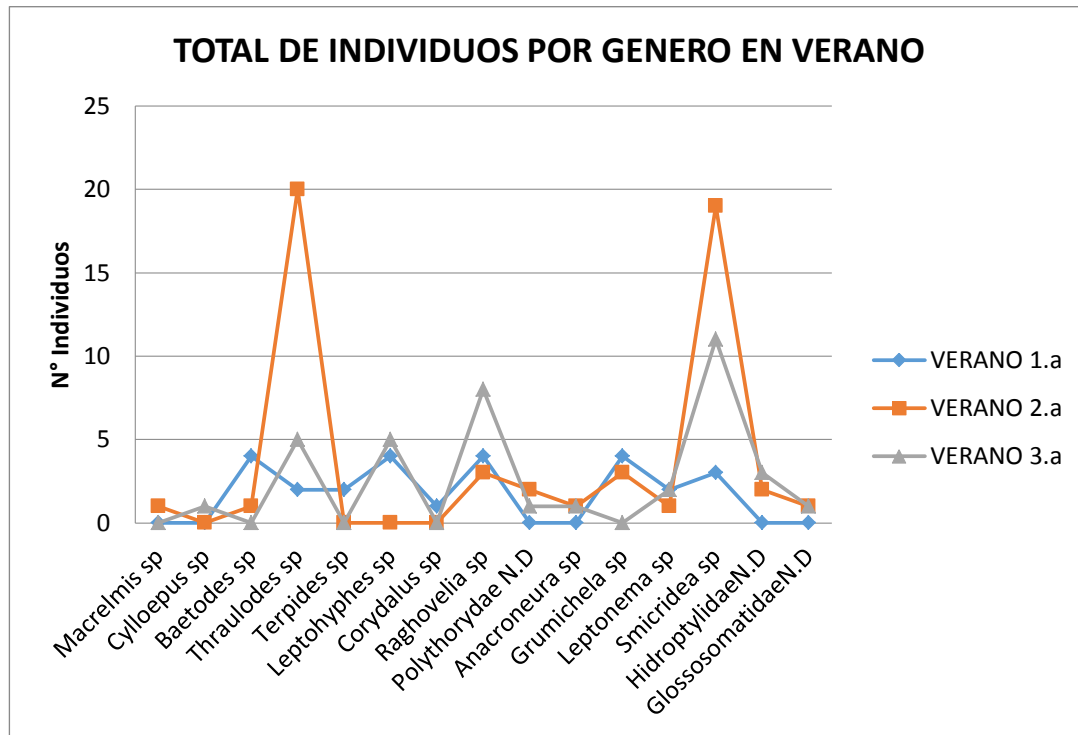
Tabla 9 Clasificación de macroinvertebrados temporada de verano

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	SUBFAMILIA	GÉNERO	VERANO		
						1.a	2.a	3.a
Artrópoda	Arachnoidea	Coleoptera	Elmidae		<i>Macrelmis sp</i>	0	1	0
	Insecta				<i>Cylloepus sp</i>	0	0	1
		Ephemeroptera	Baetidae		<i>Baetodes sp</i>	4	1	0
			Leptophlebiidae		<i>Thraulodes sp</i>	2	20	5

					<i>Terpides sp</i>	2	0	0
			Lepto- hyphidae		<i>Leptohyphes sp</i>	4	0	5
		Megalo- ptera	Corydali- dae		<i>Corydalis sp</i>	1	0	0
		Hemipt- era	Veliidae		<i>Raghovelia sp</i>	4	3	8
		Odonat- a	Polythor- ydae		<i>N.D</i>	0	2	1
			Perlidae		<i>Anacroneura sp</i>	0	1	1
		Plecopt- era	Leptoce- ridae		<i>Grumichela sp</i>	4	3	0
		Trichopt- era	Hydrops- ychidae		<i>Leptonema sp</i>	2	1	2
					<i>Smicridea sp</i>	3	19	11
			Hidropt- ylidae		<i>N.D</i>	0	2	3
			Glossos- omatida e		<i>N.D</i>	0	1	1

Fuente 14 autores

Figura 6 Macroinvertebrados en temporada verano



Fuente 15 autores

Podemos observar una amplia representación faunística en los géneros *Thraulodes* sp de la familia Leptophlebiidae y *Smicridea* sp de la familia Hydropsychidae en la segunda estación, asemejandoce la cantidad smicridae en la tercera estación con 11 individuos, los demás géneros se encontraron en cantidades menores de 5 individuos, la cual solo *Raghovelia* sp de la familia validae supera esa cantidad con 8 individuos en la tercera estación.

