	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A	
Dependencia	Aprobado		Pág.	
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO		i(116)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	ADDIONY JULIETH CHICUNQUE GOMEZ		
FACULTAD	CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE		
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERÍA AMBIENTAL		
DIRECTOR	WILSON ANGARITA CASTILLA		
TÍTULO DE LA TESIS	DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA DE LA MICROCUENCA RUMIYACO, MUNICIPIO DE MOCOA, PUTUMAYO		
RESUMEN (70 palabras aproximadamente)			
<p>EN EL PRESENTE DOCUMENTO SE DETERMINARA EL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA DE LA MICROCUENCA RUMIYACO, LA CUAL ES UNA FUENTE ABASTECEDORA DE UN ACUEDUCTO COMUNITARIO QUE SE ESTÁ VIENDO AFECTADO PORQUE SE UBICA AGUAS ABAJO DEL RIO CHONTAYACO LA CUAL SE PRESUME ESTÁ CONTAMINADA POR EL ASENTAMIENTO HUMANO QUE LLEVA SU MISMO NOMBRE.</p> <p>PARA LA ESTIMACIÓN DEL ICA SE UTILIZARA LA METODOLOGÍA PLANTEADA POR LA FUNDACIÓN NACIONAL DE SANEAMIENTO – NSF LA CUAL EMPLEA 8 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y 1 MICROBIOLÓGICO.</p>			
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 116	PLANOS:	ILUSTRACIONES:	CD-ROM:



DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA
DE LA MICROCUENCA RUMIYACO, MUNICIPIO DE MOCOA, PUTUMAYO.

AUTOR:

ADDIONY JULIETH CHICUNQUE GOMEZ

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Ambiental

Director:

WILSON ANGARITA CASTILLA

Ingeniero Ambiental

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER, OCAÑA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

INGENIERIA AMBIENTAL

Índice

Introducción	x
Capítulo 1. Determinación del índice de calidad del agua de la microcuenca Rumiyaco, Municipio de Mocoa, Putumayo	12
1.1 Planteamiento Del problema.....	12
1.2 Formulación del problema.....	13
1.3 Objetivos.....	13
1.3.1 Objetivo General	13
1.3.2 Objetivo Específicos	14
1.4 Justificación	14
1.5 Hipótesis	16
1.6 Delimitaciones	16
1.6.1 Delimitación Conceptual.....	16
1.6.2 Delimitación Operativa	17
1.6.3 Delimitación Temporal.	17
1.6.4 Delimitación Geográfica.	18
Capítulo 2. Marco referencial.....	19
2.1 Marco histórico.....	19
2.2 Marco contextual	23
2.3 Marco conceptual.....	25
2.3.1 Desinfección.	28
2.3.2 Gestión integral del recurso hídrico.....	29
2.5 Marco legal	35
Capítulo 3. Metodología de la investigación.....	40
3.1 Diseño Metodológico	40
3.2 Población y Muestra	41
3.2.2 Muestra	41
3.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información	42
3.4 Análisis de la Información.....	43
Capítulo 4. Resultados y Discusión.....	51
4.1.1 Localización del Área de estudio	51
4.1.2 Descripción del Área.....	52
4.1.3 Usos del agua.	52
4.1.4 Vertimientos de aguas residuales.....	54
4.1.5 Residuos Sólidos.....	55
4.1.6 Agricultura.	56
4.2 Situación Ambiental Actual de la vereda y la microcuenca Rumiyaco.....	57
4.2.1 Geomorfología	57
4.2.2 Suelos	58
4.2.3 Usos del Suelo.....	59
4.2.4 Zonas agroecológicas.....	60
4.2.5 Sistema Hídrico.....	61
4.2.6 Zonas de Vida	63
4.2.7 Especies florísticas.....	64

4.2.8 Fauna.....	66
4.3 Evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua de la Microcuenca Rumiyaco.....	68
4.4 Índice de calidad del agua de la fundación Nacional de Saneamiento INSF, para determinar la calidad del agua de la microcuenca Rumiyaco.....	82
Capítulo 5. Conclusiones.....	94
Capítulo 6. Recomendaciones.....	96
Referencias Bibliográficas y electrónicas ¿?.....	97
Apéndice.....	101

Lista De Tablas

Tabla 1. Pesos ponderados para determinar W_i	47
Tabla 2. Clasificación de la calidad del agua en función del índice WQI_{NSF}	49
Tabla 3. Zona agroecológica para la vereda Rumiyaco	60
Tabla 4. Especies florísticas asociadas en el área de estudio.	65
Tabla 5. Fauna de la microcuenca Rumiyaco	67
Tabla 6. Resultados de los Parámetros fisicoquímicos (Oxígeno Disuelto, DBO_5 , pH, Nitratos, fosfatos, Desviación de la Temperatura, Turbidez y Solidos Totales) y microbiológicos (Coliformes fecales), emitidos por el Laboratorio de Análisis Ambiental de la Universidad Mariana de Pasto, Nariño.	69
Tabla 7. Comparativo de los resultados de laboratorio con la Resolución 2115 de 2007.....	69
Tabla 8. Comparativo de los resultados de laboratorio con el Decreto 1594 de 1984.....	71
Tabla 9. Temperaturas tomadas en distintas horas del día en los dos puntos de muestreo.	81
Tabla 10. Hoja de cálculo de los subíndices utilizados para determinar la calidad del agua de la microcuenca Rumiyaco en el P1 (Aguas arriba del acueducto).....	82
Tabla 11. Resultados generales de la aplicación del INSF en el P1	85
Tabla 12. Hoja de cálculo de los subíndices utilizados para determinar la calidad del agua de la microcuenca Rumiyaco en el P2 (en el acueducto).....	85
Tabla 13. Resultados generales de la aplicación del INSF en el P2.....	87

