

PERTURBACIONES ANTRÓPICAS Y CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA  
DEL RÍO SANGUAYACO

DARLYN JHISNED MORENO CARVAJAL

DENIER JOHAN ZAMBRANO LUNA

ERIKA JOLIETH PRIETO BENAVIDES

FRAYAN QUINAYÁS

GIOVANNI ALBERTO FORERO DELGADO

JIMENA GUTIÉRREZ CEFERINO

JORGE LUIS ZAMBRANO GÓMEZ

LUIS FELIPE MORA MEJÍA

MAYERLI NATHALIA CORONADO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS

MCOCA 2017

PERTURBACIONES ANTRÓPICAS Y CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA  
DEL RÍO SANGUYACO

DARLYN JHISNED MORENO CARVAJAL

DENIER JOHAN ZAMBRANO LUNA

ERIKA JOLIETH PRIETO BENAVIDES

FRAYAN QUINAYÁS

GIOVANNI ALBERTO FORERO DELGADO

JIMENA GUTIÉRREZ CEFERINO

JORGE LUIS ZAMBRANO GÓMEZ

LUIS FELIPE MORA MEJÍA

MAYERLI NATHALIA CORONADO

Trabajo de grado elaborado por los semilleros de Investigación Hinchas del medio ambiente y Arcoíris para optar al título en tecnología en saneamiento básico e Ingeniería Ambiental.

Asesoras

Lorena Agudelo Obando Especialista en Docencia Universitaria

Nilsa Andrea Silva Castillo Especialista en Gerencia Ambiental

INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS

MOCOA 2017

NOTA

Toda la información contenida en este trabajo es responsabilidad de sus autores.

NOTA DE ACEPTACIÓN

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Mocoa, 20 de junio de 2017

## DEDICATORIA

A Dios por ser el motor de nuestras vidas

A nuestros padres, por su amor, paciencia y el apoyo incondicional

## AGRADECIMIENTOS

El grupo de investigación expresa su agradecimiento a la asesora del proyecto Lorena Agudelo Obando, por sus aportes, liderazgo y acompañamiento en todo el proceso.

A la Decana Especialista Andrea Silva por sus significativos aportes y correcciones al trabajo de investigación.

Al director del Centro de Investigación Especialista Miguel Ángel Canchala por sus recomendaciones.

Al ingeniero Miller Obando por su amplio conocimiento en la retroalimentación del trabajo de investigación.

Al biólogo David Escobar por sus aportes en el campo profesional.

A la Empresa AGUAS MOCOA S. A, por la información suministrada.

A CORPOAMAZONIA por la información suministrada durante el proceso de investigación.

A todos los que hicieron posible la culminación de este trabajo.

## TABLA DE CONTENIDO

	PÁG.
1. PERTURBACIONES ANTRÓPICAS EN LA CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA DEL RIO SANGOYACO.....	19
1.1. Definición Del Problema.....	19
1.2 Objetivos.....	22
1.3. Justificación.....	23
1.4 Marco Referencial.....	23
1.4.1. Marco contextual.....	24
1.4.2 Marco Teórico.....	25
1.4.3 Marco conceptual.....	31
1.4.4 Marco legal.....	33
1.5. Estado del arte.....	33
1.6. Diseño Metodológico.....	36
1.6.1. Tipo de investigación.....	36
1.6.2. Línea de investigación.....	36
1.6.2.1 Sublínea.....	36
1.6.3. Población.....	36
1.6.3.1. Muestra.....	36
1.6.4. Técnicas de recolección de información.....	36
2. CALIDAD BIOLÓGICA DEL RÍO SANGOYACO.....	42
2.1 Perturbaciones río Sangoyaco.....	42

2.1.1 Cobertura vegetal.....	43
2.1.2. Perturbación por vertimientos.....	53
2.1.2.1. Descripción de los trayectos del río Sangoyaco antes de la avenida torrencial.....	55
2.3. PERTURBACIONES DESPUES DE LA AVENIDA TORRENCIAL.....	62
2.3.1. Clasificación de la cobertura vegetal.....	62
2.3.2. Identificación puntos de mayor perturbación por vertimientos.....	69
2.4 MACROINVERTEBRADOS EN LA AMAZONÍA COLOMBIANA.....	81
2.4.1 Macroinvertebrados identificados en el río Sangoyaco.....	86
2.5 CONDICIONES AMBIENTALES DEL RIO SANGOYACO ANTES Y DESPUES DE LA AVENIDA TORRENCIAL.....	96
2.5.1 Condiciones de la cobertura vegetal.....	97
2.5.2. Presencia de rocas.....	99
2.5.3 aspectos del agua y usos de la fuente hídrica.....	99
2.5.4. Usos del suelo.....	102
2.5.5. Vertimientos domésticos.....	104
3. CONCLUSIONES.....	117
4. RECOMENDACIONES.....	119
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	120
ANEXOS.....	123

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Mapa ubicación del río Sangoyaco.....	24
Figura 2. Punto medio Rio Sangoyaco.....	45
Figura 3. Cascadario Sangoyaco.....	45
Figura 4. Herbazal presente en el nacimiento del rio Sangoyaco.....	46
Figura 5. Bosque fragmentado por vegetación secundaria.....	47
Figura 6. Parte media del rio Sangoyaco.....	49
Figura 7. Cultivos en la ribera de la fuente hídrica.....	50
Figura 8. Tejido urbano discontinuo.....	51
Figura 9. Cono de deyección desembocadura río Sangoyaco-Mocoa.....	51
Figura 10. Ribera del rio Sangoyaco- barrio la independencia.....	52
Figura 11. Aguas residuales domesticas.....	53
Figura12. Vertimientos presentes en la fuente hídrica.....	54
Figura13. Mapa del rio Sangoyaco antes de la venida torrencial.....	61
Figura 14. Nacimiento Rio Sangoyaco después de la avenida torrencial.....	63
Figura 15. Falla geológica en la parte alta del rio Sangoyaco.....	64
Figura 16. Cambios del color del agua de transparente a turbio debido al lecho del rio.....	65
Figura17. Erosión de las márgenes del rio.....	65
Figura18. Sucesión natural debido a la erosión .....	66
Figura 19. Intervención del bosque para la agricultura.....	67

Figura 20. Ronda hídrica de la fuente.....	67
Figura 21. Color actual del río Sangoyaco.....	68
Figura 22. Estado actual del barrio la independencia.....	68
Figura 23. Barrio San –Miguel.....	70
Figura 24. Nueva unión de la quebrada la taruca y el río Sangoyaco.....	71
Figura 25. Barrio San Fernando.....	72
Figura 26. Box culvert barrio los Prados.....	73
Figura 27. Dragado del río con Maquinaria.....	73
Figura 28. Paisaje después de la avenida torrencial barrio Huasipanga.....	74
Figura 29. Actividad del dragado del río en la parte del barrio el progreso.....	76
Figura 30. Vertimiento continuos al lado estación de servicio de gasolina los Bravos.....	77
Figura 31. Barrio la Independencia.....	78
Figura 32. Mapa del río Sangoyaco después de la avenida torrencial.....	79
Figura 33. Individuos de la familia Physidae.....	88
Figura 34. Individuo Lachlaniasp de la familia Oligoneuriidae.....	90
Figura 35. Individuos de la familia Baetidae del orden Ephemeroptera.....	93
Figura 36. Color del agua del río Sangoyaco.....	97
Figura 37. Cobertura vegetal presente en la ribera del río Sangoyaco.....	98
Figura 38. Troncos presentes en el cauce del río .....	98
Figura 39. Represamiento de la fuente hídrica.....	99
Figura 40. Tanque de captación.....	100

Figura 41. Tanque de almacenamiento.....	100
Figura 42. Estanques piscícolas a orillas del rio Sangoyaco.....	101
Figura 43. Extracción de material del rio Sangoyaco.....	102
Figura 44. Construcciones sobre la ronda hídrica frente a la plaza de mercado y construcciones sobre el muro de contención del barrio el progreso.....	103
Figura 45. Ronda hídrica del Rio Sangoyaco.....	104
Figura 46. Vertimientos intermitentes sobre el Rio Sangoyaco.....	105
Figura 47. Colector box culvert barrio lo Prados.....	106
Figura 48. Colector box culvert barrio los prados después de la avenida torrencial súbita.....	107
Figura 49. Punto de vertimiento, PVC después de la avenida torrencial.....	108
Figura 50. Punto de Vertimiento. Puente Av. Colombia-Centro.....	109
Figura 51. Punto de Vertimiento. Puente Av. Colombia – Centro Después de la avenida torrencial súbita.....	110
Figura 52. Punto de vertimiento después de la avenida torrencial.....	111
Figura 53. Punto de Vertimiento. Estación de servicios Los Bravo.....	112
Figura 54. Punto de Vertimiento. Estación de servicios Los Bravo Después de la avenida torrencial.....	113

## LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Escala de rangos para vertimientos.....	37
Tabla 2. Calificación del número de vertimiento presentes en el río Sangoyaco...60	
Tabla 3. Calificación del número de vertimiento después de la venida torrencial en el río Sangoyaco.....	79
Tabla 4. Resumen de los resultados obtenidos por cuenca, número de órdenes, familias, géneros e individuos encontrados.....	85
Tabla 5. Número total de la comunidad bentónica encontrada en la parte baja del río Sangoyaco en el periodo de enero a mayo de 1998.....	87
Tabla 6. Macroinvertebrados identificados en el transecto urbano del río Sangoyaco.....	88
Tabla 7. Primer muestreo, sistemas lenticos (época seca).....	90
Tabla 8. Primer muestreo-sistemas loticos (época seca).....	91
Tabla 9. Segundo muestreo-sistema lenticos (época lluvia).....	91
Tabla 10. Segundo muestreo-sistemas loticos (época lluvia).....	92
Tabla 11. Calificación BMWP/ Col-Primer muestreo.....	93
Tabla 12. Calificación BMWP/ Col-Segundo muestreo.....	94
Tabla 13. Resultados Investigaciones de Macroinvertebrados en el río Sangoyaco.....	95
Tabla 14. Vertimientos continuos sobre río Sangoyaco.....	106
Tabla 15. Aforo Volumétrico N°1.....	107
Tabla 16. Aforo Volumétrico N°2.....	108
Tabla 17. Aforo Volumétrico N°3.....	108

Tabla 18. Aforo Volumétrico N°4.....	110
Tabla 19. Aforo Volumétrico N°5.....	110
Tabla 20. Aforo Volumétrico N°6.....	111
Tabla 21. Aforo Volumétrico N°7.....	112
Tabla 22. Aforo Volumétrico N°8.....	113
Tabla 23. Vertimientos después de la avenida torrencial.....	114
Tabla 24. Vertimientos antes de la avenida torrencial.....	115

## LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1 unidades de coberturas de la tierra para la leyenda nacional, escala 1:100.000.....	38
Cuadro 2. Matriz. Identificación de macroinvertebrados.....	41
Cuadro 3. Estado de conocimiento e investigación de macro invertebrados en el sur de la Amazonia colombiana.....	82

## RESUMEN

El río Sangoyaco es una de las fuentes hídricas principales del municipio Mocoa, atraviesa de occidente a oriente la cabecera municipal, sin embargo, su ubicación estratégica dentro del municipio lo ha convertido en un receptor de vertimientos y asentamientos humanos, ocasionando que las perturbaciones antrópicas a las que ha sido sometido influyan negativamente en la calidad biológica del agua contribuyendo directamente en la desaparición de algunas especies, específicamente en los macroinvertebrados, lo anterior se ha evidenciado a lo largo del tiempo. En el año 2006 los estudios mostraban en sus resultados la presencia de filo Mollusca del orden Basommatophora y de la familia Physidae, pero ya para el año 2014 y 2017 no se registraron datos de esta especie, posiblemente desapareció por la contaminación producida por los residuos líquidos domésticos vertidos a la fuente y el cambio de la cobertura vegetal que se va presentando a medida que los asentamientos van aumentando.

La presente investigación, se llevó a cabo con el antecedente de la avenida torrencial del pasado 31 de marzo del año 2017, en ella, se determinó que el punto de mayor perturbación en el río Sangoyaco, se encuentra ubicado en el barrio Bolívar, específicamente detrás de la estación de servicio. La perturbación antrópica después de la avenida torrencial sigue siendo los vertimientos domésticos y la cobertura vegetal. Después de relacionar la información de las instituciones, los estudios de macroinvertebrados y recoger la información de campo, se pudo observar que si hay una relación entre la contaminación, la abundancia y distribución de algunos macroinvertebrados que son sensibles ante las alteraciones negativas del ecosistema.

*Palabras clave:* Perturbación Antrópica, bioindicación, calidad biológica

## ABSTRACT

The Sangoyaco River is one of the main water sources of the municipality Mocoa, crosses from the west to the east the municipal head, however, its strategic location within the municipality has become a recipient of human settlements and settlements, causing anthropic disturbances to Which has been subjected to a negative influence on the biological quality of the water contributing directly to the disappearance of some species, specifically in macroinvertebrates, this has been evidenced over time. In 2006 the studies showed the presence of Mollusca phylum of the order Basommatophora and the family Physidae, but by 2014 and 2017 no data of this species were recorded, possibly disappeared due to the contamination produced by the liquid residues And the change in the vegetation cover that is presented as the settlements increase.

The present investigation was carried out with the antecedent of the torrential avenue of last March 31, 2017, in it, it was determined that the point of greatest disturbance in the Sangoyaco river, is located in the Bolivar neighborhood, specifically behind Of the service station. The anthropic disturbance after the torrential avenue continues to be domestic spills and vegetation cover. After relating the information of the institutions, macroinvertebrate studies and gathering the field information, it was observed that if there is a relationship between pollution, abundance and distribution of some macroinvertebrates that are sensitive to the negative alterations of the ecosystem.

Key words: anthropogenic disturbance, bioindication, biological quality

## INTRODUCCIÓN

La calidad del agua es uno de los temas más importantes en la actualidad, por estar asociado a un derecho humano, cada vez se hace más necesario la protección, conservación y recuperación de las fuentes hídricas, la población crece y la demanda de agua para el consumo humano debe crecer al mismo ritmo, sin embargo las diferentes perturbaciones antrópicas han hecho que ríos con usos diversos sean hoy simplemente receptores de vertimientos.

Con esta necesidad, los investigadores hacen uso de múltiples formas de evaluar, con el propósito de que sean un complemento para los estudios físico-químicos, es el caso de los bioindicadores de calidad de agua más conocidos en nuestro medio como los macroinvertebrados.

En el presente estudio, se tuvo en cuenta las nuevas condiciones ambientales a las que se encuentra expuesto el río Sangoyaco después de la avenida torrencial, las investigaciones que habían realizado las instituciones en las diferentes fuentes hídricas de la Amazonía bajo el criterio de los bioindicadores y el índice de calidad de la BMWP para Colombia.

En la primera parte, se presenta el análisis de la información recogida en campo, referente a la identificación del punto de mayor perturbación en el río, para ello se utilizó el criterio de altitud para dividir la fuente hídrica en alta y baja, la división por trayectos de 150 mts en los que se fueron observando las diferentes perturbaciones y la identificación de la cobertura vegetal mediante la metodología CorineLandCover.

En la segunda parte, se identifican los diferentes estudios de macroinvertebrados, a partir de la revisión bibliográfica y la comparación con lo observado en campo por el grupo investigador, estableciendo cuáles de los diferentes organismos se presentan en abundancia.

En la tercera parte, se definen las condiciones de la fuente hídrica, antes y después de la avenida torrencial, para ello, se georreferenció el cauce recuperado por el río y los vertimientos a los que se les comparó con los que había antes de la avenida torrencial. Después del suceso se evidenció una reducción de vertimientos intermitentes por la desaparición de algunas viviendas y la misma cantidad de vertimientos continuos. Finalmente, con el criterio de las especies de macroinvertebrados que ya no aparecían en los resultados de las investigaciones realizadas a partir del 2006 y la triangulación de toda la información en campo se dio respuesta a la pregunta de investigación.

En la parte final, por un lado, se concluye por medio de lo evidenciado en el presente estudio, en cuanto a cobertura vegetal, vertimientos, condiciones ambientales antes y después de la avenida torrencial y la abundancia y distribución de los macroinvertebrados encontrados en las diferentes investigaciones, y, por otro lado, se sugieren algunas recomendaciones, estableciendo que es necesario que se le realice monitoreo a los vertimientos que le llegan a la fuente hídrica, iniciar un proceso de reforestación y respetar las rondas hídricas sobretodo porque puede suceder que la comunidad por desconocimiento vuelva a asentarse en estos lugares.

# 1. PERTURBACIONES ANTRÓPICAS EN LA CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA DEL RÍO SANGOYACO

## 1.1 Definición Del Problema

¿Cuál es la influencia de la perturbación antrópica sobre la calidad biológica del agua del río Sangoyaco?

### Descripción del problema

El río Sangoyaco, es una fuente hídrica representativa del Putumayo, atraviesa de occidente a oriente la cabecera municipal, desde hace aproximadamente treinta años, han venido creciendo las diferentes problemáticas ambientales convirtiéndolo en receptor de vertimientos.

El crecimiento de la población y las diferentes actividades antrópicas evidencian la falta de atención de las entidades gubernamentales y la escasa conciencia ambiental de los pobladores. (Roldán, 2003) afirma que:

“La contaminación del agua tiene que ver la simple transmisión de elementos, compuestos o microorganismos que pueden perjudicar la salud del hombre o de los animales que la beben, en dicho caso, el agua desempeña el papel de vehículo del agente contaminante y no está relacionada con un ambiente ecológico alterado, es decir que la calidad del agua puede ser alterada sin que el ecosistema lotico como tal sea perturbado”.

La comunidad, vierte sus aguas domésticas a este río, en la actualidad no se tiene un dato aproximado de los usuarios que están conectados a los colectores de alcantarillado. Cabe resaltar que estas descargas son evacuadas sin tener en cuenta su origen ni un sistema de tratamiento previo a la descarga final, modificando así las propiedades físicas, químicas y microbiológicas de esta fuente. Este río, se ha conocido en el municipio de

Mocoa, como un receptor de vertimientos, incrementando la problemática ambiental a nivel intermunicipal ya que este afluente se conecta con el río Mocoa al cual la comunidad le da diferentes usos.

En efecto las cargas contaminantes de esta fuente hídrica son el producto de las actividades antrópicas, desarrolladas en el sector urbano como descargas directas aguas residuales domésticas, aguas residuales de los colectores de alcantarillado, aguas lluvia por escorrentía y también procesos naturales como socavamiento de las riberas de los cauces, procesos erosivos y procesos derivados de la descomposición de la materia orgánica, a estas cargas se suman los aportes de materiales sólidos orgánicos e inorgánicos que no tienen un adecuado manejo por parte de los habitantes de los alrededores y de las empresas encargadas del servicio público de aseo y alcantarillado.

Aunque la problemática de vertimientos radica principalmente en la falta de cobertura de alcantarillado del municipio y características obsoletas que le impiden el funcionamiento de forma eficiente, según se afirma en el plan de desarrollo(Plan de Desarrollo "Si hay futuro para Mocoa", 2012)“gente que quiere a Mocoa”, dirigido por el Alcalde Elver Porfirio Cerón expresa:

“Sí bien es cierto existe una red de alcantarillado con una cobertura estimada en un 70 %, ésta, no está acorde a las exigencias actuales del municipio, no existe separación de aguas lluvias de las residuales, no hay capacidad adecuada para colectores principales lo que genera saturación en algunos sectores, falencias en lugares más antiguos y de vías principales como el centro, Av. 17 de julio, barrio Kennedy. Lo anterior deja al descubierto que la problemática en cuanto al manejo de la cuenca del río Sango yaco no es una temática actual sino que no se han dado los respectivos correctivos en cuanto a su manejo y planificación desde administraciones anteriores”.

Estas problemáticas afectan los ecosistemas acuáticos, los cuales han venido sufriendo algunos cambios y son precisamente estos cambios los que en los últimos años llaman la atención de investigadores los cuales buscan métodos que proporcionen resultados confiables y que además sean amigables con el medio ambiente “El uso de organismos como indicadores

de la calidad del agua se basa en el hecho que ocupan un hábitat a cuyas exigencias están adaptados. Cualquier cambio en las condiciones ambientales se reflejará por tanto, en las estructuras de las comunidades que allí habitan” (Forero y Reinoso 2013)

La calidad biológica del agua se ve alterada porque los organismos presentan condiciones de adaptabilidad a ciertas condiciones ambientales y límites a sus alteraciones y dentro de éstos, algunos de ellos no soportan estas condiciones, es decir, que son sensibles a situaciones impuestas, de esta manera, si la perturbación llega a límites incontrolables los organismos intolerantes son sustituidos por comunidades tolerantes, los organismos intolerantes se ven expuestos a abandonar la zona alterada y dan paso a un recolonización de organismos tolerantes. En razón de lo anterior, se puede observar que cuando hay una variación entre la composición y estructura de las comunidades de organismos de los ríos se evidencia como signo de contaminación. Este proceso de evaluación es lo que se conoce como “calidad biológica”, suponiendo que la calidad del agua de un río es óptima cuando en ella se desarrollan comunidades de organismos que les son propias.

Las perturbaciones antrópicas pueden afectar el ambiente acuático, por ello la BMWP para Colombia, establece los criterios que se deben tener en cuenta para la evaluación de la calidad biológica del agua, según (Fernández, 2009) Los macroinvertebrados son los organismos más ampliamente usados como bioindicadores en la actualidad por diversas circunstancias, como su amplia distribución, múltiples especies con diversidad de respuestas ambientales, ser en su mayoría sedentarios lo que se convierte en una ventaja para el análisis espacial de la contaminación, muestreo sencillo, sensibilidad de algunos taxos a diferentes contaminaciones entre otros.