6.1.2. Temporada de invierno.

La comunidad de macroinvertebrados estuvo representada por 89 individuos, pertenecientes a 1 Phylum, 1 clases, 5 órdenes, 11 familias y 14 géneros. Dentro de los órdenes se destacaron por su porcentaje de abundancia Trichoptera con el 40%; el restante 60% estuvo representado por diferentes órdenes.

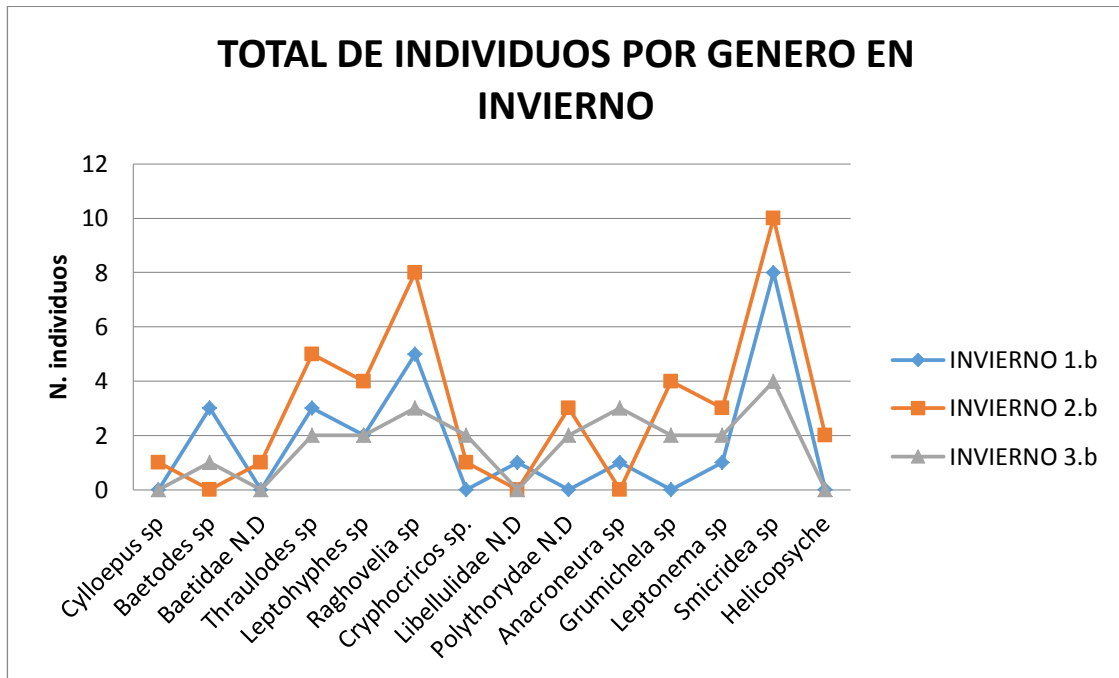
Tabla 10 Clasificación de macroinvertebrados temporada invierno

PHYL UM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	SUB FAM ILIA	GÉNERO	INVIER NO		
						1.a	2.a	3.a
Artro poda	Arachn oidea				Cylloepus sp	0	1	0
	Insecta	Epheme roptera	Baetidae		<i>Baetodes sp</i>	3	0	1
					<i>N.D</i>	0	1	0
			Leptophle biidae		<i>Thraulodes sp</i>	3	5	2
			Leptohyph idae		<i>Leptohyphes sp</i>	2	4	2
		Hemipt era	Veliidae		<i>Raghovelia sp</i>	5	8	3
			Naucorida e		<i>sp.</i>	0	1	2
		Odonat a	Libellulid ae		<i>N.D</i>	1	0	0
			Polythory dae		<i>N.D</i>	0	3	2
		Plecopt era	Perlidae		<i>Anacroneura sp</i>	1	0	3
		Trichopt era	Leptocerid ae		<i>Grumichela sp</i>	0	4	2
			Hydropsy chidae		<i>Leptonema sp</i>	1	3	2