Lista De Figuras

Figura 1. Asociación entre la temperatura del agua y la altura sobre el nivel del mar	48
Figura 2. Localización General Vereda Rumiyaço. Fuente: Autor del proyecto (2017)	51
Figura 3. Dimensiones del tanque de almacenamiento del acueducto.	53
Figura 4. Resultado de encuesta que muestra el lugar donde se vierten los residuos líquidos de la vereda Rumiyaço. Fuente: Autor del proyecto.....	55
Figura 5. Hidrografía de la microcuenca Rumiyaço. Fuente. Corpoamazonia 2015	63
Figura 6. Resultados de pH de los puntos de muestreo recolectados aguas arriba del acueducto (P1) y en el acueducto de la vereda Rumiyaço (P2). Fuente: Autor del proyecto (2017).....	72
Figura 7. Resultados de Turbidez de los puntos de muestreo recolectados aguas arriba del acueducto P1 y en el acueducto P2 de la vereda Rumiyaço. Fuente: Autor del proyecto (2017)..	73
Figura 8. Resultados de la Demanda Biológica de Oxígeno de los puntos de muestreo recolectados aguas arriba del acueducto P1 y en el acueducto P2 de la vereda Rumiyaço. Fuente: Autor del proyecto (2017).	74
Figura 9. Resultados de Nitratos en los puntos de muestreo recolectados aguas arriba del acueducto P1 y en el acueducto P2 de la vereda Rumiyaço. Fuente: Autor del proyecto (2017)..	76
Figura 10. Resultados de Oxígeno Disuelto en los puntos de muestreo recolectados aguas arriba del acueducto P1 y en el acueducto P2 de la vereda Rumiyaço. Fuente: Autor del proyecto (2017).	77
Figura 11. Resultados de concentración de Fosfatos en los puntos de muestreo recolectados aguas arriba del acueducto P1 y en el acueducto P2 de la vereda Rumiyaço. Fuente: Autor del proyecto (2017).	78
Figura 12. Resultados de concentración de Sólidos Totales en los puntos de muestreo recolectados aguas arriba del acueducto P1 y en el acueducto P2 de la vereda Rumiyaço. Fuente: Autor del proyecto (2017).	79
Figura 13. Resultados de concentración de Coliformes Fecales en los puntos de muestreo recolectados aguas arriba del acueducto P1 y en el acueducto P2 de la vereda Rumiyaço. Fuente: Autor del proyecto (2017).	80
Figura 14. Resultados de Temperatura en los puntos de muestreo recolectados aguas arriba del acueducto P1 y en el acueducto P2 de la vereda Rumiyaço. Fuente: Autor del proyecto (2017)..	82
Figura 15. Calidad de cada parámetro muestreado agua arriba del acueducto (P1)	84
Figura 16. Calidad de cada parámetro muestreado en el acueducto (P2).....	86
Figura 17. Índice de Calidad del Agua INSF General para los dos puntos de muestreo en la microcuenca Rumiyaço. Fuente. Autor del proyecto (2017)	88
Figura 18. Comportamiento del Potencial de hidrogeno en el año 2013, 2015 y 2017. Fuente. Autor del proyecto (2017)	89
Figura 19. Comportamiento de laturbidez en el año 2013, 2015 y 2017. Fuente. Autor del proyecto (2017)	90
Figura 20. Comportamiento de los Coliformes fecales en el año 2013, 2015 y 2017. Fuente. Autor del proyecto (2017)	90

Figura 21. Comportamiento de la temperatura del agua en el año 2013, 2015 y 2017. Fuente. Autor del proyecto (2017).	91
Figura 22. Comportamiento de la DBO5,NO3 y solido totales en el año 2013, 2015 y 2017. Fuente. Autor del proyecto (2017)	92

Introducción

El agua es un recurso indispensable y fundamental para los seres vivos, en especial para los humanos, constituyendo así el líquido más abundante y el recurso más importante en la tierra. El agua, está presente en diferentes formas y usada con diversos propósitos, ocupa una alta proporción en relación con la superficie de tierra. Está presente en los mares y océanos, en aguas superficiales y en aguas subterráneas y puede ser empleada entre otras cosas, para tareas domésticas, industriales y agrícolas (Torres F., 2009)

La modificación de las condiciones climáticas por el calentamiento global afectará de manera impredecible el ciclo hidrológico y, por consecuencia, los recursos de agua dulce (Gleick, 1993). La alteración de los sistemas acuáticos debido al aporte de compuestos químicos y microorganismos ajenos a los ecosistemas, el vertimiento de aguas residuales y la necesidad de reúso del agua para diversos fines, está generando una problemática que plantea un panorama preocupante en el que la adecuada distribución del agua para los sistemas naturales y artificiales constituye uno de los grandes retos del siglo XXI.