Es importante tener en cuenta que tras una perturbación, estos organismos necesitan un tiempo mínimo de recolonización que va desde un mes,

permitiendo detectar los efectos de la contaminación en el ambiente tiempo atrás de la toma de las muestras, mientras que valorando solamente los parámetros físicos y químicos, se evalúa el instante de muestreo sin detectar las alteraciones en el tiempo, así como el establecimiento de su estado funcional.

La situación anterior evidencia la necesidad de realizar un estudio que permita hallar la relación entre la perturbación antrópica del río Sangoyaco y la calidad biológica del agua que sirva como herramienta para que las diferentes instituciones competentes establezcan criterios para su conservación, uso y preservación que lleven a contribuir al mejoramiento de la calidad del agua para la protección de los ecosistemas acuáticos lo que contribuye a una mejor calidad de vida de las comunidades las cuales están aprovechando este río en la parte alta como agua para consumo humano, riego de cultivos, actividad piscícola entre otras.

## 1.2. Objetivos

### Objetivo general

Establecer la influencia de la perturbación antrópica sobre la calidad biológica del agua del río Sangoyaco.

### Objetivos Específicos

- Determinar los puntos de mayor perturbación antrópica en el río Sangoyaco
- Identificar las comunidades de macroinvertebrados presentes en el agua del río Sangoyaco
- Definir las condiciones ambientales del río Sangoyaco antes y después de la avenida torrencial.

### 1.3. Justificación

El mejorar la calidad de las aguas y la conservación de los ecosistemas fluviales se han convertido en un tema de gran importancia en los últimos años, el recurso hídrico a pesar de ser abundante, su deterioro cada vez es más evidente y va asociada con la demanda hídrica que crece con el crecimiento de la población, es esta situación la que hace que se generen nuevas alternativas para el uso, conservación y protección de las fuentes hídricas.

La implementación de estas propuestas, beneficia a la comunidad porque puede darle nuevos usos a la fuente hídrica, sobre todo aquellos que están abasteciendo sus acueductos. El controlar las perturbaciones antrópicas implica que las comunidades se sensibilizarán frente a la responsabilidad que tienen en el tema de las aguas que vierten, disminuyéndose la disposición de residuos sólidos, los malos olores, la contaminación visual, la proliferación de vectores entre otras.

Los investigadores, pondrán al servicio de la comunidad los conocimientos adquiridos en el aula de clase, en cuanto a la protección y conservación de los recursos naturales y al uso sostenible que debe hacer de ellos la comunidad y la utilización de organismos vivos para su evaluación.

Esta investigación, es pertinente en la medida en que establecerá criterios que visibilizarán las problemáticas que tiene la fuente hídrica río Sangoyaco y que posteriormente van a servir para que la autoridad ambiental e instituciones competentes implementen acciones que conlleven al mejoramiento de las condiciones ambientales y la calidad de vida de las comunidades.

### 1.4 Marco Referencial

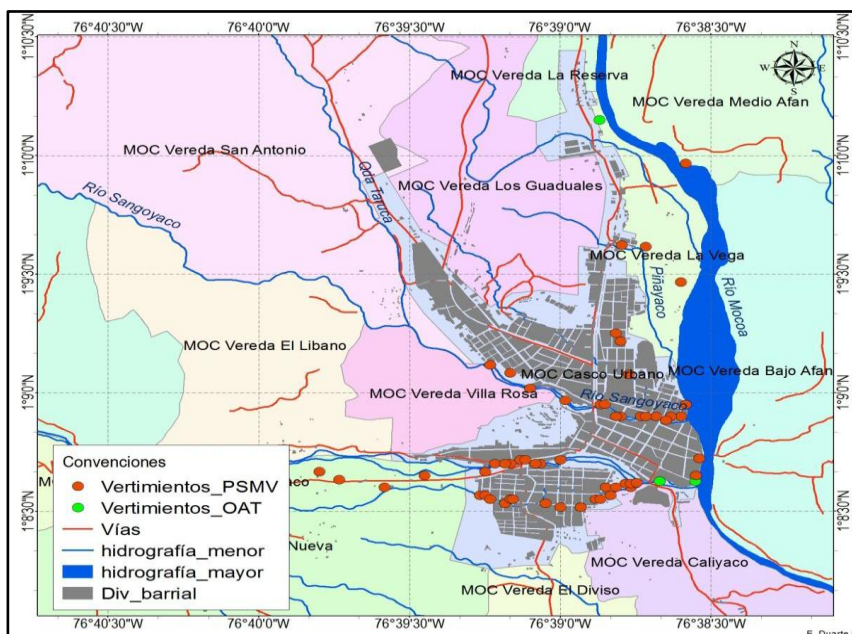
El marco referencial del presente estudio, se encuentra dividido en marco contextual, marco teórico, marco conceptual y el marco legal o normativo.

### 1.4.1 Marco contextual

La ciudad de Mocoa, tiene un núcleo fundacional que se caracteriza por ser un tras ortogonal alrededor de la plaza principal originado en la época colonial. Este centro se ubica en la parte baja del sector conocido como La Loma y se encuentra rodeada por los ríos Mulato y Sangoyaco que bajan de la cordillera y desembocan en el río Mocoa, 750 metros al oriente del Parque General Santander.

El río Sangoyaco pertenece a la extensa región amazónica, reconocida por su importancia hídrica a nivel mundial; este vasto reconocimiento se desmerita cuando se encuentra poca información sobre las comunidades de invertebrados acuáticos.

Figura 1. Mapa ubicación del río Sangoyaco



Fuente: PSMV; SSIAG-CORPOAMAZONÍA.

El crecimiento urbano de Mocoa se dio al margen de los ríos Mulato y Sangoyaco, originando problemas de invasión de las rondas hídricas, contaminación de los ríos, aislamiento y olvido de estos ecosistemas acuáticos, lo anterior producto de la inexistencia de planificación urbana en

este crecimiento. El río Sangoyaco está conformado por dos tipos de paisaje en su extensión, el primero, desde el puente donde inicia la Avenida Colombia hasta la desembocadura en el Río Mocoa, presenta un paisaje altamente urbanizado en sus dos costados. Asentamientos y algunos equipamientos fuertemente consolidados en el tiempo que se localizaron muy cerca al borde del río generando problemas ambientales y de salubridad. El segundo, al occidente del mismo puente, caracterizado por tener el costado norte del río con una estructura urbana consolidada y el costado sur aun sin urbanizar donde predomina el paisaje natural.

#### 1.4.2 Marco Teórico

El marco teórico de la propuesta, está fundamentado desde el impacto que han tenido los estudios con organismos vivos y la necesidad de proteger los ecosistemas fluviales.

##### Macroinvertebrados

Los 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. El prefijo “macro” indica que esos organismos son retenidos por redes de tamaño entre 200–500 mm (Rosenberg y Resh, 1993) y además, superan en fase adulto o último estado larvario los 2.5 mm (González y García, 1995). Este grupo incluye taxones como: Moluscos, Crustáceos (Anfípodos, Isópodos y Decapodos), Turbelarios, Oligoquetos, Hirudineos y fundamentalmente insectos entre los cuales se encuentran coleópteros, hemípteros, efemerópteros, plecópteros, odonatos, dípteros, neurópteros y tricópteros. Estos organismos viven sobre el fondo de lagos y ríos, enterrados en el fondo, sobre rocas, y troncos sumergidos, adheridos a vegetación flotante o enraizada, algunos nadan libremente dentro del agua o sobre la superficie (McCafferty, Roldán, 1992, & González y García)

“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 mundo, con excepción de aquellos más efímeros o muy contaminados. Además, la densidad y diversidad de invertebrados suele ser muy elevada, habiéndose encontrado hasta un millar de especies en arroyos particularmente bien estudiados. Habitan en los sedimentos, tanto blandos como rocosos, así como en plantas sumergidas”(Rodríguez et al., 2009)

En la ecología de los ríos, la comunidad de macroinvertebrados bentónicos es de principal importancia para el entendimiento de la estructura y el funcionamiento de estos ecosistemas, como eslabón fundamental de la cadena trófica sirviendo de alimento a los peces, así como a las aves y anfibios asociados al medio acuático; como indicadores biológicos de la calidad del agua y como componentes del sistema acuático aportando riquezas y diversidad. Además, esta comunidad también provee una importante herramienta para monitoreos y programas de manejo(González y García & Rosenberg y Resh, s.f.)

Los macroinvertebrados son habitantes de dos tipos de ecosistemas de aguas dulces muy distintos entre sí: ecosistemas lenticos o de aguas tranquilas y loticos o de aguas rápidas, representados por una fauna numerosa de especies de artrópodos, anélidos y moluscos. Dentro de los artrópodos (insectos y ácaros) se desarrollan interacciones biológicas muy interesantes y en la mayoría de los insectos que viven a orillas de los arroyos (como odonatos, dípteros, y tricópteros) sus larvas viven entre los intersticios de los fondos de los arroyos(González y García, McCafferty, & Roldán, CORTOLIMA, s.f.).

La fauna de macroinvertebrados reciben diferentes nombres de acuerdo a como vivan en el fondo, naden o floten en la superficie, refiriéndose así a la fauna béntica o bentos a todos aquellos organismos que viven en fondos de lagos y ríos adheridos a diferentes sustratos; Neuston, aquellos organismos que viven en la superficie del agua caminando, patinando o brincando y Necton a todos aquellos organismos que nadan activamente en el agua. 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 & Roldán, s.f.)

Según(Rosenberg, 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.

- 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 tenses ambientales.
- Varían poco genéticamente.
- Existen métodos de evaluación y conocimiento sobre taxonomía para algunas regiones.

Biondicadores de calidad de 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, Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental, 1993)

Según(Jonson et al. (1992) y Alba-Tercedor& Sánchez-Ortega (1988). 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, 1993).

(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 representados por varios grupos taxonómicos, como Platelminthes, Annelida, Crustacea, Mollusca e Insecta, siendo este último, el más diversificado y abundante.

(Cranston, 1996)considera que estos artrópodos son fáciles 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, 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, 2003).

Índices BMWP (Biological Monitoring Working Party) y EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera).

En Europa la utilización de índices bióticos han tenido alta acogida; múltiples han sido las modificaciones a las que han estado sometidos, especialmente el Índice BMWP, al cual le han sido adicionado familias, cambios en algunos valores y correlaciones de valores significantes representando grados de polución. Este índice, posteriormente fue aplicado en Norteamérica y en la actualidad, sus adaptaciones se realizan en varias localidades de Centro y Suramérica(Hilsenhoff, 1988).

(Murphy, 1978)ha demostrado variabilidad temporal en los índices bióticos, debido a que el resultado obtenido en cada análisis, corresponde a información puntual y puede variar con el tiempo, sin embargo (Zamora, 1995) encontraron que mediante el índice BMWP es muy reducida la variación en los resultados de una localidad, lo cual hace que su utilización sea más confiable, ya que se pueden correlacionar resultados previos y así

verificar la sensibilidad o tolerancia que han alcanzado los organismos acuáticos.

La diferencia fundamental entre el Índice BMWP y el EPT, consiste en que el primero es un índice cualitativo mientras que el segundo tiene en cuenta el componente cuantitativo, pudiendo centrarse en número de especies o número de familias, pero ambos son considerados como sensibles en la detección de la contaminación (Armitage, 1983). El índice BMWP ha tenido amplia trascendencia, debido a que simplifica las complejas respuestas de una comunidad en un valor numérico que es fácilmente comprensible e interpretable, además de no requerir un elevado conocimiento taxonómico ni una cuantificación de los individuos de cada taxón. Este índice suele ser específico para un tipo de contaminación y/o región geográfica y se basa en el concepto de organismo indicador; permite la valoración del estado ecológico de un ecosistema acuático afectado por un proceso de contaminación.

Ante las limitaciones taxonómicas con macroinvertebrados acuáticos tropicales y subtropicales, se ha optado por utilizar caracteres morfológicos (fenológicos) para diferenciar una especie de otra y también la especificidad de sus hábitats (Johnson, et al 1992).

Adicionalmente, el conocimiento de las especies ha demostrado que pueden reducir los costos (Patrick, 1994). El amplio uso de este índice métrico obedece a su inclusión en los protocolos de bioevaluación de la EPA y es ampliamente usado por varias agencias como parte de sus programas de monitoreo ambiental (Plafkin, 1989).

(Crawford, 1989) en compañía de otros investigadores avalaron el uso del Índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) por la facilidad en su uso, la estabilidad al referenciar sitios y ser muy efectivo en monitoreos de calidad de agua, denotando diferencias marcadas en ecosistemas que presentan diferentes rangos de perturbación. El cálculo de este índice es

muy sencillo y se basa en el porcentaje del número de individuos de EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) en estado inmaduro, sobre el número total de familias de macroinvertebrados  $EPT/Total\ familias \times 100$ ; razón por la cual ha sido aceptado e implementado como herramienta económica y confiable en la valoración de calidad de las aguas. Las características que han permitido considerarlos como excelentes bioindicadores de calidad de agua, se debe su sensibilidad ante cambios en el entorno y a las preferencias por las aguas translúcidas bien oxigenadas; la ventaja en la actualidad para su utilización, corresponde a que se ha logrado avanzar en el conocimiento de su taxonomía.

#### 1.4.3 Marco conceptual

**Bioindicación:** Un indicador biológico acuático se considera como aquel organismo que gracias a su representación (presencia y abundancia) indican algún estado del sistema en el que encuentra, especialmente cuando la generación de dicho estado o procesos representan un problema frente al manejo del recurso hídrico, ya que el uso de bioindicadores está directamente relacionado con la valoración de la calidad del agua.

**Fauna béntica:** Todos los organismos que viven en el fondo, ya sea en la superficie del mismo (epibentos) o bien enterrados en el sedimento (endobentos). Pueden ser vegetales (fitobentos) o animales (zoobentos); macroscópicos (megalobentos, macrobentos), de tamaño medio (meiobentos) o microscópicos (microbentos). El bentos es particularmente importante en las productivas aguas costeras, donde el fitobentos recibe suficiente luz para desarrollarse y alimentar densas poblaciones de zoobentos.

**Macroinvertebrados Acuáticos:** Los 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. El prefijo “macro”indica que esos organismos son retenidos por redes de

tamaño entre 200–500 mm) y además, superan en fase adulto o último estado larvario los 2.5 mm. Este grupo incluye taxones como: Moluscos, Crustáceos (Anfípodos, Isópodos y Decapodos), Turbelarios, Oligoquetos, Hirudineos y fundamentalmente insectos entre los cuales se encuentran coleópteros, hemípteros, efemerópteros, plecópteros, odonatos, dípteros, neurópteros y tricópteros. Estos organismos viven sobre el fondo de lagos y ríos, enterrados en el fondo, sobre rocas, y troncos sumergidos, adheridos a vegetación flotante o enraizada, algunos nadan libremente dentro del agua o sobre la superficie.

**Perturbaciones antrópicas:** El término antropogénico se refiere a los efectos, procesos o materiales que son el resultado de actividades humanas a diferencia de los que tienen causas naturales sin influencia humana. Normalmente se usa para describir contaminaciones ambientales en forma de desechos químicos o biológicos como consecuencia de las actividades económicas, tales como la producción de dióxido de carbono por consumo de combustibles fósiles.

#### 1.4.4 Marco legal

**POLITICA NACIONAL PARA LA GESTION INTEGRAL DEL RECURSO HIDRICO:** Por la cual se establecen los objetivos estrategias metas, indicadores, y líneas, de acción estratégica para el manejo del recurso hídrico del país.

**LEY 9 DE 1979:** por la cual se establece la protección del medio ambiente y el control sanitario de los usos del agua.

**DECRETO LEY 2811 DE 1974:** Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.

**DECRETO 3930 DE 2010:** Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979. En cuanto a usos del agua y residuos líquidos

DECRETO 1640 DE 2012: se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos.

Decreto 1376 de 2013: por el cual se reglamentan el permiso de recolección de especímenes silvestres de la diversidad biológica con fines de investigación científica no comercial.

RESOLUCIÓN 1096 de 2000: Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS.

### 1.5 Estado del arte

A nivel mundial, existen estudios que demuestran que los investigadores han centrado su atención en el tema de los macroinvertebrados, es el caso de Ecuador específicamente en la jurisdicción de Sangulqui se realizaron análisis al río Alambi relacionados a la calidad del agua a través del estudio de macro invertebrados.

“Se registraron para el río Alambi un total de 41 familias indicadoras de calidad del agua según la clasificación propuesta por Roldan 1988 (Roldán 1999),(...) se establece una puntuación de 1 a 10, donde 10 corresponde a un indicativo de mejor calidad biológica del agua de las familias encontradas(...)estableciendo tres grupos de acuerdo al criterio de clasificación como indicadoras de calidad de agua (...) (Ephemeropteros, Plecópteros y Trichopteros), de cuyas familias mayoritariamente pertenecen a la clase I de indicadores de buena calidad de “aguas limpias”, existiendo además familias de estos grupos que toleran cierto grado de contaminación, clasificándolas del tipo II como indicadores de “aguas medianamente contaminadas”, la aplicación de este índice permite simplificar la identificación de los bioindicadores de calidad del agua” (Giacometti&Bersosa, 2006)

En la Paz Bolivia se realizó un estudio similar en una fuente hídrica contaminada de nombre Río Kaluyo , los puntos de muestreo se realizaron en la parte baja inmediatamente después de una fábrica de estuco de la que se pudo determinar que: “Las principales perturbaciones que está sometida la fauna de macro invertebrados acuáticos en el río Kaluyo, están dadas principalmente por la excesiva extracción arenosa, vertido de efluentes

domésticos y la rectificación artificial del cauce del río, cuyo grado de perturbación es cada vez más acentuado en dirección río abajo.

Según (Pulido, 2016) En Colombia se han realizado varios estudios sobre bioindicadores han demostrado que organismos pertenecientes a los órdenes Trichoptera, Ephemeroptera, y Plecoptera (Clase: Insecta) son los más sensibles a la contaminación de las aguas, seguidos de los órdenes Coleoptera, Hemiptera (Insecta) y Decapoda (Clase Crustacea), entre otros (Pinilla, 1998; Roldán, 2003; Zúñiga y Cardona, 2009; Zúñiga, 2001). Por otro lado, los organismos que pertenecen a las familias Chironimidae, Stratiomyidae, Tipulidae (Orden: Diptera), órdenes Basommatophora (Clase: Gastropoda) y Rhynchobdellida (Clase: Hirudinea), son los más tolerantes a las alteraciones del medio acuático.

(Giacometti & Bersosa, 2006), realizaron un estudio sobre Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua en el río Alambi –Antioquia, quienes en la evaluación tanto biológica como fisicoquímica concluyeron que para el año 2001 la calidad del agua del río Alambi es buena igualmente capacidad de auto-depuración, y apta para ser preservada y utilizada como un recurso para la conservación de la flora y fauna de la zona.

En el mismo tema (Angulo & Rengifo, 2003), desarrollaron un estudio sobre Macroinvertebrados acuáticos como sistema de evaluación de la eficiencia del sistema de lagunas de estabilización "el tarullal", municipio de Valledupar, departamento del cesar, Colombia; utilizando los macroinvertebrados acuáticos y aplicando el índice BMWP en 8 estaciones de muestreo distribuidas en las Lagunas Anaeróbicas, Facultativas y sobre el Río Guatapurí, receptor de los vertimientos. Se utilizó el esquema metodológico de Roldan (1988) presentando una cantidad considerable de macroinvertebrados (20 géneros, 12 familias) indicadores de mala calidad de aguas.

(Núñez, 2008), realizó un estudio sobre Caracterización biológica (macroinvertebrados acuáticos) del sistema de tratamiento de aguas residuales el salguero de la ciudad de Valledupar al igual que su fuente receptora - río Cesar; los resultados demostraron que las aguas de las lagunas anaeróbicas son fuertemente contaminadas de calidad muy crítica, las aguas de las lagunas facultativas son muy contaminadas de calidad crítica y las lagunas de maduración son de aguas contaminadas de calidad dudosa demostrando así que el sistema de lagunas funciona correctamente y que Según los resultados obtenidos al aplicar el índice BMWP el tramo comprendido en el área de influencia del vertimiento es de calidad aceptable.

A nivel regional, también se han realizado investigaciones las cuales han determinado que “los estudios de invertebrados acuáticos en la Zona del Piedemonte Amazónico y especialmente en el departamento del Putumayo, son escasos” (Serrato, 2005), presentándose condiciones ambientales particulares que permiten el establecimiento de diferentes clases de organismos.

## 1.6. Diseño Metodológico

El diseño metodológico del presente estudio, está orientado desde la revisión bibliográfica y la información que se recogió en campo, alternando la observación con el uso de instrumentos como el altímetro, el GPS, y el método volumétrico para la medición de caudales.

### 1.6.1 Tipo de investigación

La presente propuesta se enmarca en el diseño de investigación mixto con un enfoque correlacional, según(Danke, 1996) “la utilidad principal y la importancia de los estudios correlacionales es saber cómo se puede comportar un concepto o variable conociendo el comportamiento de otras variables relacionadas” y en términos de (Hernández, 2001) manifiesta que este tipo de estudios mide las dos variables que se desea conocer, si están o no relacionadas con el mismo sujeto y así analizar la correlación.