					<i>Smicridea sp</i>	8	10	4
			Helicopsy chidae		<i>Helicopsyche</i>	0	2	0

Fuente 16 autores

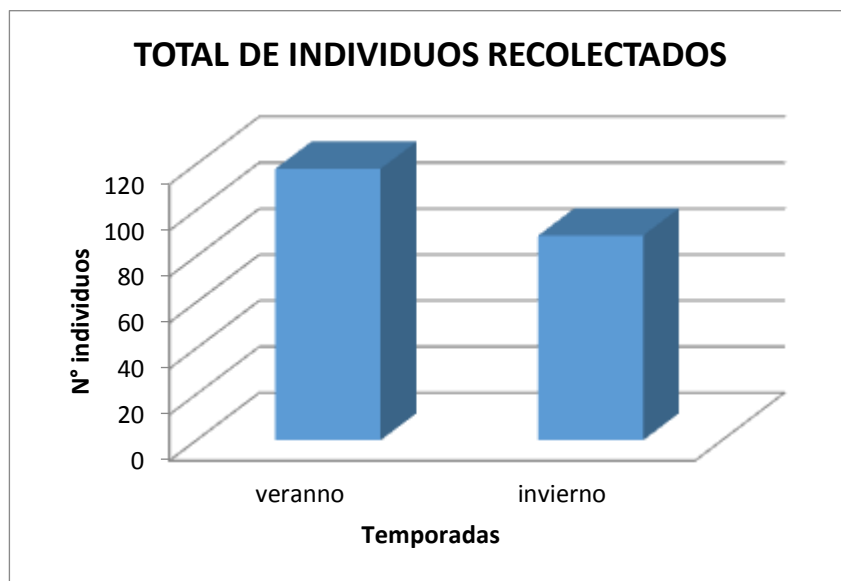
Figura 7 Macroinvertebrados temporada invierno



Fuente 17 autores

En la temporada de invierno se tuvo una amplia representación faunística por los géneros Raghovelia sp de la familia validae con 8 individuos y Smicridae sp de la familia Hydropsychidae con 10 individuos en la segunda estación. Representando similaridad la cantidad de smicridae con 8 individuos en la primera estación y los demás géneros con una menor de 6 individuos.

Figura 8 Total de macroinvertebrados en las dos temporadas.



Fuente 18 autores

Se muestra que en la temporada de verano se recolecto una mayor cantidad de macroinvertebrados con 118 individuos y en la temporada de invierno con una cantidad de 89 individuos con una recolección total 207 individuos.

6.2. Puntuación de los macroinvertebrados encontrados.

Tabla 11 Puntuación por el índice BMWP.

FAMILIA	PUNTOS					
	1a	1b	2a	2b	3a	3b
Elmidae			6	6	6	
Baetidae	7	7	7			7
Leptophlebiidae	9	9	9	9	9	9
Leptohyphidae	7	7		7	7	7
Corydalidae	6					
Veliidae	8	8	8	8	8	8
Naucoridae				7		7
Libellulidae		6				

Polythorydae			10	10		
Perlidae		10	10		10	10
Leptoceridae	8		8	8		8
Hydropsychidae	7	7	7	7	7	7
Hidroptylidae			7		7	
Glossosomatidae			7		7	
Helicopsychidae				8		
SUMATORIA	52	54	79	70	61	63

Fuente 19 autores

La mayor cantidad de macroinvertebrados encontrados nos brinda un puntaje alto lo que significa que el agua está en condiciones aceptables.

Por motivo que no se encontró mucha diversidad de macroinvertebrados pero si en cantidades de ciertas familias cuyos puntajes son altos y por ende que habitan en aguas de buena salubridad.

Asumiendo que el rango es muy elevado para que nos dé como resultado aguas muy limpias podemos considerar que es de buena calidad biótica el agua que se concesiona.

6.3 Calidad del agua por las estaciones

Tabla 12 Determinación de la calidad según el índice BMWP.

ESTACION	PUNTAJE	CLASE	RANGO	CALIDAD	CARACTERISTICAS	COLOR
1a	52	III	36-60	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
1b	54	III	36-60	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
2a	79	II	61-100	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas	Verde

2b	70	II	61-100	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
3a	61	II	61-100	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
3b	63	II	61-100	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas	Verde

Fuente 20 autores

6.4 INDICE BMWP

De acuerdo con los resultados obtenidos del cálculo del índice BMWP (tabla12) podría decirse que el cuerpo de agua del Río mulato en la bocatoma presentan aguas en su mayoría ligeramente contaminadas de calidad aceptable en las que la comunidad de macroinvertebrados se encuentra con mayor abundancia en ciertas especies, para este caso específico, dichas concentraciones más que mostrar un deterioro en las condiciones ecológicas de los sistemas, muestra que podrían estar asociadas al periodo hidrológico en que se realizó el muestreo.

Además el mayor número de individuos encontrados nos brinda un puntaje de aguas de buena calidad biótica lo que no hubo fue diversidad en las especies por tal motivo la sumatoria de los puntos nos arrojó la característica aguas ligeramente contaminadas. Pero podemos decir que el agua tiene una característica de aguas limpias no contaminadas.

6.5. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO

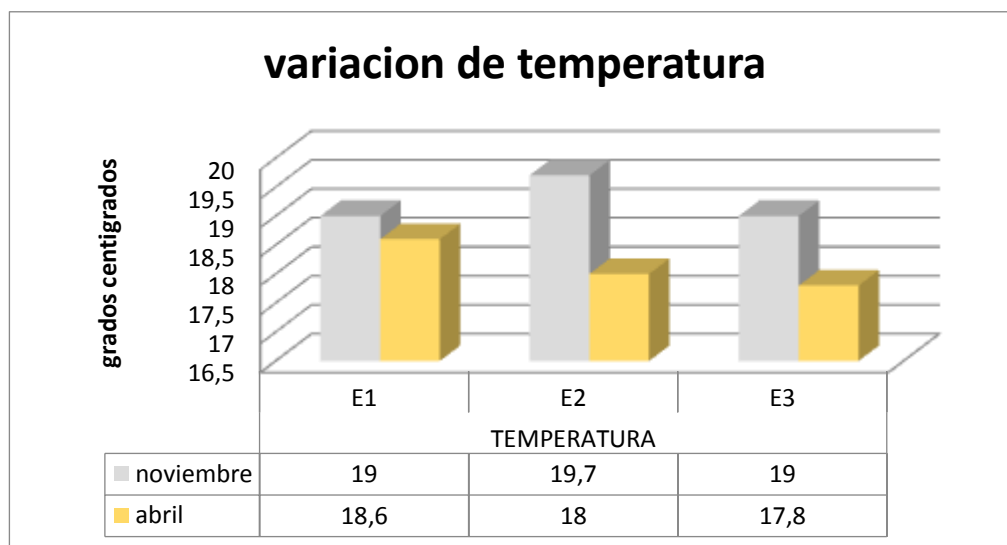
Las características fisicoquímicas de las estaciones de muestreo fueron evaluadas y comparadas durante las dos jornadas de muestreo realizadas para macroinvertebrados en noviembre de 2015 y abril de 2016

6.5.1. Temperatura del agua.

El comportamiento de la temperatura es consecuencia de la altura sobre el nivel del mar y la época de muestreo, presentándose temperaturas más altas en periodo de verano

La temperatura más alta se presentó en periodo de verano en E2, en la bocatoma, con un valor de 19.7°C y la más baja en E3 con un valor de 17,8°C en periodo de lluvias. A pesar de esto la temperatura no muestra grandes variaciones.