## 1.6.2. Línea de investigación

Prevención y control de la contaminación ambiental

### 1.6.2.1 Sublínea

Problemática sobre el manejo inadecuado de aguas residuales domésticas e industriales

## 1.6.3 Población

Fuentes hídricas de Mocoa

### 1.6.3.1 Muestra

Río Sangoyaco

## 1.6.4 Técnicas de recolección de información

Para cumplir con los objetivos de la presente propuesta, se recogió información de campo e información bibliográfica.

Para establecer los puntos de mayor perturbación se tuvieron en cuenta dos criterios; la identificación de la cobertura de la ribera del río y las diferentes perturbaciones antrópicas, específicamente los vertimientos.

a. Identificación de las perturbaciones (vertimientos). Para la identificación de los vertimientos se dividió el río en distancias de 150 m, trayectos se establecieron a partir del primer vertimiento observado en la fuente hídrica.

Las distancias se delimitaron y georreferenciaron utilizando el GPS, para reducir el margen de error, se midió el trayecto con la ayuda de una pita de 150 metros.

Al obtener las diferentes coordenadas de la división del río en distancias de 150 metros se realizó un mapa en ARGMAP, en el cual se identificó los diferentes puntos de las distancias y los vertimientos presentes en la fuente

hídrica. El proceso llevó al inventario de los vertimientos domiciliarios y del sistema de alcantarillado presentes en la ribera de la fuente hídrica.

Finalmente, se establecieron los rangos de los vertimientos, dependiendo del número, de la siguiente manera; alto, medio, bajo.

Tabla 1. Escala de rangos para vertimientos

ESCALA	
0-3	BAJO
4-6	MEDIO
7-10	ALTO

Fuente: esta investigación.

b. Cobertura vegetal: Para la identificación de los tipos de cobertura presentes en la ribera de la fuente hídrica se dividió el río en parte alta, media y baja utilizando el criterio de altitud.

En función de los rangos de altura que tenía la cuenca. Si la diferencia de altura es significativa y varía de 0 a 2,500 msnm, es factible diferenciar las tres partes, si esta diferencia es menor, por ejemplo de 0 a 1000 msnm, posiblemente sólo se distingan dos partes, y si la cuenca es casi plana será menos probable establecer partes(MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS). Teniendo en cuenta estos criterios y tomó la altitud le río Sangoyaco dividiendo la cuenca en diferentes partes.

- ✓ Parte alta; Predomina el fenómeno de la socavación. Es decir que hay aportación de material térreo hacia las partes bajas de la cuenca, visiblemente se ven trazas de erosión.

- ✓ Parte media; Hay medianamente un equilibrio entre el material sólido que llega traído por la corriente y el material que sale. Visiblemente no hay erosión.
- ✓ Parte baja; Es la parte de la cuenca hidrográfica en la cual el material extraído de la parte alta se deposita.

Para la identificación de la cobertura se realizó mediante la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia (IDEAM, 2010), por medio de la cual se clasificó la cobertura presente en la ribera. Según criterio de(IDEAM, 2010), expresada en el siguiente cuadro:

Cuadro1. Unidades de coberturas de la tierra para la leyenda nacional, escala 1:100.000

<b>LEYENDA NACIONAL DE COBERTURAS DE LA TIERRA – COLOMBIA</b>	
<b>1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS</b>	<b>BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES</b>
<b>1.1. Zonas urbanizadas</b>	<b>3.1. Bosques</b>
1.1.1. Tejido urbano continuo	3.1.1. Bosque denso
1.1.2. Tejido urbano discontinuo	3.1.1.1.1. Bosque denso alto de tierra firme
1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	3.1.1.1.2. Bosque denso alto inundable
1.2.1. Zonas industriales o comerciales	3.1.1.2.1. Bosque denso bajo de tierra firme
1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	3.1.1.2.2. Bosque denso bajo inundable
1.2.3. Zonas portuarias	3.1.2. Bosque abierto
1.2.4. Aeropuertos	3.1.2.1.1. Bosque abierto alto de tierra firme
1.2.5. Obras hidráulicas	3.1.2.1.2. Bosque abierto alto inundable
1.3. Zonas de extracción minera y escombreras	3.1.2.2.1. Bosque abierto bajo de tierra firme
1.3.1. Zonas de extracción minera	3.1.2.2.2. Bosque abierto bajo inundable
1.3.2. Zonas de disposición de residuos	3.1.3. Bosque fragmentado
1.4. Zonas verdes artificializadas, no agrícolas	3.1.4. Bosque de galería y ripario
1.4.1. Zonas verdes urbanas	3.1.5. Plantación forestal
1.4.2. Instalaciones recreativa	<b>3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva</b>
	3.2.1.1. Herbazal denso
	3.2.1.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme no arbolado
	3.2.1.1.1.2. Herbazal denso de tierra firme arbolado
2.1. Cultivos transitorios	3.2.1.1.1.3. Herbazal denso de tierra firme con arbustos
2.1.1. Otros cultivos transitorios	3.2.1.1.2.1. Herbazal denso inundable no arbolado
2.1.2. Cereales	3.2.1.1.2.2. Herbazal denso inundable
2.1.3. Oleaginosas y leguminosas	

	arbolado
2.1.4. Hortalizas	3.2.1.1.2.3. Arracachal
2.1.5. Tubérculos	3.2.1.1.2.4. Helechal
2.2. Cultivos permanentes	3.2.1.2. Herbazal abierto
2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos	3.2.1.2.1. Herbazal abierto arenoso
2.2.1.1. Otros cultivos permanentes herbáceos	3.2.1.2.2. Herbazal abierto rocoso
2.2.1.2. Caña	3.2.2.1. Arbustal denso
2.2.1.3. Plátano y banano	3.2.2.2. Arbustal abierto
2.2.1.4. Tabaco	3.2.3. Vegetación secundaria o en transición
2.2.1.5. Papaya	3.3. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación
2.2.1.6. Amapola	3.3.1. Zonas arenosas naturales
2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos	3.3.2. Afloramientos rocosos
2.2.2.1. Otros cultivos permanentes arbustivos	3.3.3. Tierras desnudas y degradadas
2.2.2.2. Café	3.3.4. Zonas quemadas
2.2.2.3. Cacao	3.3.5. Zonas glaciares y nivales
2.2.2.4. Viñedos	<b>4. AREAS HÚMEDAS</b>
2.2.2.5. Coca	4.1. Áreas húmedas continentales
2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos	4.1.1. Zonas Pantanosas
2.2.3.1. Otros cultivos permanentes arbóreos	4.1.2. Turberas
2.2.3.2. Palma de aceite	4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua
2.2.3.3. Cítricos	4.2. Áreas húmedas costeras
2.2.3.4. Mango	4.2.1. Pantanos costeros
2.2.4. Cultivos agroforestales	4.2.2. Salitral
2.2.5. Cultivos confinados	4.2.3. Sedimentos expuestos en bajamar
2.3. Pastos	<b>5. SUPERFICIES DE AGUA</b>
2.3.1. Pastos limpios	5.1. Aguas continentales
2.3.2. Pastos arbolados	5.1.1. Ríos (50 m)
2.3.3. Pastos enmalezados	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	5.1.3. Canales
2.4.1. Mosaico de cultivos	5.1.4. Cuerpos de agua artificiales
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	5.2. Aguas marítimas
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	5.2.1. Lagunas costeras
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	5.2.2. Mares y océanos
2.4.5. Mosaico de cultivos y espacios naturales	5.2.3. Estanques para acuicultura marina

Fuente: Corine Land Cover (IDEAM, 2010)

En el cuadro anterior, se muestra en síntesis los tipos de cobertura vegetal que se presenta en Colombia, con este criterio se realizó el proceso de identificación de la cobertura vegetal de la ribera del Sangoyaco. Este

proceso se realizó con la información recogida antes y después de la avenida torrencial.

#### Identificación de los macroinvertebrados

- Recolección de datos secundarios

En esta fase del trabajo se recolectó la información de fuentes secundarias que permitan evidenciar el uso de los macroinvertebrados en estudios de calidad de agua. Se trabajó por medio de la revisión descriptiva que establece (Day, 2005).

El primer elemento que se consideró fue el que los ríos de la región amazónica tienen características geográficas específicas y esto hace que las condiciones cambien en relación con las de otros ríos de regiones distintas. El proceso de recolección estuvo orientado desde los proyectos que se han realizado con el uso de bioindicadores en la región amazónica. Para ello se tuvo en cuenta:

- Bases de datos
- Trabajos de investigación de macroinvertebrados en ríos de la Amazonía Colombiana.
- Artículos científicos subidos en bases de datos de revistas científicas acreditadas.
- Trabajos de grados de estudios de macroinvertebrados del Instituto Tecnológico del Putumayo.

Los datos obtenidos de la revisión bibliográfica se registraron en la siguiente matriz:

Cuadro 2. Matriz. Identificación de macroinvertebrados

Año	Fuente hídrica	Ubicación	No. individuos	Macroinvertebrado con mayor abundancia	Estudio

Fuente: Esta investigación

## Condiciones ambientales río Sangoyaco

Para definir las condiciones ambientales del río antes y después de la avenida torrencial se tuvieron en cuenta tres criterios en los cuales; la información existente en las instituciones, la información recogida por el grupo antes de la avenida torrencial y la georreferenciación y medición de los caudales de los vertimientos actuales. En cuanto a la investigación institucional, fue tomada la proporcionada por AGUAS MOCOCHA, en cuanto a vertimientos continuos.

- a. Georreferenciación de los vertimientos actuales: para definir los Se tomaron los puntos por medio del GPS, luego se realizó un mapa en ARGMAP.
- b. Medición de caudal de los vertimientos continuos. Según (Pérez): para la medición de caudal se utilizó el aforo volumétrico. Que se aplica generalmente en laboratorios de Hidráulica, sólo es funcional para pequeños caudales; sin embargo, se puede implementar también en pequeñas corrientes naturales de agua. El aforo volumétrico consiste en medir el tiempo que gasta el agua en llenar un recipiente de volumen conocido, para lo cual el caudal es fácilmente calculable con la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{\text{litros}}{\text{segundo}}$$

Para identificar cambios generados por la avenida torrencial sucedida el 31 de marzo de 2017, con respecto a la cantidad de vertimientos que tenían como destino final el río Sangoyaco y los asentamientos humanos que se encontraban en la ribera.

Para el proceso de análisis de las condiciones de la fuente hídrica antes de la avenida torrencial, se recogieron las actuales, los datos se relacionaron con la información levantada antes de los sucesos.

Finalmente, la información recogida en campo se comparó con los diferentes estudios de calidad de agua en los que se utilizaron los bioindicadores, estableciendo cuáles de los maroinvertebrados permanecían en el tiempo y cuáles fueron desapareciendo y qué condiciones ambientales presentes en el río Sangoyaco y qué cambios significativos ha habido después de la avenida torrencial.

## 2. CALIDAD BIOLÓGICA DEL RÍO SANGOYACO

### 2.1. PERTURBACIONES RÍO SANGOYACO

Cuando los ecosistemas urbanos se asientan lo hacen en puntos estratégicos, los cuales les permitan desacerse de los diferentes residuos que generan. El municipio de Mocoa no es la excepcion,el río Sangoyaco atraviesa el municipio desde occidente a oriente, es afluente de la quebrada taruca y ha sufrido diferentes perturbaciones cambiando su composicon fisica, quimica y biologica.

Dentro de las perturbaciones ambientales que se presentan en la cuenca están:

- ✚ Olores ofensivos
- ✚ Acumulacion de residuos sólidos en la fuente
- ✚ Ploriferacion de vectores
- ✚ Vertimientos en la fuente
- ✚ Pérdida de la cobertura vegetal

Debido a todas estas alteraciones la fuente se ha venido deteriorando presentando altos niveles de contaminación.

#### 2.1.1 Cobertura vegetal

Para conocer los diferentes tipos de coberturas vegetales que se presentan en la Amazonia Colombia se tuvieron en cuenta diferentes investigaciones; Según el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas,(SINCHI, 2012). En total se clasificaron 37 tipos diferentes de coberturas; con respecto a los periodos anteriores, se mantienen casi todas las unidades excepto las clases. Otros cultivos transitorios y vegetación acuática sobre cuerpos de agua y sin información; por ende se debe de tener en cuenta que las

coberturas que presenta la amazonia están en proceso cambiante sea, por la actividad antrópica o de forma natural.

Según datos de(SINCHI, 2012)los bosques naturales sin incluir los fragmentados son las coberturas que continúan predominando en la región las coberturas que presenta la Amazonia están en proceso cambiante sea, por la actividad antrópica o de forma natural.

El bosque denso alto de tierra firme, junto con el bosque alto inundable heterogéneo son los que más área ocupan, representado el 72,25% y 6,4% respectivamente, de toda la región. El área ocupada por los bosques fragmentados por pastos y cultivos y los fragmentados por vegetación secundariaes de 5.993 km<sup>2</sup> correspondiente al 1,24% de toda la Amazonia. Los arbustales ocupan un área de 2.782 km<sup>2</sup> que representan el 0,58% de la región. Para el grupo de cobertura de herbazales denominados tradicionalmente como sabanas naturales, se registraron 17.869,9 km<sup>2</sup> correspondientes al 3,71%, donde elherbazal denso de tierra firme no arbolado, es el que más predomina dentro de este grupo, con 2,16% de la región amazónica.

A manera de resumen se debe de tener en cuenta que una de las mayores preocupaciones que actualmente se tienen con respecto a la Amazonia, no solo la colombiana, sino en general, corresponde a la rápida transformación de sus ecosistemas, para cambiar las coberturas naturales implementando otras como pastos, carreteras, se debe de tener en cuenta el crecimiento poblacional mundial que día a día abarca más espacio en los ecosistemas terrestres.

La cobertura presente en la ribera de la fuente, se identificó por medio de la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia (IDEAM, 2010). Tambien serealizara la identificación y numero de vertimientos por una distancia determinada por el semillero de investigacion de 150m, con el fin de establecer el punto en el cual se presenta el mayor perturbación en la ribera de la fuente hidrica.

Debido a las condiciones que presenta la cuenca y según el criterio de altitud, se dividió en dos secciones parte alta, y parte baja, la diferencia de alturas es de 540 msnm. Por tal motivo el punto que divide la parte alta de la parte baja está ubicado a 820 msnm en las coordenadas geográficas N 1°09'44,68" W 76°40'26,48", estelugar se escogió debido que el criterio de altitud da agunas características morfológicas que presenta el río en el cual hay medianamente un equilibrio entre el material sólido que llega traído por la corriente y el material que sale. Visiblemente no hay erosión(MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS).Lo anterior se evidencia en la siguiente figura 2.

Figura 2. Punto medio Rio Sangoyaco



Fuente: esta investigación

Se determinó que la cuenca alta del río Sangoyaco corresponde a la zona donde nace el río, el cual se desplaza por una gran pendiente(MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS). Por tal motivo para la presente investigación se delimitó la parte alta del río, se puede observar pendientes pronunciadas como se lo menciona anteriormente. En la figura 3 se muestra la cascada en la que nace el río Sangoyaco.

Figura 3. Cascada del nacimiento río Sangoyaco



Fuente: esta investigación

A continuación se muestra una fotografía de la cobertura presente en la parte alta del río que corresponde desde el nacimiento de la fuente en la vereda San Antonio ubicada en las coordenadas geográficas N 1°10'23,59" W 76°41'21,93" hasta las coordenadas geográficas N 1°09'44,68" W 76°40'26,48", como se observa en la imagen lo que predomina según la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia el Herbazal denso alto de tierra firme no arbolado ya que la características es de vegetación natural herbácea, con una cobertura mayor a 70% del área total de la unidad, no existe presencia de elementos arbóreos o arbustivos dispersos, o en caso de existir, en ningún caso superan el 2%. Generalmente está rodeado de áreas de bosques riparios y hay predominancia de especies herbáceas. (IDEAM, 2010). Lo anterior se evidencia en la siguiente figura 4.

Figura 4. Herbazal presente en el nacimiento del río Sangoyaco



Fuente: esta investigación

Se evidencia que la cobertura que presentan los suelos de la parte alta del río Sangoyaco no es la apropiada para esta zona, lo que indica que se debe contar con gran cantidad de cobertura vegetal protectora ya que los suelos forestales absorben cuatro veces más agua de lluvia que los suelos cubiertos por pastos, y 18 veces más que el suelo desnudo (AGENCIA ANDALUZA DEL AGUA (CONSEJERIA DE MEDIA AMBIENTE)). Al tener una cobertura herbácea predominante indican que este tramo no cuenta con esta cobertura vegetal protectora para la dinámica y funcionamiento del río.

Descendiendo desde el nacimiento se puede observar que la cobertura presente en la ribera no permite que las márgenes del río se delimiten pronunciadamente generando erosión y sedimentación del margen del río. Según (Harmon et al. 1986 citado por (Díez&Elosegi, 2009) afirman que los bosques de ribera también tienen gran incidencia sobre la forma del cauce, ya que limitan la erosión de sus márgenes. Lo anterior se puede apreciar en la figura 5.

Figura 5. Bosque fragmentado por vegetación secundaria



Fuente: esta investigación

Tal como se muestra en la imagen anterior, la cobertura que se presenta en la ribera según la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia se clasificaría como un bosque fragmentado ya que se diferenciaron dos tipos de cobertura de bosque dependiendo del tipo de fragmentos: fragmentos de pastos y cultivos y fragmentos de vegetación secundaria.

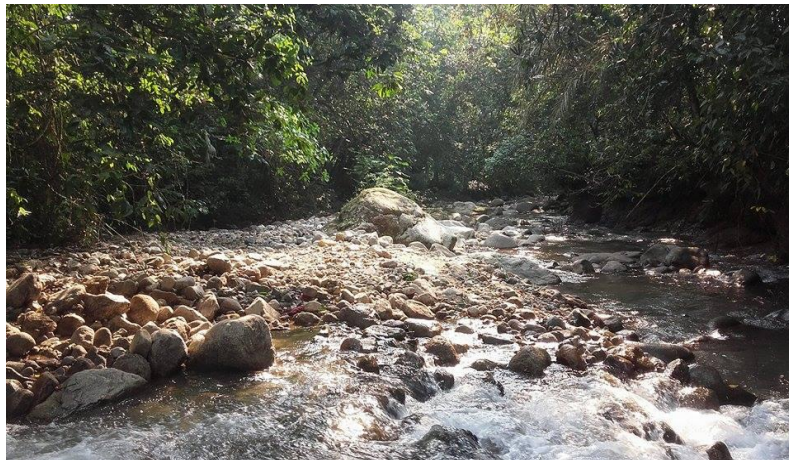
Como se observa en la imagen es un bosque fragmentado el cual ha tenido un proceso de una sucesión ecológica.

El proceso de sucesión ecológica se ha generado en estos bosque debido a las altas pendientes que presenta la ribera de la fuente; según (Jojoa, 2003) el río Sangoyaco y quebrada Taruca presentan pendientes superiores al 75% y se caracteriza por la inestabilidad a la alta meteorización que tienen las rocas y fracturamiento que hay por la presencia de fallas geológicas lo que ha dado como resultado fuertes plegamientos y degradación, esto ha conllevado a que la pendiente genere erosión por deslizamiento sometiendo a que el sitio este en proceso de sucesión ecológica, entendiendo que la sucesión ecológica es un proceso conocido como la formación natural de un

bosque, desde un terreno sin ninguna vegetación (por el efecto de degradación, erosión y el uso intensivo de suelo) hasta llegar a formar un bosque. El desarrollo de la sucesión siempre va hacia un bosque como fase final(Yapu, 2015), lo anterior se ha evidenciado en la parte alta del río Sangoyaco.

Para la determinación del punto medio se tuvo en cuenta la parte de la cuenca en la cual hay un equilibrio entre el material sólido que llega traído por la corriente y el material que sale. Visiblemente no hay erosión(MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS). Como se muestra en la siguiente imagen, en el punto medio de la cuenca hay mayor estabilidad en la que el bosque delimita de una forma más pronunciada el margen, hay una estabilidad mayor en el arrastre de rocas presentes en el río. Lo anterior se evidencia en la figura 6.

Figura 6. Parte media del río Sangoyaco



Fuente: esta investigación

Durante el recorrido el punto medio del río Sangoyaco se encuentra en coordenadas geográficas N 1°09'44,68" W 76°40'26,48", hasta el barrio la Independencia desde este punto se encontraron diferentes asentamiento los cuales en su terreno presentaban actividad económica como cultivo de

plátano, banano, y piscicultura por tal motivo se lo clasifico como bosque fragmentado, comprende los territorios cubiertos por bosques naturales densos o abiertos cuya continuidad horizontal está afectada por la inclusión de otros tipos de coberturas como pasto, cultivos o vegetación en transición, las cuales deben representar entre 5% y 30% del área total de la unidad de bosque natural(IDEAM, 2010).Lo anterior se evidencia en la figura 7.

Figura 7. Cultivos en la ribera de la fuente hídrica



Fuente: esta investigación

Dentro del punto medio del rio Sangoyaco se clasifica según la metodología Corine Land Cover como tejido urbano discontinuo debido a que en la ribera se presentan construcciones urbanas; entendiendo que tejido urbano discontinuo son espacios conformados por edificaciones y zonas verdes. Las edificaciones, vías e infraestructura construida cubren la superficie del terreno de manera dispersa y discontinua, el resto del área está cubierta por vegetación.

Se determinó que el punto medio está sometido a diferentes construcciones, se evidenciaba que se habían construidos a la margen del rio, por tal motivo no cuenta con cobertura vegetal protectora para la dinámica y funcionamiento de la fuente hídrica, lo anterior se observa en la figura 8.