Figura 9 Temperatura



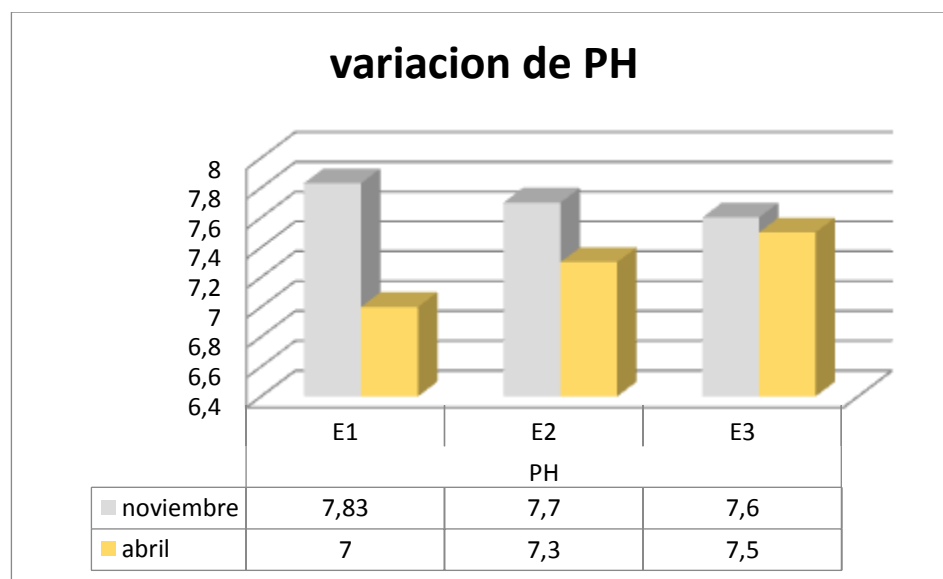
Fuente 21 autores

6.5.2. PH

Los valores de pH fueron muy similares en todas las estaciones (figura10), presentándose relativamente más altos en temporada de verano pero en general muy cerca de la neutralidad, conservándose dentro del rango admisible para aguas naturales y para la vida acuática. El pH más alto se encontró en E1, en periodo de verano con un valor de 7,83, estación influenciada por los cultivos agrícolas, a pesar de esto, los demás resultados de pH en las siguientes estaciones no muestran significativo cambio Por otro lado el pH más bajo se encontró en E1, en temporada

de lluvias con un valor 7. Esto demuestra que el tramo presenta normalmente valores promedio de 7,5 aprox. Los cuales tienden a disminuir de manera no significativa en época de lluvias. Los datos encontrados clasifican las estaciones como aguas neutras, de acidez.

Figuran 10 Variaciones de pH



Fuente 22 autores

6.5.3. COLOR

El valor máximo encontrado en época de sequía se presentó en la estación E1, con un valor de 8 UPC y en época de lluvias en la estación E3, con un valor de 13 UPC. El valor más bajo encontrado en época de sequía se encontró en la E3, con 6,5 UPC y en época de lluvias en la estación E1, con un valor de 10 UPC.

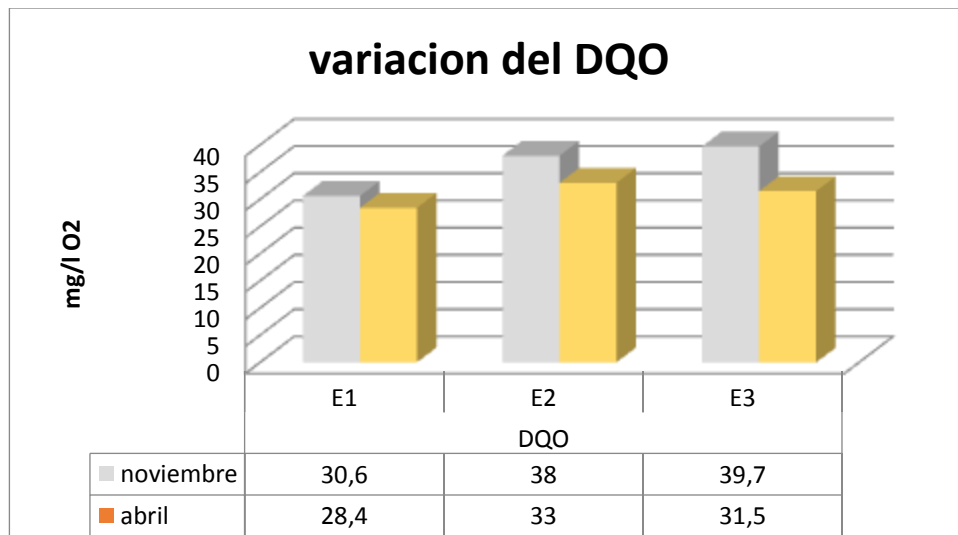
variacion del color



6.5.4. DQO.

El valor máximo encontrado en época de sequía se presentó en la estación E3, último punto de la bocatoma con un valor de 39.7mg/l O₂ y en época de lluvias en la estación E2, con un valor de 33mg/l O₂. El valor más bajo encontrado en época de sequía se encontró en la E1, con 30.6 mg/l O₂ y en época de lluvias en la estación E1, con un valor de 28.6mg/l O₂

Figura 10 DQO.