Figura 8. Tejido urbano discontinuo



Fuente: esta investigación

La parte baja de una cuenca se caracteriza por no presentar pendientes pronunciadas y estabilidad en su recorrido, también por tener en sus márgenes el material extraído de la parte alta se deposita en lo que se llama cono de deyección (MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS). Se observa en la figura 9.

Figura 9. Cono de deyección desembocadura río Sangoyaco-Mocoa



Fuente: esta investigación

Para la clasificación de cobertura que presenta la parte media de río Sangoyaco se tuvo en cuenta que las márgenes del río están totalmente construidas con muros de contención los cuales evitan la erosión de la ribera, cabe resaltar que las especies forestales que se encuentran en la margen del río detrás de los muros de contención son los árboles chiparos (*Zygia longifolia*), declarando que no son suficientes para contener la diferentes crecientes que presenta la fuente, dentro de la metodología CorineLandCover la parte baja se la clasifica como tejido urbano ya que son espacios conformados por edificaciones. Las vías y superficies están cubiertas artificialmente, cubriendo más de 80% de la superficie del terreno. La vegetación y el suelo desnudo representan una baja proporción del área del tejido urbano, en la parte baja del río Sangoyaco en la ribera se encuentra totalmente construido. Lo anterior se evidencia en la figura 10.

Figura10. Ribera del río Sangoyaco- Barrio la independencia



Fuente: esta investigación

### 2.1.2 Perturbación por vertimientos

La problemática ambiental producida por el vertimientos de aguas residuales en el municipio de Mocoa es bastante evidente en el rio Sangoyaco la mayoría de las aguas negras son vertidas sin ningún tratamiento, esto ha perjudicado al río a lo largo de los años perdiendo su nivel paisajístico y recreativo, la presencia de varios asentamientos en la ribera ha acrecentado las problemáticas (Roldan C. , 2005) afirma que 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. Estos cambios traen consigo una fuerte influencia sobre sus ecosistemas, alterando la estabilidad del medio ambiente acuático. Lo anterior se evidencia en la figura 11.

Figura 11. Aguas residuales domésticas



Fuente: esta investigación

La mayor problemática se debe al incremento de las actividades humanas en las cuencas fluviales, lo que ha causado grandes deterioros en la calidad del agua, acompañado por un incremento en la carga de nutrientes, materia orgánica y sedimentos hacia río (Adams, 2005). y según (Romero, 2005) el empleo del agua en los hogares genera aguas residuales que contienen los

residuos propio de la actividad humana, como la materia fecal, restos de alimentos, aceites y grasas, detergentes, sales, sedimentos, materia orgánico no biodegradable y microorganismos patógenos. Esto ha surgido por causa de la inadecuada disposición y un inexistente tratamiento de aguas residuales.

Por tal razón la fuente hídrica presenta unas características estéticas desagradable, el rio se ha venido deteriorando por las continuas descargas de vertimientos de aguas residuales, un elevado arrojó de residuos sólidos al cauce, una degradación extensiva de la vegetación de la cuenca perdiéndose la diversidad natural, se presenta un bajo nivel del caudal. (Garcia, 2009), afirma que es frecuente que las comunidades utilicen las fuentes hídricas superficiales y subterráneas como alternativa para deshacerse de los desechos líquidos y sólidos, causando problemas ambientales y conflictos a otras áreas y poblaciones que se abastecen de este recurso. Se evidencia en la figura 12

Figura 12. Vertimientos presentes en la fuente hídrica.



Fuente: esta investigación

Las actividades antrópicas de producción reducen los bienes y servicios ecosistémicos del ambiente afectado, siendo las principales amenazas las alteraciones físicas y la contaminación, al superarse la capacidad de carga del ecosistema (PNUMA, 2003), estos vertimientos ponen en peligro la salud

de los habitantes del municipio por la proliferación de roedores, insectos, bacterias, virus, malos olores, y contaminación visual, por la carga contaminante que ha recogido en su recorrido que afecta y altera el ecosistema, por tal razón, (Romero, 2005) afirma que es imprescindible el tratamiento de esta agua previo a su vertido, debido al poder contaminante que tienen, variable según concentraciones de los agentes contaminantes.

Para el proceso de identificación, se dividió el río en diferentes trayectos de su cauce tomando una distancia de 150 metros con el fin de observar y analizar la contaminación hídrica producida por el vertimiento de aguas residuales y otros factores que contrae esta actividad, se inició donde se encontró el primer vertimiento en el barrio San Miguel en la parte alta hasta llegar al barrio la independencia haciendo un recorrido de más de 2,5 kilómetros.

#### 2.1.2.1 Descripción de los trayectos del río Sangoyaco antes de la Avenida Torrencial

##### Trayecto 1: Barrió San Miguel

El barrió San Miguel ubicado en la orilla del río Sangoyaco, se han asentado varias familias, vierten sus aguas residuales domésticas directamente al río por medio de un desagüe o vertimiento hecho por ellos mismo, esto ha causado problemáticas ambientales como malos olores, proliferación de vectores lo que puede afectar de manera significativa la salud causando diferentes enfermedades, existe una degradación continua de su vegetación, también se evidencia material de arrastre provocando que muchas partículas sean arrancadas del suelo y arrastradas por el agua, junto con otros materiales que hay en suspensión en las aguas causando una seria turbidez que no solo afecta la calidad del agua sino también la vida de algunos organismos, la comunidad arroja los desechos orgánicos e inorgánicos como plástico, vidrio, el papel higiénico y otros restos que se pueden botar por medio de las tuberías de drenaje.

## Trayecto 2 Barrio San Miguel

En este trayecto del río la población ha aumentado de manera considerable esto ha ocasionado que las personas construyan sus viviendas a la ribera y que viertan sus aguas de manera directa, se ha generado una inadecuada disposición de residuos sólidos, ocasionado escorrentía que arrastra la materia orgánica, se exterioriza una disminución de su caudal por la degradación de la flora, estas descargas de las aguas servidas por parte de las comunidades vienen deteriorando en forma gradual las condiciones del río incidiendo en la salud de las comunidades cercanas y de aquellas que la usan como fuente de abastecimiento.

## Trayecto 3 Barrio San Miguel 2 etapa

En el recorrido de este trayecto hay varios vertimientos y junto a ellos se arrojan grandes cantidades de residuos a la fuente, lo que aparte de generar un impacto visual, ocasiona estancamiento al vertimiento, causando olores desagradables a su alrededor, estas descargas de las aguas servidas vienen deteriorando las condiciones del río y atentan de forma directa a la población por la generación de vectores, siendo necesario un tratamiento de las aguas residuales, orientado a disminuir los niveles de contaminación.

## Trayecto 4 Barrio San Fernando

Las casas situadas a la periferia de este trayecto del río arrojan y derraman sus aguas de desecho doméstico con mucha frecuencia causando una evidente contaminación y una proliferación de organismos que pueden causar enfermedades por la falta de tratamiento.

## Trayecto 5 Barrio Prados

En esta parte del río no se observaban vertimientos de aguas negras en cantidad, la población era poca al igual que la actividad económica, había una variedad considerable de vegetación pero en el río se encharcaban grandes cantidades de materia orgánica que flotaban en charcos de agua,

poseían un aspecto amarillento, con un olor desagradable, en esta zona había fincas dedicadas a diferentes actividades económicas como la siembra de diferentes cultivos, cría de peces y la de ganado.

#### Trayecto 6 Barrió Huasipanga-Unión del río Sangoyaco con la quebrada la Taruca

Llegando a este punto donde el río Sangoyaco se une con un tributario la quebrada Taruca, con una carga importante de contaminación la cual también es un receptor de aguas residuales, las aguas poseen un mal aspecto, color grisáceo algo turbio, traía consigo una gran cantidad de residuos de basura depositados en la ribera del río, hay una degradación vegetal abundante, por las fincas, la siembra de diferentes cultivos y la crianza de ganado.

#### Trayecto 7 Barrio Huasipanga

Entrando al casco urbano del municipio de Mocoa los vertimientos se intensifican no solo los intermitentes sino también los continuos, éstos últimos los han hecho con el fin de recolectar todas las aguas residuales de una parte del municipio y evacuar en un solo sitio, las descargas son de forma permanente y directa sin ningún tipo de tratamiento, se perciben olores fuertes, presencia de insectos debido a la gran cantidad de materia fecal generando en las aguas un color grisáceo.

#### Trayecto 8 Barrio Las Vegas

En esta parte de río se encontraron varios vertimientos que arrojan aguas contaminadas de forma intermitente, pero, a consecuencia de las continuas descargas de aguas residuales que ocurren río arriba, el olor desagradable persiste, y el color grisáceo del agua es permanente. Este sitio tiene una pobre cobertura vegetal, se visualizó que en la ribera había acumulación de residuos sólidos.

#### Trayecto 9 Barrio Las vegas

La degradación de la vegetación es evidente por la gran cantidad de viviendas que se han construido lo cual ha deteriorado el suelo, y la fuente hídrica generando un impacto visual. Hay presencia de malos olores, vertimientos continuos con gran caudal con cantidad de contaminantes afectando el paisaje, antes esta parte del río era utilizada para la recreación.

#### Trayecto 10 Barrio el Progreso

Este es un punto de difícil acceso por la vegetación que se encuentra a su alrededor y las tuberías que se encuentran deterioradas, la contaminación es persistente por la gran cantidad de materia fecal, existe presencia de insectos como son zancudos y moscas que posan sobre los vertimientos, el agua es grisácea espumosa por la actividad de lavado que realizan en los hogares.

#### Trayecto 11 Barrio el Progreso

La contaminación en este trayecto del río se vuelve más crítica el agua se torna oscura, evidenciando el daño que provocan las aguas residuales y los residuos orgánicos que no se les realizaba un debido tratamiento o disposición afectando no solo el recurso agua sino también la fauna, flora. Hay proliferación de vectores, malos olores, residuos sólidos como botellas, ropa, animales muertos, etc. La población en este barrio ha construido varias vivienda sobre el muro de contención.

#### Trayecto 12 Barrio Progreso – Puente Av. Colombia

Al llegar a esta zona del río donde se encuentra el puente que comunica la avenida Colombia con el centro del municipio, se encuentran varios vertimientos continuos e intermitentes, hay algunos de ellos que se hicieron con el fin de recoger aguas lluvia la finalidad de recoger aguas lluvias y consigo aguas negras, en este sector el agua presenta un color grisáceo, la vegetación es escasa, predomina los botaderos de todo tipo de residuos, hay

actividades de extracción de material de arrastre como arena, se conoce como la parte comercial del municipio.

#### Trayecto 13 Barrio Bolívar

Un trayecto más abajo por las bomba de servicio de gasolina los Bravos, en el casco urbano del municipio de Mocoa la contaminación se vuelve más crítica, en estos vertimientos los caudales son constantes, en este punto hay un desagüe realizado para evitar que la vía se inunde cuando se presentan fuertes lluvias, también recoge aguas domésticas las cuales son reunidas y canalizadas generando un olor desagradable a materia fecal, el agua se torna de color grisáceo oscuro y cae directamente al río sin ningún tipo de tratamiento previo, esto ha generado la proliferación de vectores y una continua degradación del río y del ecosistema por la alta presencia de basura como: plásticos, ropa, y desechos domésticos, evidenciando el daño que provocan las aguas residuales y los residuos orgánicos .

#### Trayecto 14. Bolívar- Mercado

En las orillas del río donde se sitúa la plaza de mercado del municipio, la contaminación es evidente por los malos olores, las personas arrojan al cause materiales de construcción, residuos orgánicos en descomposición, animales muertos, electrodomésticos que no son útiles, las paredes tienen mucho moho y musgo a causa de su humedad permanente, es una zona rocosa que invade todo este espacio, hay varios puntos de vertimientos directos los cuales son de sanitarios del mercado que se vierten de manera intermitente, lo que provoca la presencia de vectores.

#### Trayecto 15. Barrio la independencia

Al llegar al barrio la independencia como en todo recorrido las personas arrojan sus desechos al río sin un control ambiental, hay disposición de residuos sólidos tales como: escombros, cartón, pañales desechables, llantas quemadas, tejas de zinc, botellas de vidrio y de plástico , y desechos

de cocina (cáscaras de huevo, de plátano, de frutas), animales muertos entre otros, y un olor frecuente de materia orgánica en descomposición, el color del río se ha tornado un color grisáceo oscuro generando un impacto visual.

Tabla 2. Calificación del número de vertimiento presentes en el río Sangoyaco.

N° trayecto	Distancia	Coordenada		N° vertimiento	Escala
1	Arenera	N	01°09'27"	ARENERA	
		W	076°39'45"		
2	Barrió San Miguel	N	01°09'23.6"1	3	BAJO
		W	076°39'42.9"		
3	Barrió San Miguel	N	01°09'19.8"	1	BAJO
		W	076°39'39.4"		
4	Barrió San Miguel 2 etapa	N	01°09'17.1"	2	BAJO
		W	076°39'35.5"		
5	Trayecto 4: Barrió San Fernando	N	01°09'17.5"	0	BAJO
		W	076°39'31"		
6	Trayecto 5: Barrió Prados	N	01°09'13.9"	0	BAJO
		W	076°39'28.3"		
7	Trayecto 6: Barrió Huasipanga-Unión del río Sangoyaco con la quebrada la Taruca	N	01°09'11.9"	3	BAJO
		W	076°39'25.7"		
8	TRAYECTO 7: Barrió Huasipanga	N	01°09'9.5"	6	MEDIO
		W	076°39'20.4"		
9	TRAYECTO 8: Barrió Las Vegas	N	01°09'7.3"	5	MEDIO
		W	076°39'17.9"		
10	TRAYECTO 9: Barrió Las Vegas	N	01°09'6"	6	MEDIO
		W	076°39'12.7"		
11	Trayecto 10: Barrió el Progreso	N	01°09'2.2"	4	MEDIO
		W	076°39'8.3"		
12	Trayecto 11: Barrió el Progreso	N	01°09'1.1"	8	ALTO
		W	076°39'1.7"		
13	Trayecto 12: Barrio Progreso – Puente Av. Colombia	N	01°08'57.3"	9	ALTO
		W	076°39'59.7"		
14	Trayecto 13: Barrio Bolívar	N	01°08'56.7"	7	ALTO

		W	076°39'52.7"		
15	Trayecto 14: Bolívar- Mercado	N	01°08'53.9"	10	ALTO
		W	076°39'47.8"		
16	Barrió la independencia	N	01°08'53.6"	9	ALTO
		W	076°39'44"		

Fuente: esta investigación

Figura 13. Mapa del río Sangoyaco antes de la avenida torrencial



Fuente: esta investigación

Según la metodología CorineLandCover, después de la identificación de la cobertura vegetal del río Sangoyaco y la identificación de las diferentes perturbaciones en los trayectos de la ribera, se pudo observar que la zona con más vertimientos y menos cobertura es la parte baja del río Sangoyaco desde los barrios Bolívar a la Independencia.

A medida que los asentamientos humanos aumentan la cobertura que se presenta en la ribera se hace escasa, las construcciones han ocupado la ronda hídrica de la fuente.

En el tema de la perturbación por vertimientos a la fuente hídrica, se evidenció que la mayoría de viviendas cuentan con un tubo de drenaje hacia el río vertiendo sus aguas residuales doméstica, también, se encontraron algunos vertimientos del sistema de alcantarillado municipal, a los que no se les da ningún tipo de tratamiento antes de ser vertidos a la fuente; éstos últimos se clasificaron para el presente estudio como continuos porque su caudal es constante, afectando la capacidad de autodepuración la cual está condicionada por factores como: el caudal, que permitirá la dilución del vertido y facilitará su posterior degradación; la turbulencia, que favorece la disolución del oxígeno atmosférico al cauce(Rodríguez, 1983), generado que a medida que el río recorre su cauce permite más oxigenación para el agua.

### 2.3. PERTURBACIÓN DESPUÉS DE LA AVENDIDA TORRENCIAL

Para el proceso de identificación de cobertura y vertimientos con el fin de hallar el punto de mayor perturbación de la fuente hídrica después de la avenida torrencial, se aplicó la misma metodología citada en páginas anteriores.

#### 2.3.1. Clasificación de la cobertura vegetal

Conociendo las dos partes en la que se divide el río Sangoyaco, se inició el recorrido desde parte alta evidenciando diferentes alteraciones en el ecosistema. Cabe resaltar que el río Sangoyaco a lo largo de su historia ha presentado desbordamientos,(Chantre, 2003), se observan depósitos de avalanchas torrenciales principalmente a lo largo de las quebradas Sangoyaco, Taruca, Mulato, Rumiyaco y Pepino, las cuales desembocan en el río Mocoa y en sus alrededores se ubica más del 90% de la población total de la cuenca incluyendo la población de Mocoa.

En la imagen se evidencia que la parte alta del río Sangoyaco se desbordó debido a las lluvias torrenciales presentadas el 31 de marzo del 2017, el Herbazal denso alto de tierra firme no arbolado que se presentaba en la parte alta no tenía la capacidad para permitir la dinámica y funcionamiento del río. Lo anterior se evidencia en la figura 14.

Figura 14. Nacimiento Río Sangoyaco después de la avenida torrencial.



Fuente: esta investigación

En la anterior imagen se evidencia que debido a la creciente que presentó el río sangoyaco la vegetación que se encontraba en su nacimiento no fue suficiente para contener la creciente, la fuerza del agua arrastró parte del sustrato y de la vegetación, así como las semillas poco profundas (Pickup, McDougall, & Whelan, 2003), lo que puede afectar a la capacidad de brotamiento de semillas afectando posiblemente la colonización de nuevas especies.

Como se menciona anteriormente el río sangoyaco presenta pendientes superiores al 75% (Jojoa, 2003), lo cual implica que se presenten diferentes derrumbes en la parte alta, las fallas geológicas que se presentan en la parte alta de la cuenca después de la avenida torrencial han aumentado el fracturamiento de esta zona. Lo anterior se evidencia en la figura 15.

Figura 15. Falla geológica en la parte alta del rio Sangoyaco



Fuente: esta investigación

Antes de la avenida torrencial el rio Sangoyaco presentaba un color gris pardo, la primera hipótesis fue que el color se debía a las aguas grises provenientes de los hogares, sin embargo, el color persistía a medida que se avanzaba, se descartó esta hipótesis porque en la parte alta de la cuenca no se observaron asentamientos humanos. Según (Miralles e. a., 2005), como se muestra en la siguiente imagen el color del agua varía dependiendo el lecho del rio, ya que el color del agua se mantiene transparente en su recorrido por la parte arenosa, y toma un olor marrón en arcilloso en la orilla. Lo anterior se evidencia en la figura 16.

Figura 16. Cambio del color del agua de transparente a turbio



Fuente: esta investigación

Como se muestra en las imágenes, se observa que a medida que se desciende de la parte alta se evidencia que la cobertura es escasa, las márgenes del río se han erosionado notablemente. Lo anterior se evidencia en la figura 17.

Figura 17. Erosión de las márgenes del río



Fuente: esta investigación

En la clasificación de la cobertura presente en la parte alta se la clasificó como vegetación secundaria o en transición esta comprende aquella cobertura vegetal originada por el proceso de sucesión de la vegetación natural que se presenta luego de la intervención o por la destrucción de la vegetación primaria, que puede encontrarse en recuperación tendiendo al estado original. Se desarrolla en zonas desmontadas para diferentes usos, o por la ocurrencia de eventos naturales la vegetación natural fue destruida. No se presentan elementos intencionalmente introducidos por el hombre, Corine Land Cover adaptada para Colombia (IDEAM, 2010). La cobertura que se presenta en la parte alta ha tenido que sufrir diferentes cambios, las diferentes crecientes que ha presentado el río sangoyaco a obligado a que la sucesión natural se presente en esta zona. Lo anterior se evidencia en la figura 18.

Figuran.18. Sucesión natural debido a la erosión



Fuente: esta investigación

En el punto medio del río Sangoyaco se destacan las diferentes actividades económicas que presentan algunas fincas ubicadas en esta zona clasificándolo como bosque fragmentado por pastos y cultivo definiendo esta zona como los territorios cubiertos por bosques naturales donde se ha presentado intervención humana de tal manera que el bosque mantiene su estructura original. Las áreas de intervención están representadas en zonas de pastos y cultivos (IDEAM, 2010).Lo anterior se evidencia en la figura 19.

Figura 19. Intervención del bosque para la agricultura



Fuente: esta investigación

Descendiendo desde el punto medio teniendo en cuenta el criterio de la altitud, hacia la parte baja se pudo observar que el cauce del río se ha desviado notoriamente alejándose de la cobertura vegetal dándole más espacio a sus playas. La cobertura vegetal que se presenta en la ribera es escasa. Lo anterior se evidencia en la figura 20.

Figura 20. Ronda hídrica de la fuente



Fuente: esta investigación

A parte de esto se puede evidenciar que después de la avenida torrencial el río Sangoyaco mantiene su aspecto turbio, un color marrón generado por los diferentes deslizamientos que se presentan en la ribera. Lo anterior se evidencia en la figura 21.

Figura 21. Color actual del río Sangoyaco



Fuente: esta investigación

En la parte baja del río Sangoyaco se encuentra que la ribera se clasifica en tejido urbano discontinuo y tejido urbano continuo (IDEAM, 2010) ya que en la parte baja se concentran los asentamientos de la población de Mocoa. Antes de la avenida torrencial la ribera contaba con algunos árboles que habían sido reforestados pero debido a la fuerza de arrastre el río arrancó la poca vegetación. Lo anterior se evidencia en la figura 22.

Figura 22. Estado actual del barrio la independencia



Fuente: esta investigación

Los barrios que presentaban menor vegetación antes de la avenida torrencial fueron los más afectados en cuanto a destrucción, debido a que estaban asentado en la ribera y no contaban con protección vegetal.

Cuando se realizó la clasificación de la cobertura vegetal antes de la avenida torrencial se identificó que los barrios progreso, Bolívar e independencia estaban dentro de la clasificación de tejido urbano continuo, presentando poca cobertura en la ribera, esto ha tenido como efecto la destrucción de las diferentes infraestructuras que estuvieron sometidas a las zonas por la cual paso la avenida torrencial del pasado 31 de marzo del presente año.

### 2.3.2. Identificación puntos de mayor perturbación por vertimientos

#### Trayecto 1. Barrio San Miguel

Debido a la catástrofe de la avenida torrencial varios vertimientos de aguas residuales del barrio san Miguel desaparecieron junto con las casas que se encontraban en la orilla del rio, la infraestructura del barrio en su mayoría fue prácticamente destruida, los habitantes han decidido abandonar el lugar y por lo tanto las actividades como la extracción de material de arrastre ya no se realizan, se observó un grave daño de la cobertura vegetal por la gran cantidad de árboles que fueron arrastrados y la magnitud de rocas y escombros que se encuentran a la orilla del rio, el agua permanece con turbidez por el arrastre de sedimentos que ocurre continuamente en la parte alta del rio. Lo anterior se evidencia en la figura 23.

Figura 23. Barrio San Miguel



Fuente esta investigación

#### Trayecto 2. Barrio San Miguel

En el siguiente trayecto del rio se observaron las mismas características de los anteriores 150 metros, casa destruidas, escombros, árboles arrancados de raíz y otro partidos en la mitad por la fuerza del agua, muchas rocas de gran tamaño, poca cobertura vegetal, algunos tubos de vertimientos domésticos todavía persisten pero por el momento se encuentran sin caudal

por el abandono en el que se encuentran las viviendas, el agua es turbia con un color rojizo característico ya que después de la avenida torrencial en este lugar se encuentra la nueva unión del río Sangoyaco y la quebrada la taruca como se evidencia en la figura 24.

Figura 24. Nueva unión de la quebrada la Taruca y el río Sangoyaco



Fuente esta investigación

### Trayecto 3. Barrio San Miguel segunda etapa

Al llegar a esta zona se observaron bastantes escombros, poca cobertura vegetal, algunos vertimientos de aguas residuales domésticas pero con poco caudal, hay remoción de materiales continuamente.

### Trayecto 4. Barrio San Fernando

En este trayecto del río se observó un gran cambio en el aspecto en cuanto a la cobertura vegetal y al curso tomado por el río, el agua permanece turbia, hay bastante acumulación de escombros de la avenida torrencial, no se evidenciaron vertimientos con caudal ya que gran parte del río permanece abandonado y por consiguiente por el momento no se están vertiendo aguas residuales a la cuenca. Lo anterior se evidencia en la figura 25.

Figura 25. Barrio San Fernando



Fuente esta investigación

#### Trayecto 5. Barrio Prados

Al llegar al barrio los Prados se observó un cambio significativo que dejó la avenida torrencial en este lugar, afectación a la cobertura vegetal y el asentamiento de algunas fincas, las perturbación antrópica continúa en forma de vertimientos continuos con aguas grises que llegan a la fuente, con un olor desagradable y proliferación vectores que pueden estar afectando a la comunidad, al alrededor de la fuente hay disposición de residuos como plástico, vidrio, ropa y algunos escombros que ha arrastrado la corriente. El río se ha desplazado varios metros de su anterior curso. Lo anterior se evidencia en la figura 26.

Figura 26. Box culvert barrio Los Prados



Fuente esta investigación

#### Trayecto 6. Barrio Huasipanga

Anteriormente Unión del río Sangoyaco con la quebrada la Taruca

Al llegar a este lugar la perturbación más frecuente es el dragado del río que se realiza de manera continua, y una escasa cobertura vegetal que dejó la avenida torrencial, no se encontraron vertimientos. Lo anterior se evidencia en la figura 27.

Figura 27. Dragado del río con Maquinaria



Fuente: esta investigacion

### Trayecto 7. Barrio Huasipanga

En el barrio Huasipanga se visualizan varios vertimientos continuos que resistieron a la avenida torrencial, pero la diferencia es que estos vertimientos no caen directamente al rio ya que por las condiciones del cambio del paisaje y de su ronda hídrica se han desplazado varios metros de donde anteriormente era el cauce de la fuente hídrica. Lo anterior se evidencia en la figura 28.

Figura 28. Paisaje dejado por la avenida torrencial en el barrio Huasinpanga



Fuente esta investigación

### Trayecto 8. Barrio Las Vegas

En esta parte del río se reflejan las consecuencias que dejó la avenida torrencial por la pérdida de la vegetación, se visualizaron algunos vertimientos intermitentes y otros se encuentran destruidos, las aguas no son vertidas directamente al rio sino que caen al suelo debido a que el cauce de la fuente hídrica cambió. Hay presencia de escombros y basuras, también y un constante dragado.

### Trayecto 9. Barrio Las vegas

En este trayecto se visualizó la pérdida de la cobertura vegetal, algunos vertimientos los cuales por la catástrofe están abandonados, hay maquinaria pesada por el proceso de recolección de material de arrastre estos

escombros están siendo dejados a los costado dela cuenca para que actúen como muro de contención.

#### Trayecto 10. Barrio El Progreso

Otro barrio que fue duramente afectado por el evento catastrófico de la avenida torrencial fue el barrio el progreso ubicado en gran parte en la ronda hídrica del rio Sangoyaco, en este lugar se visualizaron varios vertimientos intermitentes de algunas viviendas pero en el momento el caudal es escaso ya que la población se han retirado de la zona por el peligro que representa, en este sitio hay existencia de dragado de material del rio continuamente.

#### Trayecto 11: Barrio el Progreso

El barrio el progreso fue afectado por la avenida torrencial es el barrio el progreso dejándolo, la destrucción y el abandono de varias casas y negocios que había en el lugar, por eso al llegar a este sitio se visualizó el dragado que se le realiza al rio continuamente improvisando un muro de contención de arena y piedra, todavía persisten vertimientos intermitentes de algunas casas pero en menor proporción, la cobertura vegetal es un factor que se ha perjudicado seriamente. Lo anterior se evidencia en la figura 29.

Figura 29. Actividad del dragado del rio en la parte del barrio el progreso



Fuente; esta investigación

### Trayecto 12. Barrio Progreso – Puente Av. Colombia

En esta parte del río y al realizar el trayecto se observaron vertimientos con un gran caudal que estaban dirigidos directamente al río, estos tubos recolectan aguas lluvias y residuales, otros vertimientos que existían antes de la avenida torrencial fueron destruidos con algunas viviendas que se encontraban en la ribera, también hay acumulación de escombros y un dragado del río realizado por maquinaria pesada. En el lugar hay un gran cambio en el paisaje por la falta de la vegetación que existía antes.

### Trayecto 13. Barrio Bolívar

Al llegar a la estación de gasolina los bravos se encontró que las perturbaciones antiguas persisten en el río, se presentan vertimientos continuos los cuales recolectan las aguas residuales de la población para verterlos en un solo punto, hay un fuerte olor a materia fecal, el agua que llegaba es de color gris oscuro, la fuente carece de cobertura vegetal, hay un constante dragado del río, varias viviendas fueron afectadas por la avenida torrencial, presencia de escombros y residuos sólidos. Lo anterior se evidencia en la figura 30.

Figura 30. Vertimientos continuos al lado estación de servicio



Fuente esta investigación

#### Trayecto 14. Bolívar- Mercado

En este punto se localizan varios vertimientos que persisten después de la avenida torrencial, las perturbación antrópicas no han disminuido al contrario producen una gran carga contaminante, en el trayecto se observó un gran cambio en el paisaje por la inexistencia de una cobertura vegetal, al río continuamente lo están dragando, las personas arrojan residuos orgánicos e inorgánicos y también hay escombros que dejó la destrucción de varias viviendas, olor a materia orgánica. Este lugar tiene la particularidad que recibe una carga importante de aguas contaminadas de la quebrada la taruquita la cual atraviesa varios barrios del municipio de Mocoa y llega a desembocar al río Sangoyaco, estas aguas tienen un color grisáceo oscuro.

#### Trayecto 15. Barrio la Independencia

Al llegar a la independencia el barrio que generaba una mayor perturbación al río por sus constantes arrojados de residuos sólidos y vertimientos domésticos generados por las viviendas que estaban ubicadas a la orilla antes de la avenida torrencial. Después de la avenida torrencial todas las casas que vertían fueron destruidas dejando consigo una playa de barro y arena y algunos escombros, los habitantes tuvieron que buscar nuevos asentamientos, no se están generando perturbaciones en este punto, pero por la carga contaminante que trae consigo el río desde la parte alta, el agua permanece turbia por la constante remoción de tierra que hace la maquinaria. En este barrio la cobertura vegetal es insuficiente, dejando desprotegida la ribera generando un posible riesgo para la comunidad por crecientes de la fuente hídrica. Lo anterior se evidencia en la figura 31.

Figura 31. Barrio la Independencia



Fuente: esta investigacion

Figura 32. Mapa del río Sangoyaco después de la avenida torrencial



Fuente: esta investigación

Tabla 3. Calificación del número de vertimientos después de la avenida torrencial en el río Sangoyaco.

N° trayecto	Distancia	Coordenada		N° vertimiento	Escala
1	Arenera	N	01°09'27"	Arenera	
		W	076°39'45"		
2	Trayecto 1: Barrió San Miguel	N	01°09'23.6"1	3	BAJO
		W	076°39'42.9"		
3	Trayecto 2: Barrió San Miguel	N	01°09'19.8"	2	BAJO
		W	076°39'39.4"		
4	Trayecto 3: Barrió San Miguel 2 estapa	N	01°09'17.1"	1	BAJO
		W	076°39'35.5"		
5	Trayecto 4: San Fernando	N	01°09'17.5"	0	BAJO
		W	076°39'31"		
6	Trayecto 5: Barrió Prados	N	01°09'13.9"	0	BAJO
		W	076°39'28.3"		
7	Trayecto 6: Barrió Huasipanga	N	01°09'11.9"	2	BAJO
		W	076°39'25.7"		
8	Trayecto 7: Barrió Huasipanga	N	01°09'9.5"	0	BAJO
		W	076°39'20.4"		
9	TRAYECTO 8: Barrió Las Vegas	N	01°09'7.3"	5	MEDIO
		W	076°39'17.9"		

10	TRAYECTO 9: Barrió Las Vegas	N	01°09'6"	1	BAJO
		W	076°39'12.7"		
11	TRAYECTO 10: Barrió el Progreso	N	01°09'2.2"	5	MEDIO
		W	076°39'8.3"		
12	TRAYECTO 11: Barrió el Progreso	N	01°09'1.1"	3	BAJO
		W	076°39'1.7"		
13	Trayecto 12: Barrio Progreso – Puente Av. Colombia	N	01°08'57.3"	4	MEDIO
		W	076°39'59.7"		
14	Trayecto 13: Barrio Bolívar	N	01°08'56.7"	4	MEDIO
		W	076°39'52.7"		
15	Trayecto 14: Bolívar- Mercado	N	01°08'53.9"	2	MEDIO
		W	076°39'47.8"		
16	Trayecto 15: Barrio la Independencia	N	01°08'53.6"	0	BAJO
		W	076°39'44"		

Fuente: esta investigación

## 2.4 MACROINVERTEBRADOS EN LA AMAZONÍA COLOMBIANA

Los estudios en Colombia sobre el uso de macroinvertebrados para la evaluación de la calidad del agua son muy limitados, sin embargo, los que se han realizado, muestran que los organismos pertenecientes a los órdenes Trichoptera, Ephemeroptera, y Plecoptera (Clase: Insecta) son los más

sensibles a la contaminación de las aguas, seguidos de los órdenes Coleoptera, Hemiptera (Insecta) y Decapoda (Clase Crustacea), entre otros.

Sin embargo, en la actualidad, los diferentes investigadores han optado por los estudios con bioindicadores como complemento de los fisicoquímicos, los macroinvertebrados permiten conocer las condiciones ambientales en las que se encuentran las fuentes hídricas y a partir de allí evaluar las razones por las que las diferentes especies acuáticas terminan por adaptarse o simplemente migran.

En el caso de las familias Chironimidae, Stratiomyidae, Tipulidae (Orden: Diptera), órdenes Basommatophora (Clase: Gastropoda) y Rhynchobdellida (Clase: Hirudinea), son los más tolerantes a las alteraciones del medio acuático. (Duque, Torres, Arteaga, Coral, & Vallejo, 2012).

En su artículo, (Roldán, 2016) sostiene que los trabajos realizados durante la última década han contribuido a incrementar el conocimiento de la diversidad y la distribución del orden en el país. Plecoptera está representado por la familia Gripopterygidae y el género *Claudioperla*, es registrada para los Andes del sur de Nariño, y Perlidae, con los géneros *Klapalekia* (conocido en los Andes orientales de la Sabana de Bogotá), *Anacroneuria* dominante en Colombia y el Neotrópico y *Macrogynoplax*, registrado únicamente en tierras bajas de la región amazónica. El registro actual de *Anacroneuria* muestra una amplia distribución altitudinal (50-3600 msnm), la mayoría de ellas citadas para la región natural andina y pacífica y en menor proporción para la Caribe y la Amazónica.

Para (Domínguez & Fernández, 2001) dentro de los invertebrados acuáticos se incluyen diferentes categorías taxonómicas (clases) como insectos, moluscos, macro y microcrustáceos; sin embargo, existe un fuerte desconocimiento de la taxonomía de estos grupos para la macro cuenca de la Amazonía, tanto en estructura como en funcionamiento.

La ausencia de claves y catálogos que permitan determinar el material colectado en las diferentes investigaciones, ha sido una limitante constante en los inventarios y estudios de ecología, por lo que aún falta mucho para saber qué existe y cómo funciona. En la tabla 6 se puede evidenciar los estudios de macroinvertebrados realizados hasta el año 2006.

Cuadro 3. Estado del conocimiento e investigación de macroinvertebrados en el sur de la Amazonia colombiana

Grupo taxonómico	Investigación	
	Taxonomía	Ecología
Ephemeroptera	Molineriet al. (2002)	Rueda-Delgado (1998), Currea- Dereser (2001), Castro y Dorado (2003)
Trichóptera		Rueda-Delgado (1998), Collazos (2005)
Coleóptera		Rueda-Delgado (1998), Castro y Dorado (2003)
Díptera		Rueda-Delgado (1998), Castro y Dorado (2003)
Odonata		Castro y Dorado (2003)
Plecóptera	Zúñiga et al. (2001), Stark (2002)	
Oligochaeta		Rueda-Delgado (1998), Rueda-Delgado et al. (2006)
Macroinvertebrados		Díaz (1995), Rosero y Carvajal (1998), Romo y Rosas (1999), Bolívar (2001), Beltrán-Tolosa (2003), Castro y Dorado (2003), Rueda-Delgado et al. (2006), Currea-Dereser (2006)

Fuente: (Prieto & Arias, 2007)

En la región amazónica, el conocimiento de los invertebrados acuáticos es aún escaso, recientemente, los pocos trabajos conocidos corresponden a lo que se llama literatura gris, producto de los estudios de evaluación ambiental requeridos por entidades gubernamentales como son las Corporaciones y los Institutos de Investigación científica.

Sin embargo, (Duque, Torres, Arteaga, Coral, & Vallejo, 2012)mencionan que afortunadamente Serrato (2008) y Serrato y Duque (2008) hacen una síntesis de estudios en la región del Piedemonte Amazónico de los departamentos

del Caquetá, Cauca (sector de la bota caucana) y Putumayo, donde hay mayor densidad poblacional y mayor actividad antrópica. Señalan que en la revisión de información secundaria, se hallaron estudios sobre invertebrados acuáticos en zonas adyacentes al área de interés en este trabajo: las monografías de Serrato (2008) y Serrato y Duque, (2008) relacionan los diferentes estudios que se han realizado en el sector de Piedemonte Amazónico de los departamentos de Caquetá, Cauca y Putumayo, en donde se han hallado 17 géneros pertenecientes a los órdenes Trichoptera, Ephemeroptera y Plecoptera, los cuales están incluidos entre los 42 reportados para Colombia y dentro de los 83 para Suramérica.

Estos estudios generalmente se realizan para evaluar la calidad de las aguas en los sistemas acuáticos y son basados en el análisis de los parámetros físicos y químicos y bacteriológicos para diversas regiones. No obstante, el incremento de nuevos productos contaminantes y cambios en el uso del suelo debido al aumento de la población, programas de desarrollo gubernamental que acarrearán deforestación, extracción de los recursos naturales, minería, modificaciones en el canal de los ríos, aumento de la sedimentación y el vertimiento puntual de residuos orgánicos y químicos en el tiempo, hacen necesarias metodologías que reflejen la situación real del sistema, es decir se hace necesario el biomonitoreo.

Los trabajos de “Macroinvertebrados acuáticos asociados a las Microcuencas” como parte del documento “Manejo integral de cuencas hidrográficas a través del uso de agroforestería sustentable en la Amazonia colombiana” desarrollado por (Duque, Torres, Arteaga, Coral, & Vallejo, 2012) es un instrumento muy amplio del reciente contexto del estudio de macroinvertebrados en el sur de la Amazonía.

La investigación reveló que en las 19 cuencas seleccionadas para el estudio se reconocieron cuatro Phylla de invertebrados, en los que se encuentran

distribuidas 8 clases (Clitellata, Arachnida, Insecta, Malacostraca, Ostracoda, Bivalvia, Gastropoda y Turbellaria); la clase Insecta presenta el mayor número de órdenes (ocho), familias (40) y géneros (49) identificados; la clase Gastropoda le sigue a la anterior con tres órdenes y 4 familias

Así mismo se registraron hasta 11 órdenes por muestra, de los cuales se identificaron hasta 25 familias y 24 géneros para un total de 9.003 individuos en las 60 muestras que tomaron.

En lo que respecta a riqueza y diversidad taxonómica en las diferentes microcuencas, se obtuvo el mayor valor en el río Tamauca, seguido de la quebrada Hidráulica y quebrada La Hormiga con 42, 38 y 37 taxones, respectivamente. Como se evidencia en la tabla 7.

Tabla 4. Resumen de los resultados obtenidos por cuenca, número de órdenes, familias, géneros e individuos encontrados.

Cuenca	Número de órdenes	Número de familias	Número de géneros	Número de individuos
Quebrada Hidráulica	10	24	22	1440
Río Afán	10	19	15	429
Río Tamauca	10	27	24	1524
Río Mulato	5	21	17	613
Quebrada Agua Negra	10	11	4	160
Río Cocayá	10	23	13	261
Río Cohembí	9	14	9	301
Quebrada la Hormiga	11	25	17	967
Río Orito	10	18	13	219
Caño El Bufo	5	6	2	43
Quebrada Achiote	8	17	11	223
Río Guineo	7	16	13	278
Río San Francisco	6	18	16	641
Río San Pedro	6	16	17	496
Río Mocoa	7	19	17	267
Río Pepino	8	20	17	353
Río Putumayo	6	19	15	252

Río Gigüisía	11	19	15	302
Río Yarumo	10	17	17	234
Total				9003

Fuente: (Duque, Torres, Arteaga, Coral, & Vallejo, 2012)

En los ríos donde se presentaron mayor número de macroinvertebrados, como por ejemplo el Tamauca en el municipio de Sibundoy, por estar en la cuenca alta del río Putumayo, es menos susceptible a las perturbaciones antrópicas, a razón de que cuenta con la presencia de árboles maduros que alcanzan alturas superiores a 25 m y se permiten determinar ciertas condiciones de conservación.

Sin embargo (Corpoamazonía, 2010) en el POMCA realizado a la cuenca alta del río Putumayo, menciona que de acuerdo a resultados físico químicos sus aguas se encuentran dentro del rango máximo permitido para consumo humano; sin embargo, los análisis bacteriológico califican sus aguas como no aptas para consumo humano debido a la presencia de coliformes. Es decir, el contenido de materia orgánica en el río Tamauca es alto lo que conlleva a que macroinvertebrados de familias neotropicales, de los cuales hay géneros ampliamente distribuidos como lo sugiere (Domínguez & Fernández, 2001)(p.ej.: Anacroneuria, Hydroptila, Baetodes, Thraulodes, y Leptohyphes), que presentan distintos tipos de adaptaciones al medio donde se encuentran.

#### 2.4.1 Macroinvertebrados identificados en el río Sangoyaco

El río Sangoyaco, ha sido conocido a nivel municipal como receptor de vertimientos domésticos, por ello los estudios sobre todo en la parte alta son escasos en el tema de bioindicadores, la atención se ha centrado especialmente en su relación con la taruca, por ser esta abastecedora de un acueducto urbano, es decir, que las investigaciones se han realizado en la zona urbana.

En los estudios de la Amazonía, se evidenció a las especies del orden Trichoptera, Ephemeroptera, Díptera y Plecoptera como las más importantes para la región en cuanto a la calidad biológica del agua. Cuando se habla de "buena calidad biológica" se refiere a que la fuente hídrica presenta unas características particulares que permiten el establecimiento y desarrollo de ciertas clases de organismos, sin embargo, por las condiciones climáticas y la topografía que presenta el municipio de Mocoa, es muy posible encontrar estas órdenes en la parte alta del río Sangoyaco de acuerdo a las anteriores investigaciones.