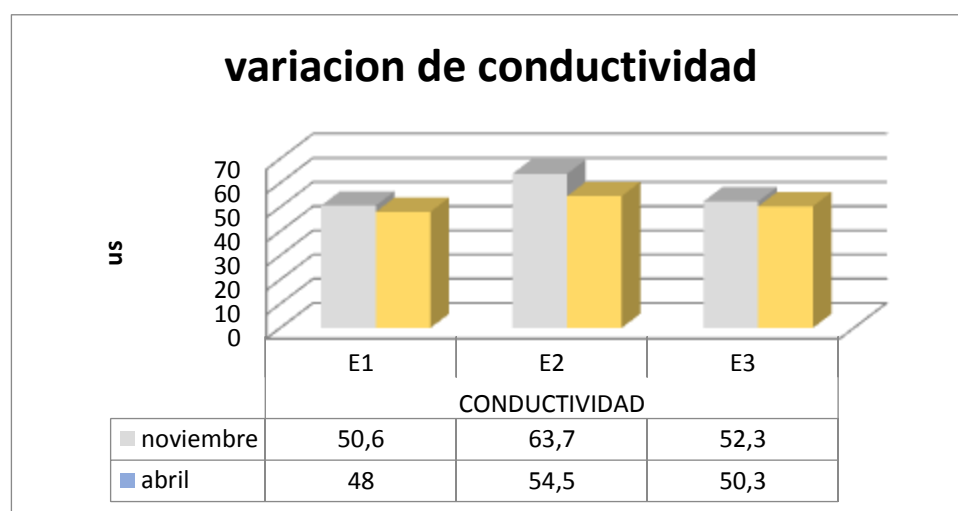


Fuente 23 autores

6.5.5. Conductividad.

El valor máximo encontrado en temporada de verano se presentó en la estación E2, con un valor de 63,7us y en época de lluvias en la estación E2, con un valor de 54,5us. Este resultado está asociado a la cantidad de rocas, arena y barro que se encuentra a las orillas del río. El valor más bajo encontrado en temporada de verano se encontró en la E1, con 50.6us y en época de lluvias en la estación E1, con un valor de 48us aguas lentica muy tranquilas sin mucha pendiente.

Figura 11 Conductividad



Fuente 24 autores

6.6. ANALISIS COMPARATIVO ENTRE LOS RESULTADOS DEL INDICE BMWP Y ANALISIS FISICO QUIMICOS.

Las variaciones en los parámetros físico-químicos del agua, pueden ser difíciles de detectar, tanto por haberse mitigado sus efectos, como por ser solo detectable en el momento que se produce. En este sentido el estudio de la comunidad de macroinvertebrados permite realizar un rápido análisis que refleja la situación del sistema acuático e informa si en el pasado se ha producido alteraciones. Siendo las características físico-químicas del medio acuático como pH, conductividad,

temperatura y DQO, las que suelen ejercer una importante influencia sobre la distribución de macroinvertebrados.

En general se observó que la mayor abundancia de individuos se presentó durante los periodos secos, este hecho puede deberse a las condiciones hidrológicas de las corrientes las cuales determinan la composición y estructura de los macroinvertebrados acuáticos. Cuando disminuyen los caudales aumenta la densidad de individuos, dada la exposición de un mayor número de sustratos, por otro lado, en los periodos de aguas altas, el arrastre de los sustratos determina la presencia de arena, fangos y piedras más finas no aptas para la presencia de macroinvertebrados.

Las comunidades biológicas propias de los sistemas acuáticos, suelen estar determinadas por diferentes factores que no necesariamente se derivan de acciones naturales sino en los que la acción antrópica puede tener gran intrusión. Partiendo de lo anterior se realizó un análisis de componentes principales, buscando establecer si los valores reportados por los parámetros físico-químicos medidos en el cuerpo de agua de la cuenca del Río mulato en la PTAP la mulata tienen algún tipo de relación con el índice del BMWP.

Según el índice bmwp la puntuación nos arrojó resultados desfavorables aguas ligeramente contaminadas; pero por motivo que no se encontró diversidad. Pero si cantidad en comunidades donde la puntuación de estos individuos es alta lo que muy probablemente puede significar que la calidad de este afluente es de buena calidad

Los resultados de los análisis físico-químicos no tienen puntuación de contaminación del agua, sus valores son los normales de aguas limpia.

7. CONCLUSIONES

- La comunidad de macroinvertebrados reportada en el río mulato tramo de la bocatoma durante los muestreos realizados mejor representada durante el primer muestreo, donde posiblemente las condiciones de bajo caudal se encontraban favoreciendo la exposición de un mayor número de micro hábitats en los que gracias a la baja velocidad de corriente se favoreció el establecimiento de una comunidad más representativa y mejor estructurada.
- Las familias de macroinvertebrados reportadas en los cuerpos de agua parecen estar fuertemente influenciadas por el efecto del régimen hidrológico, que no solo modifica las condiciones físicas de los sistemas sino que además ocasiona cambios en la concentración de diversas variables físico químicas que favorecen o limitan en diferentes grados y formas la composición y abundancia de la comunidad de macroinvertebrados.
- En cuanto al índice BMWP podría decirse que la calidad biológica del agua de los sistemas loticos del Río mulato tiende a ser mejor en la época de baja precipitación, donde la estabilidad de ambientes favorecida por el bajo caudal.
- De acuerdo con el resultado del cálculo del índice de calidad BMWP/Col para el muestreo realizado en el sistema acuático perteneciente al río mulato en la bocatoma de la PTAP la mulata podría decirse que se distinguen 2 tipos de calidad de agua:

El primero conformado por la estación E1, que presenta aguas contaminadas de calidad dudosa donde la comunidad de macroinvertebrados encuentra condiciones propicias para su establecimiento y representatividad dentro de los sistemas.

El segundo conformado por la estación E2 Y E3 que presenta aguas ligeramente contaminadas de calidad aceptable donde la comunidad de macroinvertebrados reportada en los cuerpos de agua pertenecientes al Río Mulato tramo de la bocatoma, estuvo representada principalmente por

organismos asociados a zonas de aguas rápidas donde se nos facilitó la colección

- Podría decirse que la calidad del agua en la bocatoma es agua no contaminada de calidad aceptable ya que se encontraron grandes comunidades pero de pocas familias; aunque estas tengan un puntaje alto dentro del índice BMWP faltó más diversidad en las familias por tal motivo los resultados fueron de aguas contaminadas además los resultados físico químicos estuvieron en un rango de condiciones normales sin señal de ninguna alteración.