La revisión de estudios anteriores a los órdenes Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera y Trichoptera de la clase Insecta serían los que más se encontrarían en el Sangoyaco dadas las similitudes con las fuentes hídricas de estos trabajos desarrollados en el sur de la Amazonia.

En el caso específico de los estudios realizados en el Instituto Tecnológico del Putumayo, los resultados obtenidos en el estudio de macroinvertebrados para la determinación de la calidad del agua en diferentes sectores del río Sangoyaco, se presentan en la tabla 8

Tabla 5. Número total de la comunidad bentónica encontrada en la parte baja del río Sangoyaco en el periodo de enero a mayo de 1998

Orden	Familia	Genero	Nº de individuos	% de Individuo
Mollusca	Physidae	Physa	74	40.65
N.n	Hirudinea	N.n	39	21.42
Diptera	Chirominae	N.n	31	17.03
	Tipulidae	Hexatoma	1	0.54
Ephemeroptera	Tricorithidae	Leptohyphes	15	8.24
	Baetidae	Dactylobaetis	3	1.64
	Leptophlebiidae	Terpides	3	1.64
Odonata	Calopteryidae	Hetaerina	4	2.19
Trichoptera	Hydrobiosidae	Atopsyche	3	1.64
Plecoptera	Perlidae	Anacroneuria	3	1.64
Coleoptera	Elmidae	Cylloepus	1	0.54
	Lampyridae	N.n	1	0.54
Pepidoptera	Pyralidae	N.n	1	0.54

Hemiptera	Naucoridae	Heleocoris	1	0.54
Neuroptera	Corylidae	Corydalis	1	0.54
Total			182	

Fuente: (Rosero & Carvajal, 1998)

Según los investigadores, en esta zona del río se presenta una clara dominancia del orden MOLLUSCA, familia Physidae como se evidencia en la figura 32 registrando el mayor número de individuos con un porcentaje del 40.65%; seguidamente por la clase Hirudinea(sanguijuelas) con un número de 39 con un porcentaje del 21.42 % que resisten niveles de contaminación, las otras especies encontradas con baja densidad de población son indicadoras de aguas oligotróficas como son: orden Trichoptera, género Atopsyche, orden Hemiptera, género Heleocoris entre otros.

Figura 33. Individuos de la familia Physidae



*Physella cubensis*



*Physella marmorata*

Fuente: (Álvarez, 2005)

Varios años después(Benavides, Díaz, Gutiérrez, López, & Ortiz, 2014)desarrollaron el proyecto “Evaluación de la Calidad del agua a través de Macroinvertebrados Bentónicos en un sector del río Sangoyaco”, en los que se encontraron los datos que se expresan en la tabla 9.

Tabla 6. Macroinvertebrados identificados en el transecto urbano Sangoyaco

Orden	Familia	Número de individuos
Odonata	Gompidae	1
	Aeshnidae	3

Ephemeroptera	Oligoneuriidae	10
	Baetidae	5
	Heptageniidae	6
	Leptophlebiidae	3
	Lumahyphes	2
Hemíptera	Notonectidae	3
	Guerridae	3
Díptera	Simulidae	3
Trichoptera	Calamaeratidae	4
	Hydropsychidae	7
	Hydrobiosidae	3
Hirudinea	Sanguijuela	3
Coleóptera	Elmidae	2
Lepidóptera	Psychodidae	2
	Total	60

Fuente: (Benavides, Díaz, Gutiérrez, López, & Ortíz, 2014)

La familia encontrada en abundancia es la Oligoneuriidae, del orden Ephemeroptera, con 10 individuos, asegura la investigación que más individuos del género Lachlania.

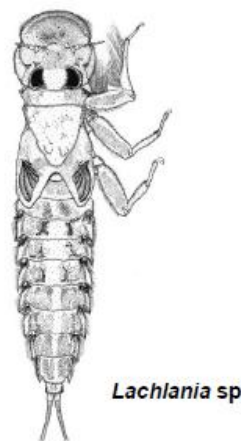
Esta información es importante puesto que (Domínguez, Molineri, Pescador, Hubbard, & Nieto, 2006) mencionan que las especies del género Lachlania como se evidencia en la figura 33, son encontradas comúnmente en aguas corrientes, con buena oxigenación, sujetadas firmemente entre las rocas o aferradas en la parte inferior de las mismas. También pueden encontrarse en la vegetación sumergida que queda atrapada entre las rocas.

El Sangoyaco al ser un río que presenta gran cantidad de rocas en todo su cauce, producto de la erosión ocasionada por las múltiples avenidas torrenciales a lo largo de su historia, lo hacen ideal para encontrar este género.

Sin embargo, (Zúñiga M. d., 2010) sugiere que el género Lachlania, es considerado uno de los grupos de mayor sensibilidad a la degradación del hábitat y del enriquecimiento de la carga orgánica residual.

La presencia de este género en el Sangoyaco posiblemente se deba a que dichos organismos son euritópicos, es decir, que pueden ocupar un amplio espectro de hábitats y condiciones ambientales como consecuencia de la adaptación a la fuente hídrica Sangoyaco que presenta una evidente contaminación por vertimientos especialmente en el casco urbano donde se realizó la recolección de dicho estudio.

Figura 34. Individuo Lachlaniasp de la familia Oligoneuriidae



Fuente: (Álvarez, 2005)

Del mismo modo, en el año 2017(Díaz & Fajardo, 2017)en su tesis “Evaluación de la calidad de agua utilizando macroinvertebrados como bioindicadores aguas debajo de la confluencia del río Sanoyaco y Taruca en el municipio de Mocoa”, encontraron los datos que se evidencian en las tablas

Tabla 7. Primer muestreo sistemas lenticos (época seca)

Clase	Orden	Familia	Estación			# individuos
			1	2	3	
Insecta	Odonata	Gomphidae	1			1
		Aeshnidae	3			3
	Ephemeroptera	Oligoneuriidae	3	2	5	10
		Baetidae	2	2	1	5

		Leptothyphidae	1		4	5
		Leptophlebiidae			3	3
	Hemiptera	Notonectidae	1	1	1	3
		Gerridae			3	3
	Diptera	Simuliidae	1		2	3
	Trichoptera	Hydrobiosidae			2	2
		Calamoceratidae	1	1	3	5
		Hydropsychidae	3	2	2	7
	Coleóptera	Elmidae	1	1		2
	Lepidóptera	Psychodidae			1	1
Total	7	14	17	9	27	53

Fuente: (Díaz & Fajardo, 2017)

Tabla 8. Primer muestreo-sistemas loticos (época seca)

Clase	Orden	Familia	Estación			# individuos
			4	5	6	
Insecta	Plecoptera	Perlidae	1			1
	Trichoptera	Helicopsychidae	1		2	3
		Hydropsychidae		1	1	2
		Hydroptilidae	3	1	1	5
	Odonata	Gomphidae		2		2
	Ephemeroptera	Oligoneuriidae	1			1
		Leptophlebiidae	1		1	2
		Leptothyphidae	2	1		3
		Baetidae	2	1	1	4
	Diptera	Chironomidae	5	3	2	10
		Psychodidae			1	1
	Hemiptera	Belostomatidae		1	1	2
		Corixidae	1			1
Veliidae		1			1	
Coleoptera	Dryopidae	1	1		2	
Clitellata	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	1			1
Total	8	16	20	11	10	41

Fuente: (Díaz & Fajardo, 2017)

Tabla 9. Segundo muestreo-sistema lentico (época lluvia)

Clase	Orden	Familia	Estación			# individuos
			1	2	3	
Insecta	Diptera	Psychodidae	1			1
		Simuliidae	1			1
	Coleoptera	Ptilodactylidae		1		1
		Dryopidae	4	2	2	8
		Psephenidae	1	1		2
		Dytiscidae		1		1
		Scirtidae		1		1
	Ephemeroptera	Baetidae	2	3	2	7
		Leptopyphidae			1	1
		Caenidae	3			3

	Odonata	Coenagrionidae	1	1	3	5
	Trichoptera	Hydroptilidae		2		2
		Helicopsychidae		1	2	3
Clitellata	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae			1	1
Gastropoda	Basommatophora	Ancylidae	2	3	1	6
Oligochaeta	Clitellata	Tubificidae	1	1	3	5
Total	8	16	16	17	15	48

Fuente: (Díaz & Fajardo, 2017)

Tabla 10. Segundo muestreo-sistemas loticos (época lluvia)

Clase	Orden	Familia	Estación			# individuos
			4	5	6	
Insecta	Diptera	Chironomidae	1			1
		Simuliidae	1	2	1	4
	Coleoptera	Scirtidae		1		1
	Ephemeroptera	Baetidae	72	35	45	152
		Leptopyphidae	9	11	7	27
Total	3	5	83	49	53	185

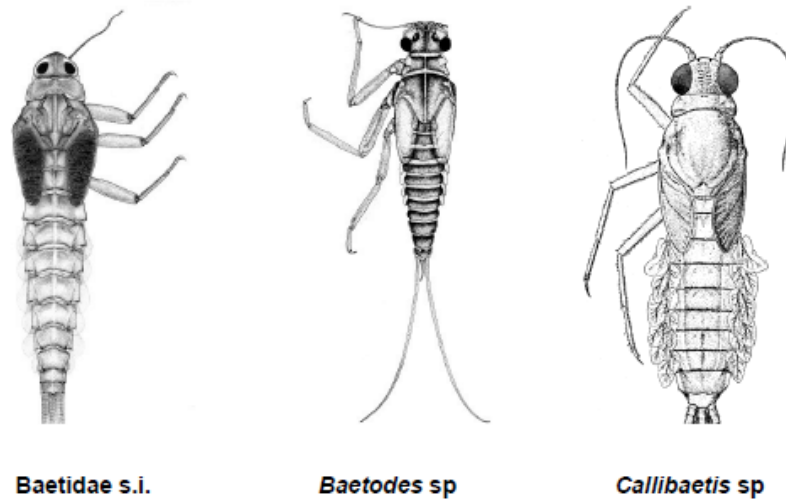
Fuente: (Díaz & Fajardo, 2017)

En esta investigación el macroinvertebrado que más se pudo evidenciar fue principalmente orden Ephemeroptera, familia Baetidae con 152 individuos.

Baetidae fue la mejor familia representada en términos de frecuencia y abundancia ya que esta familia se encuentra entre los organismos que nadan libremente en el agua, además en varios sectores del río Sangoyaco existen pequeñas zonas que debido a su dinámica fluvial son ideales para esta especie.

Esto también como lo explica (Zúñiga, Molineri, & Domínguez, 2004) la familia Baetidae como se evidencia en la figura 34 presenta características al tener una distribución cosmopolita y presentar su mayor abundancia en zonas bajas tropicales y subtropicales. Además, los organismos de esta familia poseen innumerables adaptaciones a los diferentes hábitats y condiciones de los cuerpos de agua, significando mayor éxito en términos de abundancia, por lo menos en el área Neotropical.

Figura 35. Individuos de la familia Baetidae del orden Ephemeroptera



Fuente: (Álvarez, 2005)

Según (Díaz & Fajardo, 2017) realizaron una evaluación por medio del índice BMWP/Col. En los dos muestreos hechos en época seca y de lluvia se tomaron como referencia 3 estaciones para sistemas lenticos y 3 estaciones para sistemas loticos, donde se capturaron en total 324 individuos de macroinvertebrados pertenecientes a 12 órdenes y 31 familias. La familia más abundante fue la Baetidae con 161 (51.85%) individuos, seguida de la Leptopyphidae con 30 (10.19%) individuos, Chironomidae con 11 (3.40%) individuos, Oligoneuriidae con 11 (3.40%) individuos, Hydropsychidae con 9 (2.78%) individuos y Simuliidae con 8 (2.74%) individuos. Las 27 familias restantes presentaron entre 6 y 1 (1.85% y 0.31%) individuos.

La información respectiva para cada estación en el primer muestreo se evaluó de acuerdo con los índices de BMWP/Col de la siguiente manera:

Tabla 11. Calificación BMWP/ Col-Primer muestreo

CALIFICACION INDICE BMWP/COL-PRIMER MUESTREO (EPOCA SECA)	
ESTACIONES	SIGNIFICADO
1	Aguas ligeramente contaminadas

2		Aguas moderadamente contaminadas
3		Aguas ligeramente contaminadas
4		Aguas ligeramente contaminadas
5		Aguas moderadamente contaminadas
6		Aguas moderadamente contaminadas

Según la calificación del BMWP/Col que se aplicó para la estación 1, 3 y 4 con valores del índice BMWP/Col entre 78 y 89 respectivamente se encuentran catalogados como clase II (rango= 61-100) de aguas ligeramente contaminadas y la estación 2, 5 y 6 con un valor de 47 y 52 que se cataloga como clase III (rango 36-60) de aguas moderadamente contaminadas.

En el segundo muestreo, los investigadores presentaron los datos de la siguiente tabla

Tabla 12. Calificación BMWP/ Col-Segundo muestreo

CALIFICACION INDICE BMWP/COL-PRIMER MUESTREO (EPOCA LLUVIA)		
ESTACIONES		SIGNIFICADO
1		Aguas moderadamente contaminadas
2		Aguas ligeramente contaminadas
3		Aguas moderadamente contaminadas
4		Aguas muy contaminadas
5		Aguas muy contaminadas
6		Aguas muy contaminadas

Las familias colectadas en cada una de las estaciones de muestreo definieron la calidad del agua para cada una de las zonas de estudio (1, 2, 3, 4,5 y 6 en sistemas lenticos y loticos). Muestran los puntajes para cada familia encontrada en cada una de las estaciones y el puntaje total BMWP/Col indicando así la calidad del agua, comparándolas con la tabla de puntuaciones (Roldan, 2003). Las estaciones 1 y 3 según los valores del índice BMWP/Col corresponden a aguas moderadamente contaminadas mientras que en la estación 2 se presentan aguas ligeramente contaminadas.

De igual forma los valores en el índice BMWP/Col en las estaciones 4,5 y 6 en los sistemas loticos corresponde a aguas muy contaminadas.

Como se puede apreciar, los estudios de macroinvertebrados para determinar la calidad del agua del río Sangoyaco han sido eficientes en la medida que es posible trabajar con ellos, sin embargo, siguen considerándose como limitantes a la hora de establecer criterios para la calidad del agua.

Los estudios que se han realizado en el Instituto Tecnológico del Putumayo, en el tema de los macroinvertebrados en el río Sangoyaco, se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 13. Resultados Investigaciones de Macroinvertebrados en el río Sangoyaco

Año	Fuente hídrica	Ubicación	No. Individuos	Abundancia de Macroinvertebrados según la especie.	Descrito por
1998	Sangoyaco	Parte Baja	182	Principalmente orden Mollusca, Familia Physidae, con (74) individuos, especialmente género Physa.	(Rosero & Carvajal, 1998)
2014	Sangoyaco	Sector Urbano	60	Principalmente orden Ephemeroptera, Familia Oligoneuriidae con diez (10) individuos, especialmente género Lachlania	(Benavides, Díaz, Gutiérrez, López, & Ortiz, 2014)
2017	Sangoyaco	Confluencia Sangoyaco-Taruca	327	Principalmente orden Ephemeroptera, familia Baetidae con (152)	(Díaz & Fajardo, 2017)

Fuente: esta investigación

Se debe considerar que a medida que se desciende del río Sangoyaco la cobertura vegetal que se presenta en la ribera es escasa lo que implica que la comunidad de macroinvertebrados presente ausencia en lugares sin cobertura como lo verifican (Arcos, 2005) se encontró que en zonas provistas por vegetación ribereña, la riqueza y abundancia de macroinvertebrados fue mayor en comparación a sitios donde esta se encuentra ausente. La ausencia se puede presentar a diferentes factores

como principal consecuencia es la deforestación de los bosques, que se encuentran en la ribera, generando una pérdida de biodiversidad.

La exclusividad de algunos géneros como *Oecetis* y *Macrelmis* en la estación uno se debe a que esta zona es altamente conservada y estos organismos son poco tolerantes a la contaminación (Dominguez&Fernandez, 2009). Como lo demuestran varios estudio hay diferentes clase de macroinvertebrado en los que se pueden adaptar a la contaminación según (Rivera, 2004), la concentración de oxígeno generalmente es alta y constante en ríos andinos, por lo que éste no suele ser un factor limitante para las comunidades acuáticas. Los valores más altos de demanda de oxígeno y la baja conductividad en la estación uno con relación a la estación tres, pueden estar relacionados a la falta de cobertura vegetal en esta última estación. Según este estudio, las zonas de la subcuenca alta del río Chinchiná en áreas protegidas y provistas de vegetación ribereña presentan mejor estado de calidad del agua que las zonas sin vegetación. Como se muestra en el estudio hecho en el río Chinchiná según la ubicación de las estaciones desde la parte alta hasta la parte baja se puede asegurar que la falta de cobertura vegetal puede afectar las condiciones ambientales presenta el río Sangoyaco, generado una relación directa entre los factores beneficios que puedan aportar lo la cobertura vegetal a la cuenca.

## 2.5. CONDICIONES AMBIENTALES DEL RÍO SANGOYACO ANTES Y DESPUÉS DE LA AVENIDA TORRENCIAL

En el nacimiento la fuente hídrica poseía unas características de color gris pardo, debido a que el régimen del río es torrencial el cual a su paso va arrastrando sedimento del lecho y erosionando parte de las montañas, generando que el agua se torne turbia posiblemente por los sólidos suspendidos y disueltos que presenta. Sin embargo la literatura indica que presentar diferentes tonalidades se debe a ciertas circunstancias, como lo mencionan (Miralles, Costa, Muñoz, Guijarro, & Rodríguez, 2005) el color pardo en el agua puede ser causado principalmente por la presencia de

sustancias húmicas y el color negro se debe a la presencia de manganeso. Lo anterior se evidencia en la figura 36.

Figura 36. Color del agua río Sangoyaco.



Fuente: Esta investigación

#### 2.5.1 Condiciones cobertura vegetal

La parte baja de la montaña se encuentra sin cobertura vegetal, debido a que el grado de pendiente de la montaña es alto según (Jojoa, 2003) el río Sangoyaco y quebrada Taruca presentan pendientes superiores al 75% y se caracterizadas por la inestabilidad debido a la alta meteorización que tienen las rocas y fracturamiento que presentan por la presencia de fallas geológicas lo que ha dado como resultado fuertes plegamientos y degradación, por tal motivo permitía observar como los diferentes tipos de árboles que cubrían el suelo sufrían proceso de la erosión removiéndose desde la raíz, generando que el suelo se desplace hasta la fuente hídrica generando mayor turbidez en el agua. Lo anterior se evidencia en la figura 37.

Figura 37. Vegetación presente en la ribera del Sangoyaco.



Fuente: Esta investigación

Según (Harmon et al. 1986 citado por (Díez&Elosegi, 2009) refutan que los bosques de ribera también tienen gran incidencia sobre la forma del cauce debido a que limitan la erosión de sus márgenes, y la caída de troncos aumenta la complejidad estructural del cauce y favorece tanto la retención de partículas como la creación de nuevos hábitats, por tal motivo una vegetación arbórea es indispensable para evitar la erosión. Lo anterior se evidencia en la figura 38.

Figura 38. Troncos presentes en el cauce del río.



Fuente: Esta investigación

### 2.5.2. Presencia de rocas

Al descender desde la parte más elevada era frecuente observar como en el cauce del río se acumulaban rocas de un tamaño considerable provocando que el agua se represara reduciendo su caudal de manera significativa durante el recorrido. Lo anterior se evidencia en la figura 39.

Figura 39. Represamiento de la fuente hídrica.



Fuente: Esta investigación

### 2.5.3. Aspecto del agua y usos de la fuente hídrica

En la parte alta también se observó que la comunidad aledaña al río se abastecía de agua para el consumo aprovechando la pendiente pronunciada que presenta el terreno, utilizando redes de conducción de tipo artesanal que la misma comunidad instalaba. Lo anterior se evidencia en las figura 40 y 41.

Figura 40. Tanque de captación.



Fuente: Esta investigación

Figura 41. Tanque de almacenamiento



Fuente: Esta investigación

La tonalidad del agua sobre el cauce de la fuente se tornaba gris pardo, pero no poseía características organolépticas que dieran aspecto contaminado. Teniendo como referencia la calidad del agua que presenta la parte alta era

evidente observar algunos macroinvertebrados, los cuales no fueron capturados en el momento debido a que se carece del permiso de recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de investigación científica no comercial por parte de la corporación de desarrollo sostenible regional (CORPOAMAZONIA), para realizar la respectiva recolección e investigación.

En zonas medias de la fuente hídrica se evidenció un aprovechamiento evidente de la fuente, los habitantes allí asentados realizaban actividades de piscicultura aprovechando los aportes de agua que ofrecen los tributarios de la fuente hídrica, finalmente la materia orgánica y demás compuestos de los estanques piscícolas terminan sobre el río Sangoyaco alterando su composición y afectando la dinámica normal como afirma (Lopez, 2007) cuando uno o mas nutrientes entran en el agua tantas mas algas surgen. Cuando mueren las algas, las bacterias utilizan el oxígeno del agua para descomponerlas de esta forma se produce un déficit de oxígeno, lo cual afecta principalmente la fauna que no puede escapar del lecho. Lo anterior se evidencia en la figura 42.

Figura 42. Estanques piscícolas a orillas del río Sangoyaco.