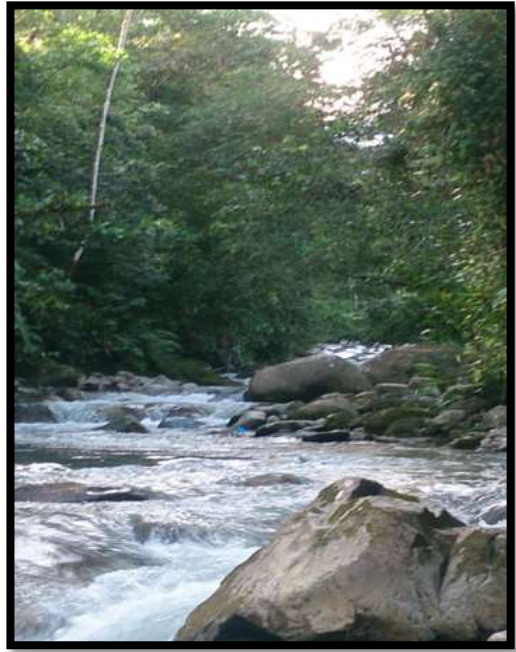
8. RECOMENDACIONES

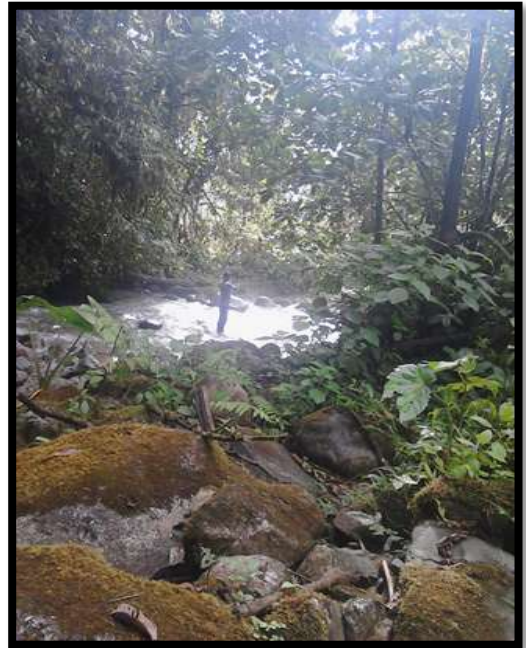
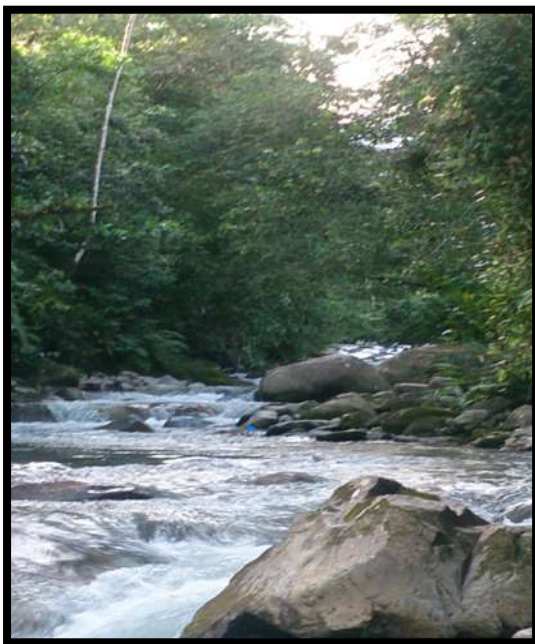
- La recolección de estas especies durante dos jornadas de muestreo puede no ser una representación faunística suficiente, es necesario realizar el mismo estudio durante otras épocas del año.
- Promocionar en universidades e instituciones de la ciudad, el uso de la bioindicación con macroinvertebrados, en la evaluación de la calidad del agua de los afluentes de la región y del Departamento del Putumayo debido a su poca utilización, probablemente por falta de conocimientos sobre este.
- Diseñar e implementar un sistema de evaluación hídrica para esta cuenca, a través de la implementación de macroinvertebrados como bioindicadores debido al valor que este sitio tiene en la ciudad.
- La Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia (Corpoamazonia) y la Empresa De Servicios Públicos De Mocoa AGUAS
- MOCOA S.A. E.S.P deben implementar programas de educación ambiental, desde las escuelas, instituciones y universidades, para la conservación de la calidad del agua del Rio Mulato, ya que este les suministra el preciado líquido.

ANEXOS FOTOGRAFICOS

En este anexo fotográfico se han incluido fotografías del sitio de investigación.







BIBLIOGRAFIA

1. Ing. química. Nancy Rodríguez 2015 encargada del funcionamiento de la planta de tratamiento de agua la mulata disponible en la empresa aguas Mocoa. (Consulta 05/05/2015 y consulta 20/10/2015).
2. Gerente Aguas Mocoa S.A E.S.P Luis Carlos Guevara Montilla.
3. Roldán G. (1992). Fundamentos de limnología tropical. Disponible en <http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/1803/1/tesisJAGG.pdf> consulta (28/01/2016).
4. Gutiérrez et al, 2006 "effect of human viruses on public health associated with the use of wastewater and sludge in agricultura an aquaculture".
5. Margalef, R. (1983). Ecología. Barcelona, España: Omega. Consulta el (28/01/2016).
6. Rodríguez, C., Muñoz, A., Bonada, I., Gaudes, A., & Tamonova, S. (2009). La biota de los ríos: los invertebrados. Conceptos y técnicas en ecología. Consulta el (28/01/2016).
7. House, m., & Ellis, j. b. (1980). Water quality indices: and additional management tool. Programa watertechnology.consulta el (28/01/2016).
8. Vega, E., Aguilar, C. I., Diez, D., & Gil, H. (1989). Macroinvertebrados acuáticos presentes en algunas corrientes del oriente antioqueño. Consulta el (28/01/2016).
9. Tercedor, J. A. (1996). Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV Simposio del Agua en Andalucía consulta el (28/01/2016).
10. Roldán, G., Bohórquez, A., Castaño, R., & Ardilla, J. (2001). Estudio limnológico del embalse del Guavio. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas y Naturales, consulta el (28/01/2016).
11. Kolkwitz, R., & Marsson, M. (1908). Okilogie del pflannxinchensaprobien. Ber. Deutsch. Bot. Hes.consulta el (28/01/2016).

12. Figueroa, R., Valdovinos, E., Araya, E., & Parra, O. (2003). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 76, 275-285. consulta el (28/01/2016).
13. Roldán, G. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Medellín: Universidad de Medellín. Consulta el (28/01/2016).
14. Roldán, G., Bohórquez, A., Castaño, R., & Ardilla, J. (2001). Estudio limnológico del embalse del Guavio. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas y Naturales*, consulta el (28/01/2016).
15. [http://www.ecured.cu/index.php/Putumayo_\(Colombia\)](http://www.ecured.cu/index.php/Putumayo_(Colombia)) consulta 08 de mayo de 2014
16. <http://mocoa-putumayo.gov.co/index.shtml#3> consulta 08 de mayo de 2014