Fuente: esta investigación

En el punto de confluencia de la fuente hídrica Sangoyaco-Taruca era frecuente encontrar zonas destinadas a la extracción de material del lecho

del río ocasionando que se desestabilizaran los bordes hídricos siendo estos de gran incidencia como lo afirma (Allan & Castillo, 2007) citado por (Salomon Fontanilla, 2012) Las tierras adyacentes a los ríos también contribuyen fuertemente en las características del ecosistema, de esta forma la geología, la pendiente y la vegetación influyen en las rutas de flujo, sin embargo esta actividad garantizaba un sustento económico para la población que ejercía la labor de manera artesanal pero no poseía ninguno control ambiental. Como se muestra en la figura 43.

Figura 43 Extracción de material del río Sangoyaco.



Fuente: esta investigación

#### 2.5.4 Usos del suelo

Descendiendo por la ribera se identificó que el sector presentaba áreas de bosque fragmentado y podía catalogarse de esta manera como un suelo suburbano pues mezclan los usos del suelo y las formas de vida del campo y la ciudad. Los asentamientos estaban inmediatamente después de la fuente hídrica lo que evidenciaba una clara inconsistencia con lo establecido en la normatividad de urbanizaciones junto a las fuentes hídricas por ello en el (PBOT, 2008) se establece para todos los nacimientos de agua, ríos y quebradas la siguiente determinación tanto para suelos urbanos como de expansión urbana, suburbana y rural:100 metros a lado y lado de ríos

principales, 25 metros a lado y lado de quebradas, 10 metros a lado y lado de riachuelos, 100 metros a la ronda de humedales y 200 metros a la ronda de nacimientos de ríos y quebradas.

Los asentamientos afectaban la fuente hídrica pues la presión que ejercen sobre la fuente se manifiesta en la cantidad de vertimientos que los asentamientos informales dirigen sobre el cuerpo de agua, la gravedad del asunto estaba representada que muchas de las viviendas se encontraban construidas sobre el muro de contención que poseía la fuente en algunos sectores de este modo la comunidad siempre estuvo en riesgo. Como se muestra en la siguiente figura 44.

Figura 44. Construcciones sobre la ronda hídrica frente a la plaza de mercado y el muro de contención del barrio El Progreso.

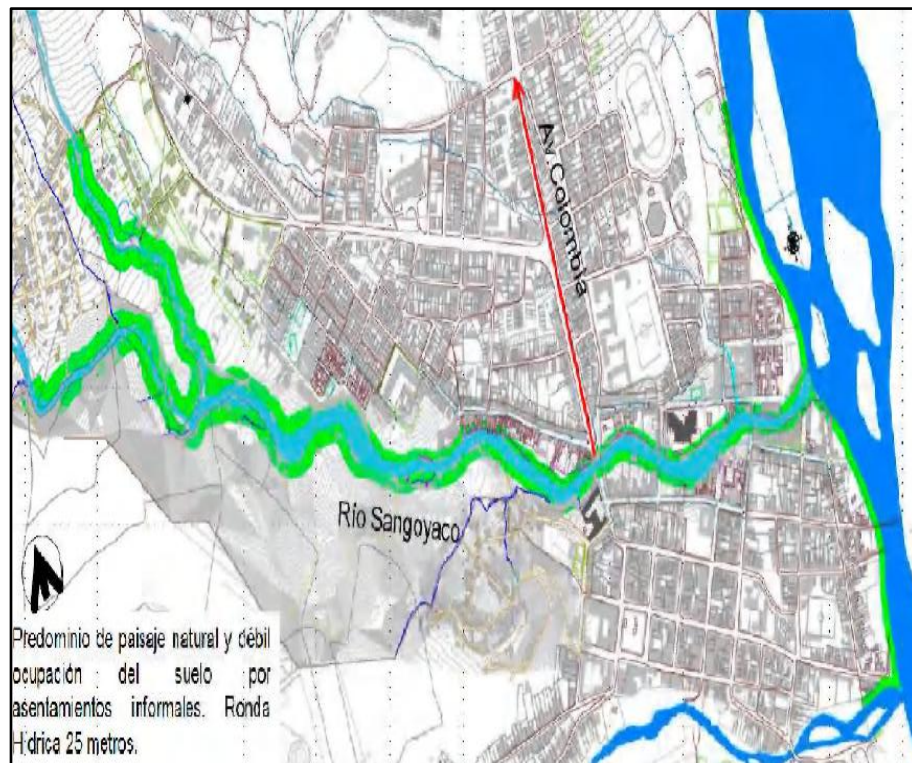


Fuente: Plan maestro de ejes ambientales para ciudades amazónicas, 2008.

En términos de población asentada a la orilla del río Sangoyaco refiriéndose a los problemas de perturbación que generan los asentamientos en el municipio de Mocoa en gran parte de la extensión de su cauce, para(Chantre, 2017): El casco urbano de Mocoa donde se han conformado barrios como Esmeralda, Los Prados, Huasipanga, Obrero y los proyectos

urbanísticos y en proceso de ejecución son Altos de la Colina, Quinta Paredes, Ciudad Solar, Villa Caimarón, Alto Cañaverál, entre otras. En el mapa se pueden observar los asentamientos, sin embargo en la parte baja se concentraba la mayor cantidad de asentamientos y con ellos la mayor cantidad de vertimientos.

Figura 45. Ronda hidrica del Rio Sangoyaco



Fuente: (Mora Cuaran, 2012)

#### 2.5.5. Vertimientos domésticos

Los vertimientos que se tenían como destino final en la fuente hídrica estaban caracterizados por dos rasgos importantes, un tipo son los vertimientos intermitentes que generalmente provenían de una sola vivienda que por medio de conducción a través de tubos PVC dirigían los vertimientos

líquidos sobre la fuente; frente a un tipo de vertimientos continuo organizados de manera más técnica en cuanto a la infraestructura de conducción y disposición final.

A través del descenso de la pendiente de la montaña y el cauce del río Sangoyaco era frecuente encontrar muchos vertimientos intermitentes con evidentes problemáticas ambientales sobre la fuente.

Figura 44. Vertimientos intermitentes sobre el Río Sangoyaco



Fuente: esta investigación.

De la misma forma se encontraban distribuidos a lo largo de la fuente hídrica una serie de vertimientos continuos que por el tamaño y la cantidad de residuos líquidos que depositaban era evidente percibir la perturbación a través de la percepción de sus características organolépticas. Este grupo de vertimientos se encuentran controlados bajo la red de drenaje de alcantarillados que maneja la empresa de servicios públicos aguas Mocoa.

Tabla 14. Vertimientos continuos sobre rio Sangoyaco.

AREA OPERATIVA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO									
VERTIMIENTOS SOBRE EL RIO SANGOYACO									
No COLECTORES	DIAMETRO Y MATERIAL DE TUBERIA				COORDENADAS		CAUDAL (l/s)	SECTOR	DESTINO FINAL
	D''	CONCR.	PVC	GREES	NORTE (N)	OESTE (W)			
1	36	X			01°08'53,81"	76°38'39,9"	3,71	B/Independencia	Rio Sangoyaco
2	NO ESTA A LA VISTA	X			01°08'53,51"	76°38'40,68"	2,31	B/Independencia	Rio Sangoyaco
3	10			X	01°08'53,4"	76°38'43,4"	0,43	B/Modelo	Rio Sangoyaco
4	10		X		01°08'53,9"	76°38'45,3"	2,31	B/Bolivar	Rio Sangoyaco
5	10		X		01°08'54,1"	76°38'48,1"	3,1	B/Modelo	Rio Sangoyaco
6	36	X			01°08'56,7"	76°38'50,6"	5,74	cion de Servicio E	Rio Sangoyaco
7	36	X			01°08'56,7"	76°38'50,6"	38,09	cion de Servicio E	Rio Sangoyaco
8	16	X			01°08'56,5"	76°38'53,1"	8,45	Av/Colombia	Rio Sangoyaco
9	16		X		01°08'56,1"	76°38'54,8"	7,31	Av/Colombia	Rio Sangoyaco
10	Box Culvert	X			01°09'09,7"	76°39'20,05"	5,41	B/Prados	Rio Sangoyaco
11	16		X		01°09'07,1"	76°39'15,4"	0,43	B/Huasipanga	Rio Sangoyaco

Fuente: Aguas Mocoa E.S.P.

A continuación se presenta una relación de los vertimientos continuos antes y después de la avenida torrencial, en los cuales se discriminará el caudal, las fotografías que fueron permitiendo su caracterización y comparación.

Figura 47 colector box culvert barrio Los Prados



Fuente: esta investigación

El vertimiento está ubicado en el barrio Los Prados, el cual es conducido por un box Calvert el cual arroja las aguas residuales directamente a la fuente receptora del río.

El aforo volumétrico de este vertimiento recolectado por la empresa de acueducto y alcantarillado de Mocoa (aguas Mocoa) (MOCOA, 2014)

Tabla 15. Aforo Volumétrico N°1

tiempo (SEG)	Volumen (LITROS)
1,79	10
1,86	10
1,89	10
t Promedio	Q Promedio
1,84	10
<b>CAUDAL</b>	<b>5,41 L/S</b>

El caudal promedio para este punto de vertimiento es de 5,41 L/s.

Figura 48. Colector box culvert barrio Los Prados después de la avenida torrencial súbita.



Fuente: Esta investigación

Tabla 16. Aforo Volumétrico N°2

tiempo (SEG)	Volumen (LITROS)
4,6	18,93
6,27	18,93
7,53	18,93
t Promedio	Q Promedio
6,1	18,93
<b>CAUDAL</b>	<b>3,1 L/S</b>

Como se muestra en las figuras 45 y 46 y en la tabla de medición de caudales, se observa que el vertimiento actual tiene una disminución, esto se debe a la pérdida de viviendas después de la avenida torrencial.

Figura 49. Punto de vertimiento, tubo PVC después de la avenida torrencial



Fuente: Esta investigación

Tabla 17. Aforo Volumétrico N°3

tiempo (SEG)	Volumen (LITROS)
5	18,93
5,22	18,93
5,10	18,93
t Promedio	Q Promedio
4,11	18,93
<b>CAUDAL</b>	<b>4,61 L/S</b>

El punto de vertimiento está localizado debajo de la cancha del barrio huasipanga, esta cuenta con una tubería en PVC en perfecto estado.

En este punto evidenció que el colector está vertiendo directamente a la fuente receptora con una cota moderadamente alta, lo que ocasiona malos olores ya que se encuentra cerca al casco urbano.

Figura 50. Punto de Vertimiento. Puente Av. Colombia – Centro



Fuente: AGUAS MOCOA S.A E.S.P

Este vertimiento se encuentra ubicado debajo del puente que comunica la avenida Colombia con el barrio centro, cerca de la estación de servicios los bravos. Este es un punto de difícil acceso por su altura y a su rededor no cuenta con vegetación alguna puesto que su ubicación está dentro de la estructura del puente. Su tubería se encuentra en estado de deterioro.

Se presenta en la siguiente tabla el aforo volumétrico de este vertimiento recolectado por la empresa prestadora de servicio de acueducto y alcantarillado de Mocoa.(MOCOA, 2014)

Tabla 18. Aforo Volumétrico N°4

tiempo (SEG)	Volumen (LITROS)
4,7	40
4,7	40
4,8	40
t Promedio	Q Promedio
4,73	40
<b>CAUDAL</b>	<b>8,45 L/S</b>

El caudal promedio para este punto de vertimiento es de 8,45 L/s.

Figura 51. Punto de Vertimiento. Puente Av. Colombia – Centro Después de la avenida torrencial.



Fuente: Esta investigación

Tabla 19. Aforo Volumétrico N°5

tiempo (SEG)	Volumen (LITROS)
4,3	18,93
4,5	18,93
4,7	18,93
t Promedio	Q Promedio
4,5	18,93
<b>CAUDAL</b>	<b>4,21 L/S</b>

Fuente: Esta investigación

Se puede observar que en la anterior imagen el flujo de vertimiento que se encuentra ubicado debajo del puente que comunica la avenida Colombia con el barrio entro no es no notorio ha cambiado, se debea que no fue directamente afectadas algunas viviendas por la avenida torrencial. Su tubería se encuentra actualmente está deteriorada.

Figura 52. Punto de vertimiento después de la avenida torrencial



Fuente: Esta investigación

Tabla 20. Aforo Volumétrico N°6

tiempo (SEG)	Volumen (LITROS)
22,50	18,93
23	18,93
22,70	18,93
t Promedio	Q Promedio
22,73	18.93
<b>CAUDAL</b>	<b>0.83 L/S</b>

Este punto de vertimiento está mal ubicado debido a que su tubería se encuentra detrás de una casa y a la vista de algunas viviendas, además las

aguas residuales deben realizar un recorrido aproximadamente de seis metros para llegar a la fuente receptora.

A su alrededor hay presencia de árboles que brindan sombra al punto evitando que haya evaporación. El material de arrastre presente impide el recorrido de las aguas residuales generando en épocas de verano malos olores.

Figura 53. Punto de Vertimiento. Estación de servicios Los Bravo



Fuente: AGUAS MOCOA S.A E.S.P

Este vertimiento está ubicado en la parte de atrás de la estación de servicios los Bravos, donde se encuentran tres colectores en un mismo sitio, dos de los cuales vierten aguas residuales y uno se encarga del vertimiento de aguas lluvias.

A continuación podemos observar la tabla de este vertimiento recolectado por la empresa de acueducto y alcantarillado de Mocoa.(MOCOA, 2014)

Tabla 21. Aforo Volumétrico N°7

tiempo (SEG)	Volumen (LITROS)
1.1	40
1.0	40
1.1	40

t Promedio	Q Promedio
1.06	40
<b>CAUDAL</b>	<b>38.09 L/S</b>

El caudal promedio para este punto de vertimiento es de 38,09 L/s

Figura 54. Punto de Vertimiento. Estación de servicios Los Bravo Después de la avenida torrencial



Fuente: Esta investigación

Este vertimiento se encuentra ubicado metros abajo de la estación de servicios los Bravos, cuenta con una tubería en concreto y poca vegetación. En el recorrido se evidencio que el caudal de vertimiento notoriamente ha disminuido se debe a la ausencia de viviendas que fueron destruidas por la avenida torrencial.

Tabla 22. Aforo Volumétrico N°8

tiempo (SEG)	Volumen (LITROS)
1.1	40
1.0	40
1.1	40
t Promedio	Q Promedio
1.06	40
<b>CAUDAL</b>	<b>38.09 L/S</b>

Según las coordenadas tomadas, la caracterización y el caudal de los vertimientos después de la avenida torrencial, se estableció que el vertimiento que más caudal descarga al río Sangoyaco, es el que está ubicado en el barrio Bolívar detrás de la estación de servicio bomba los Bravo en las coordenadas N 01°08'56.9" W 076°38'51" con un volumen 16,46 L/S generando un foco de contaminación en cuanto a olores, vectores y contaminación visual.

En las siguientes tablas se puede evidenciar la problemática de los vertimientos antes y después de la avenida torrencial.

Tabla 23. Vertimientos después de la avenida torrencial

COORDENADA VERTIMIENTO		TIPO DE VERTIMIENTO		CAUDAL (Ltrs/Seg)	DESCRIPCION (ACTIVIDAD)	OBSERVACIONES
N	W	INTERMITENTE	CONTINUO			
01°09'23.2"	076°39'49"	X			Casa	Destruído por avalancha, sin
01°09'22.4"	076°39'41"	X			Casa	Destruído por avalancha, algunos
01°09'22.3"	076°39'40.9"	X			Casa	Destruído por avalancha, pocos
01°09'21"	076°39'39.2"	X			Casa	No tiene vegetación
01°09'18.8"	076°39'37.8"	X			Casa	Madera, destruido, parte de abajo nacedero, uso lavadero
01°09'18.5"	076°39'35.1"	X			Colector	Red de colector aguas negras
01°09'10.7"	076°39'23.1"	X			Casa	Existe vegetación lado derecho del río
01°09'11"	076°39'21.9"		X	0,09	Casa	vegetación, vertimiento agua gris
01°09'09.6"	076°39'20.4"		X	3,1	Colector	forma escala continua, mal olor
01°09'07.6"	076°39'16.4"		X	4,61		casa, vegetación
01°09'07.6"	076°39'16.1"	X			Casa	alta de madera vegetación
01°09'07.4"	076°39'15"		X	0,2		tubo grande
01°09'07.4"	076°39'13.7"	X			Casa	aledañas
01°09'07.3"	076°39'13.6"		x	4,21		tubo grande
01°09'03.6"	076°39'11"		X	0,24		tubo grande tapado con piedra, casi no se observa
01°09'01.5"	076°39'04.2"		X	0,83		tubo grande amarillo
01°09'01.7"	076°39'04.1"	X				tubo pequeño
01°09'01.7"	076°39'03.7"	X				tubo pequeño
01°09'1.6"	076°39'3.6"	X				2 tubos pequeños
01°09'1.7"	076°39'3.5"	X				tubo pequeño
01°08'56.58"	076°38'53.80"		X	6,31		concreto puente progreso
01°08'56.9"	076°38'51"		X	16,46		progreso grande (1)
01°08'56.8"	076°38'51"		X	8,67	Tubo	2 tubos grandes unidos
01°08'55.4"	076°38'49"	X			Colector	casa al lado puente galería
01°08'54.2"	076°38'48.5"	X			Colector	inicio galería
01°08'53.5"	076°38'45.8"	X			galería	lado derecho, muro tubo pequeño,
01°08'53.5"	076°38'45.1"	X				galería varios vertimientos (4)
01°08'53.6"	076°38'44"	X				galería
01°08'53.7"	076°38'43.9"	X				galería
01°08'53.6"	076°38'43.6"	X				galería
01°08'53.7"	076°38'43"	X				galería(5)
01°08'53.8"	076°38'42.5"	X			galería	galería (3)
01°08'53.4"	076°38'40.8"	X			galería	puente chatarrera
01°08'53.6"	076°38'41"	X			galería	puente galería

Fuente: esta investigación

Tabla 24. Vertimientos antes de la avenida torrencial

COORDENADA	TIPO DE VERTIMIENTO		CAUDAL (ltrs/seg)	DESCRIPCION (ACTIVIDAD)	OBSERVACIONES	
	N	W				INTERMITENTE
DIVISION DE RIO	01°09'11.4"	076°39'25.2"	x			contiene una cobertura vegetal amplea
N°1	01°09'10.7"	076°39'23.2"	x			residuos solidos dispersos
N°2	01°09'10.4"	076°39'22.2"	x			olores ofensivos
N°3	01°09'09.7"	076°39'20.5"		x	1,02	colector residuos solidos y olor a mataria organica
N°4	01°09'06.9"	076°39'16,3"	x			agua domesticas
N°5	01°09'07.4"	076°39'16.7"		x	3,4	color grisaseo
N°6	01°09'07.4"	076°39'16.1"		x	4,75	covertura vegetal
N°7	01°09'07.2"	076°39'15.7"	x			exite vegetacion, tubo pequeño
N°8	01°09'07.2"	076°39'15.3"	x			poca cobertura vegetal
N°9	01°09'07.3"	076°39'14.9"	x			bastantes residuos solidos dispuestos
N°10	01°09'06.4"	076°39'13.6"		x	0,5	tubo grande, mal olor
N°12	01°09'04.1"	076°39'12.0"		x	4,37	color grisaseo del agua
N°13	01°09'03.4"	076°39'11.2"	x			olores ofensivos
N°14	01°09'02.6"	076°39'10.6"	x			residuos solidos dispersos
N°15	01°09'01.9"	076°39'07.4"	x			covertura vegetal
N°16	01°09'01.7"	076°39'03.5"		x	0,48	agua domesticas
N°17	01°08'57.6"	076°39'01.1"	x			poca cobertura vegetal
N°18	01°08'57.2"	076°39'00.3"	x			tubo grande, mal olor
N°19-20	01°08'57.1"	076°38'59.8"	x			presencia de vegetacion, materia de arraste
N°21	01°08'56.6"	076°38'59.1"	x			tubo grande, mal olor
N°22	01°08'56.3"	076°38'58.8"	x			poca cobertura vegetal
N°23-24-25	01°08'55.8"	076°38'58.0"	x			olores ofensivos
N°26	01°08'56.9"	076°38'51.1"	x			color grisaseo
N°27	01°08'56.7"	076°38'50.5"	x			residuos solidos dispersos
N°28	01°08'55.5"	076°38'49.3"	x			presencia de vectores, mal olor
N°29	01°08'53.9"	076°38'48.5"	x			agua domesticas
N°30-31	01°08'52.9"	076°38'47.4"	x			exite vegetacion, tubo pequeño
N°32	01°08'53.1"	076°38'43.5"	x			residuos solidos dispersos
N°33	01°08'53.7"	076°38'43.0"	x			poca cobertura vegetal
N°34-35	01°08'56.5"	076°38'54.3"	x			olores ofensivos
N°36	01°08'56.6"	076°38'52.9"		x	0,98	tubo grande, mal olor
N°37	01°08'56.5"	076°38'51.9"		x	6,74	presencia de vectores, mal olor
N°38	01°08'56.8"	076°38'51.1"		x	16,85	tubo residuos solidos y olor a mataria organica
N°39	01°08'56.0"	076°38'50.7"	x			tubo pequeño
N°40	01°08'55.5"	076°38'49.5"	x			presencia de vegetacion, materia de arraste
N°41	01°08'55.4"	076°38'49.3"		x	8,87	poca cobertura vegetal
N°42	01°08'54.9"	076°38'40.0"	x			tubo intermitente de gran tamaño
N°43	01°08'54.1"	076°38'48.3"	x			material de arraste, mal olor
N°44-45	01°08'53.8"	076°38'47.0"	x			dos tubos con residuos solidos alrededor
N°46	01°08'53.8"	076°38'46.7"	x			presencia de vectores, mal olor
N°47	01°08'53.8"	076°38'46.7"	x			residuos solidos dispersos
N°48	01°08'53.4"	076°38'45.7"	x			tubo grande, mal olor
N°49	01°08'53.7"	076°38'45.4"	x			poca cobertura vegetal
N°50-51	01°08'54.0"	076°38'44.9"	x			residuos organicos e inorganicos
N°52	01°08'53.8"	076°38'44.3"	x			tubo intermitente de gran tamaño
N°53	01°08'53.8"	076°38'44.3"	x			color grisaseo del agua
N°54	01°08'53.8"	076°38'43.9"	x			residuos solidos dispersos
N°55-56	01°08'53.7"	076°38'43.0"				olores ofensivos
N°57	01°08'53.9"	076°38'42.5"	x			poca cobertura vegetal
N°58	01°08'53.9"	076°38'42.5"	x			tubo pequeño
N°59	01°08'53.9"	076°38'42.5"	x			residuos solidos y olor a mataria organica
N°60	01°08'53.9"	076°38'41.4"	x			color grisaseo del agua
N°61	01°08'54.0"	076°38'41.1"	x			poca cobertura vegetal
N°62	01°08'53.3"	076°38'39.8"	x			agua domesticas
N°63	01°08'53.2"	076°38'39.6"	x			material de arraste
N°64	01°08'52.8"	076°38'39.1"	x			presencia de vectores, mal olor
N°65	01°08'52.8"	076°38'38.7"	x			poca cobertura vegetal
N°66	01°08'52.6"	076°38'38.4"	x			olores ofensivos
N°67	01°08'53.3"	076°38'39.8"	x			residuos solidos dispersos
N°68	01°08'53.2"	076°38'39.6"	x			residuos solidos y olor a mataria organica
N°69	01°08'53.2"	076°38'39.6"	x			color grisaseo del agua
N°70	01°08'52.8"	076°38'39.1"	x			poca cobertura vegetal
N°71	01°08'52.8"	076°38'38.7"	x			residuos solidos dispersos
N°72	01°08'52.8"	076°38'38.7"	x			residuos solidos y olor a mataria organica
N°73	01°08'52.8"	076°38'38.7"	x			residuos solidos dispersos
N°74	01°08'52.8"	076°38'38.7"	x			agua domesticas, material de arraste
N°75	01°08'52.6"	076°38'38.4"	x			poca cobertura vegetal
N°76	01°08'52.6"	076°38'38.4"	x			olores ofensivos

Fuente: esta investigación

La investigación, evidenció que antes de la avenida torrencial se encontraban 76 vertimientos de tipo doméstico, 10 de ellos continuos, la información fue recogida en campo en los meses de marzo y abril y corroborados con la información institucional, especialmente de AGUAS MOCOA S.A.

Después de la avenida torrencial, se identificaron y caracterizaron 34 vertimientos, 10 de ellos continuos los cuales están vertiendo sus aguas al río Sangoyaco, aparentemente el proceso autodepurador realizado por el río puede suponer que la carga contaminante ha disminuido.

### 3. CONCLUSIONES

-El río Sangoyaco ha disminuido su calidad biológica como consecuencia de las perturbaciones antrópicas a las que se ve sujeto, esto puede evidenciarse en los resultados de los estudios realizados, el primero de ellos, se desarrolló en el año 1998 en el que se identificaron macroinvertebrados filo Mollusca del orden Basommatophora y de la familia Physidae quienes evidentemente son de mayor tamaño que las familias Oligoneuriidae y Baetidae del orden Ephemeroptera encontradas en los estudios posteriores, posteriormente en el año 2006 CORPOAMAZONIA identifica este mismo macroinvertebrado, pero los estudios recientes del 2014 y 2016 muestran una disminución de organismos del filo Mollusca que probablemente se redujo por la afectación del ecosistema.

-Mediante la revisión bibliográfica, cronológicamente se evidenció un claro aumento de los individuos del orden Ephemeroptera respecto a los individuos del orden Basommatophora (filo Mollusca), ya que estos primeros son más tolerables a la perturbación del hábitat, es decir tienen más habilidad de adaptación en el ambiente, pues cabe resaltar que estas recolecciones se hicieron especialmente en la parte baja del río Sangoyaco.

-En cuanto a los vertimientos antes de la avenida torrencial, se evidenció, según los datos recogidos en campo que había 76 vertimientos, 10 de ellos continuos y 66 intermitentes. La mayoría estaban ubicados en la parte media y baja del río Sangoyaco. No solamente el río estaba contaminado por residuos sólidos y los vertimientos domésticos sino también por las cargas contaminantes de las fuentes tributarias como la Quebrada Taruca y Taruquita.

-En la actualidad después de la avenida torrencial la presente investigación evidencio 34 vertimientos de los cuales 10 son continuos y 24 intermitentes,

a simple vista se puede ver un proceso de depuración del río y un cambio en las condiciones ambientales, sin embargo, es apresurado pensar una reducción en la carga contaminante, más bien se consideran unas perturbaciones diferentes como: el proceso de dragado del río con una constante remoción del material.

-Los vertimientos de aguas residuales domésticas actualmente son causante de gran contaminación hídrica en la fuente del río Sangoyaco pero en menor proporción por consecuencia de la avenida torrencial varios puntos de perturbación han dejado de verter continuamente y el río puede comenzar un proceso de autodepuración y los vertimientos desaparecer siempre y cuando no se inicie un proceso de repoblación de la zona afectada.

-La cobertura vegetal que se presentaban en la ribera del río Sangoyaco, no era la suficiente para moldear las márgenes del río lo que implica que cada vez que el río tiene crecientes y presente desbordamientos afectando la población asentada cerca de la fuente, a medida que se descende hacia la desembocadura se presenta mayor número de asentamientos y una disminución en cobertura vegetal.

-El punto de mayor perturbación en cuanto a los indicadores de vertimientos y cobertura vegetal se estableció que es el barrio la independencia, debido a que este trayecto presenta 20 vertimiento puntuales y la clasificación según Corine Land Cover es tejido urbano continuo, generando una ocupación en la ribera y el espacio de ronda hídrica de la fuente.

-En cuanto Ronda hídrica se evidenció que donde se presentaba menos cobertura vegetal el impacto de la avenida torrencial fue mayor, diferente a aquellos barrios como es el caso del Carmen en el que los árboles protegieron algunas viviendas.

#### 4. RECOMENDACIONES

-Se recomienda a las instituciones, la realización de estudios de macroinvertebrados en el río Sangoyaco para determinar la calidad biológica del agua, especialmente en la parte alta en la que no se encontraron registros, siguiendo los protocolos taxonómicos.

-Se recomienda a CORPORAMAZONIA iniciar un proceso de reforestación de la fuente hídrica para que se pueda mejorar de manera considerable las condiciones ambientales y paisajísticas.

-Se recomienda a las autoridades competentes evitar la invasión de las rondas hídricas, es posible que después de la avenida torrencial las personas quieran asentarse nuevamente en sus antiguas viviendas, o puede darse el caso de personas que se desplacen al municipio y que desconozcan la problemática e inicien su proceso de asentamiento en la ribera del río.

-Se recomienda a la empresa AGUAS MOCOA, implementar acciones que sensibilicen a la comunidad frente a la responsabilidad de los residuos líquidos que están vertiendo en esta fuente.

-Se recomienda a los organismos de control continuar el monitoreo del río con el fin de evitar posibles represamientos que puedan ocasionar nuevos desastres ambientales.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abad Corpa, Eva; Monistrol Ruano, Olga; Altarribas Bolsa, Elena; Paredes Sidrach de Cardona, Antonio. (2003). Lectura crítica de la literatura científica. Revista de Enfermería Clínica. Vol. 13 Núm. 1. Murcia. España. DOI 10.1016/S1130-8621(03)73779-6. Recuperado de: <https://goo.gl/QRnOIS>

Álvarez Arango Luisa Fernanda. (2005). Metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C.

Benavides, Luz; Díaz, Diana; López, Belcy; Ortiz, Tania; (2014). Evaluación de la Calidad del agua a través de Macroinvertebrados Bentónicos en un sector del río Sangoyaco. Seminario. Instituto Tecnológico del Putumayo. 76 p.

Colombia. Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Bogotá, D.C. 2010. 124 p. ISBN: 978-958-8491-35-6.

Corpoamazonía (Ed.). (2010). Plan de Ordenación y Manejo de la cuenca alta del río Putumayo. Mocoa: Corpoamazonía, WWF y Asociación Ampora, 130 p.

Day, Robert A. (2005). Cómo escribir y publicar trabajos científicos. Tercera edición en español. Traducción de Miguel Sáenz. Organización Panamericana de la Salud. 270 p. ISBN 92 75 31598 1. Recuperado de: <https://goo.gl/k8CVjr>

Díaz, Tania; Fajardo, Lizbeth. (2017). Evaluación de la calidad de agua utilizando macroinvertebrados como bioindicadores aguas debajo de la confluencia del río Sanoyaco y Taruca en el municipio de Mocoa, departamento del Putumayo. Instituto Tecnológico del Putumayo. 67 p.

Domínguez E., Molineri C., Pescador M., Hubbard M. & Nieto C. (2006). Ephemeroptera de Sur América. En: J. Adis, J. R. Arias, G. Rueda-Delgado & K. M. Wantzen (Eds.): Biodiversidad Acuática de América Latina. Vol. 2. Pensoft, Sofia-Moscow. 646 pp. ISSN 1312-7276.

Duque, S., Torres, N., Arteaga, F., Fajardo, D., Coral, A., & Vallejo, M. (2012). Macroinvertebrados acuáticos asociados a las Microcuencas con Manejo de Agroforestería Sustentable en la Amazonia Colombiana. (pp. 91-108). Cali, Colombia. Corpoamazonia y WWF Colombia. ISBN Impreso: 978-958-8353-57-9

Forero, Adriana; Reinoso, Gladys; Gutiérrez, Carolina. (2013). Evaluación de la calidad del agua del río Opia (Tolima-Colombia) mediante macroinvertebrados acuáticos y parámetros fisicoquímicos. Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales.

Fernández H. R. y Domínguez R. (2001). Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Editorial Universitaria de Tucumán. Universidad de Tucumán. 282p. Recuperado de: <http://bit.ly/2smpfTG>

Ladrera, Rubén; Rieradevall, María; Prat, Narcís. (2013). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos: una herramienta didáctica. Universidad de Barcelona. Ikastorratza. e-Revista de Didáctica 11. ISSN: 1988-5911. Recuperado de: <https://goo.gl/EKWlhc>

Mora Cuaran, Danny Jhoan. (2012). Intervención de bordes hídricos a partir del diseño urbano sostenible. Eje ambiental río Sangoyaco. Mocoa - Putumayo. Universidad Nacional de Colombia. 147 p.

Plan Básico de Ordenamiento Territorial. (2008). Acuerdo N° 028 de 22 de diciembre de 2008. Municipio de Mocoa. Concejo Municipal. 129 p.

Plan de Desarrollo Departamental 2016 – 2019. “Putumayo territorio de paz, biodiverso y ancestral” (2016) Gobernación del Putumayo. 237 p. Recuperado de : <http://bit.ly/2qPgXCv>

Plan de Desarrollo municipal 2012 – 2015. “Sí hay futuro para Mocoa” (2012). Municipio de Mocoa. 267 p. Recuperado de: <http://bit.ly/2rvD8OC>

Roldán Pérez, Gabriel. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. Revista Académica Colombiana de Ciencias Exactas Física y Naturales. 254-274 pp. Abril-junio de 2016. Recuperado de: <https://goo.gl/g9q7tF>

Roldán, Pérez; Gabriel. (1999). Los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua. Revista De La Academia Colombiana De Ciencias Exactas, Físicas Y Naturales ISSN: 0370-3908 ed: Universidad Nacional De Colombia Sede Bogotá. XXIII fasc.88 p.375 – 387.

Roldán, Pérez; Gabriel. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia : propuesta para el uso del método BMWP Col. Universidad de Antioquia. Medellín. 170 p. ISBN 958-655-081-8.

Roldán, Gabriel Alfonso; Ramírez, John Jairo. (2008). Fundamentos de Limnología neotropical. Editorial Universidad de Antioquia. 442p. ISBN 978-958-714-144-3.

Rosero, Patricia; Carvajal, Anna. (1998). Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de contaminación en la parte alta del río Sangoyaco municipio de Mocoa). Instituto Tecnológico del Putumayo. 79 p.

Ruiz S. L., Sánchez E., Tabares E., Prieto A., Arias J. C, Gómez R., Castellanos D., García P., Rodríguez L. (eds). (2007). Diversidad biológica y cultural del sur de la Amazonia colombiana - Diagnóstico. Corpoamazonía, Instituto Humboldt, Instituto Sinchi, UAESPNN, Bogotá D. C. – Colombia. 636 p. ISBN: 978-958-8343-15-0

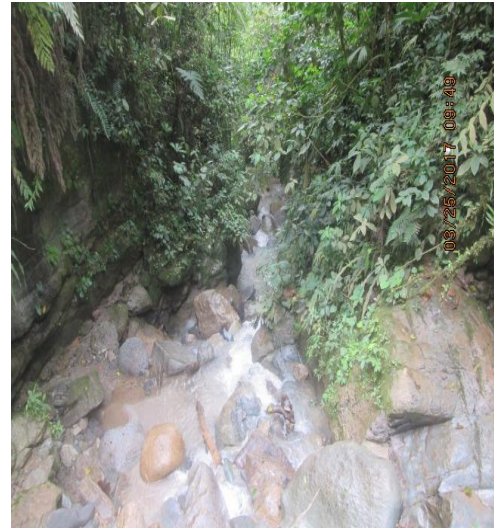
Ziesler, R.; Ardizzone G.D. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (1979). Las aguas continentales de América Latina. Documento técnico. ISBN 92-5-000780-9. Recuperado de: <http://bit.ly/2pBiOai>

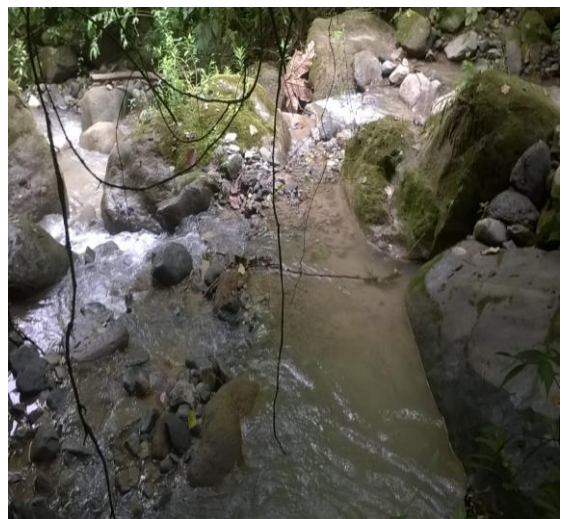
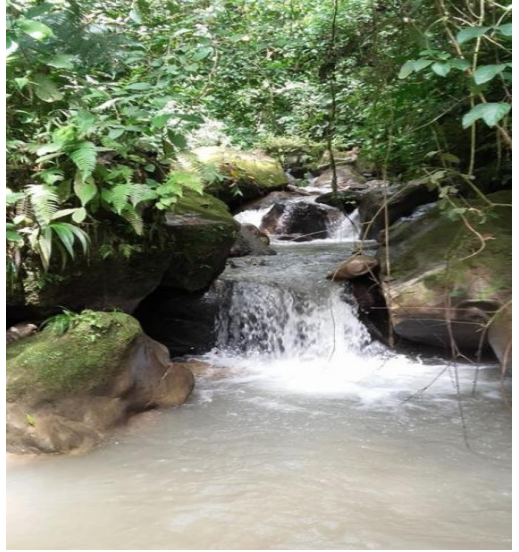
Zúñiga, María del Carmen. (2010). Diversidad, distribución y ecología del orden Plecóptera (Insecta) en Colombia, con énfasis en Anacroneuria (Perlidae). Universidad de la Amazonía. Momentos de Ciencia. Vol. 7. No. 2. 101-112. ISSN 1692-5491.

Zúñiga, M. del C., Molineri, C., & Domínguez, E. (2004). El Orden Ephemeroptera (Insecta) en Colombia. p. 17-45. En: Fernández, F., Andrade, M.G., & Amat, G. (Eds.). Insectos de Colombia 3. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias. Santafé de Bogotá, Colombia.

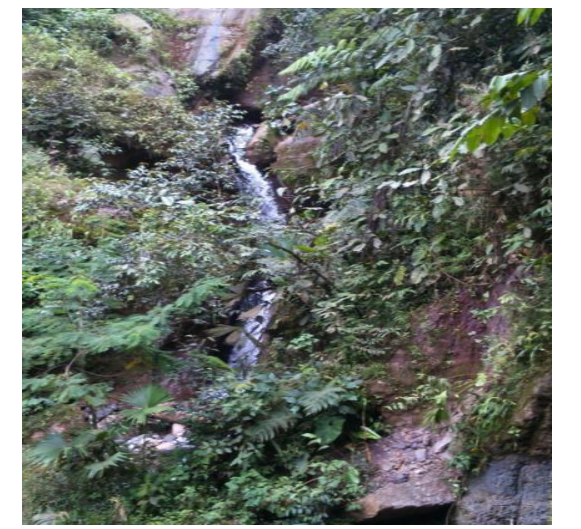
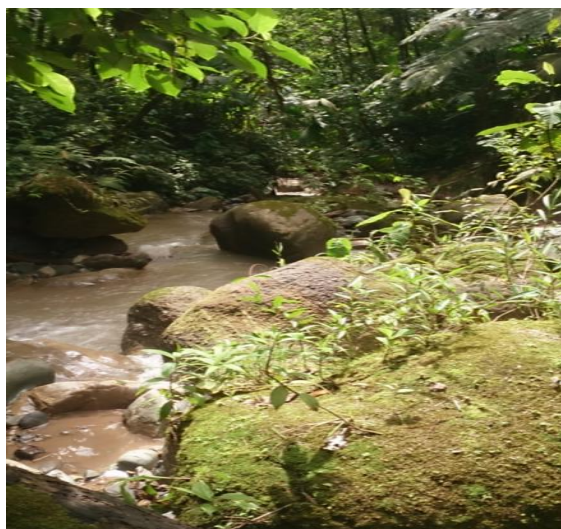
# ANEXOS

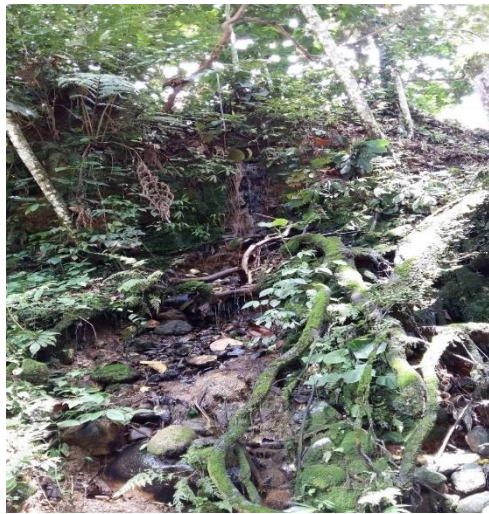
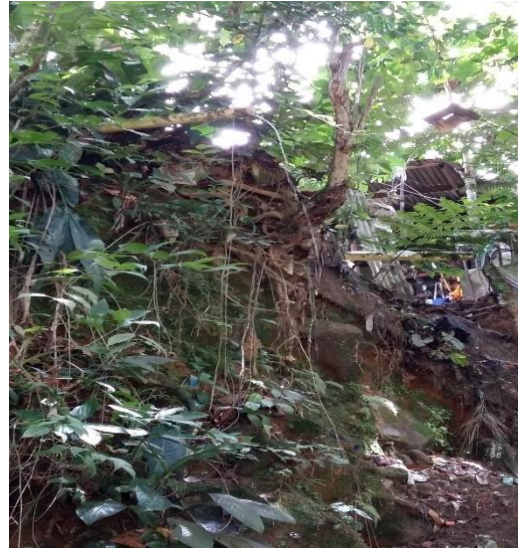
**RIO SANGOYACO ANTES DE LA AVENIDA TORRENCIAL**

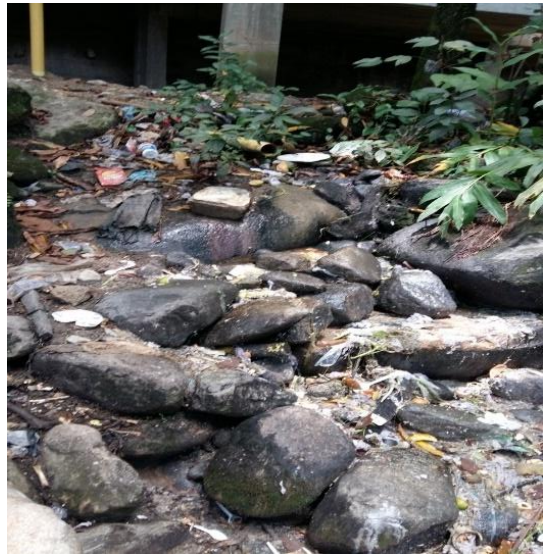












RIO SANGOYAODESPUES DE LA AVENIDA TORRENCIAL