Debido al creciente aumento de la problemática ambiental en cuanto al deterioro de la calidad del agua, a través de la historia se han ido creando métodos y herramientas que permiten evaluar la integridad del recurso. Una de estas herramientas de diagnóstico rápidas y representativas son los índices de calidad del agua — ICA.

El Índice de Calidad de Agua (ICA), es un tipo de índice ambiental que puede ser usado como marco de referencia único para comunicar información sobre la calidad del ambiente afectado y para evaluar la vulnerabilidad o la susceptibilidad del agua a la contaminación (Canter, 1996).

La alteración en las características físicas, químicas y microbiológicas del agua genera altos costos para su potabilización y posterior consumo humano, debido a que debe ser sometida a diversos procesos físicos y químicos para su desinfección.

En Colombia existe la necesidad de evaluar la calidad de agua; ya que algunos departamentos carecen de agua apta para consumo humano y además no tienen acceso a los servicios públicos de aseo y alcantarillado lo que afecta directamente los cuerpos de agua por el vertimiento de aguas residuales y residuos sólidos.

En el presente documento se determinara el índice de calidad del agua de la microcuenca Rumiyaco, la cual es una fuente abastecedora de un acueducto comunitario que se está viendo afectado porque se ubica aguas abajo del río Chontayaco la cual se presume está contaminada por el asentamiento humano que lleva su mismo nombre.

Para la estimación del ICA se utilizara la metodología planteada por la Fundación Nacional de Saneamiento – NSF la cual emplea 8 parámetros fisicoquímicos y 1 microbiológico.

Capítulo 1. Título

Determinación del índice de calidad del agua de la microcuenca Rumiayaco, Municipio de Mocoa, Putumayo.

1.1 Planteamiento Del problema

A nivel mundial Colombia es reconocida por su riqueza natural como un país biodiverso y de gran importancia por tener parte de la amazonia que ofrece varios servicios ambientales vitales para la regulación de diversos procesos ecológicos.

El departamento del Putumayo hace parte de la Amazonia Colombiana y posee gran variedad de fuentes hídricas que lamentablemente están siendo contaminadas por diversas actividades; la microcuenca Rumiayaco ubicada en el municipio de Mocoa, entre las Veredas los Andes y Rumiayaco es una de las principales fuentes afectadas por actividades como el turismo y vertimiento de aguas residuales domesticas que se generan por asentamientos humanos ubicados en la rivera de la cuenca, teniendo en cuenta la importancia de esta como fuente abastecedora de la vereda Rumiayaco se ha generado gran preocupación en cuanto a la calidad del agua que se está captando en el acueducto, ya que el rio Chontayaco desemboca a unos 50 metros aguas arriba del acueducto.

A pesar de la abundancia hídrica que posee la región es preocupante observar su deterioro principalmente en las zonas rurales donde por falta de acceso a los servicios públicos (alcantarillado y aseo) se incurre a contaminarlas. En el caso Puntual de la vereda San Luis de

Chontayaco se tiene conocimiento que las agua residuales domésticas y agrícolas son vertidas directamente en el rio Chontayaco la cual podría estar contaminando la microcuenca Rumiayaco que abastece a 160 usuarios del acueducto de la vereda Rumiayaco.

Según cálculos del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT, 2016), del 56% de la población rural que tiene alguna forma de abastecimiento de agua, solo el 6% cuenta con agua a la que se le da algún tratamiento para desinfectarla. En el municipio de Mocoa a pesar de que existe una buena cobertura del servicio en el área urbana no se suministra agua potable y en el área rural no existe cobertura ni suministro de agua potable. Las zonas rurales de Mocoa se abastecen de acueductos independientes que no utilizan ningún tipo de técnica de desinfección y que carecen de monitoreos que le garanticen a la comunidad el suministro de agua apta para consumo humano.

1.2 Formulación del problema

¿Qué condiciones de calidad del agua tiene el río Rumiayaco, para abastecer el acueducto de la vereda Rumiayaco del municipio de Mocoa Putumayo?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Determinar el índice de calidad del agua de la microcuenca Rumiayaco, Municipio de Mocoa, Putumayo.

1.3.2 Objetivo Específicos

Conocer la situación ambiental actual de la microcuenca Rumiyo.

Determinar los parámetros fisicoquímicos (Oxígeno Disuelto, DBO₅, pH, Nitratos, fosfatos, Desviación de la Temperatura, Turbidez y Sólidos Totales) y microbiológicos (Coliformes fecales) del río Rumiyo mediante análisis de laboratorio.

Calcular la calidad del agua del Río Rumiyo mediante el uso de la metodología de la Fundación Nacional de Saneamiento –INSF.

Socializar los resultados del proyecto con las directivas de la Junta de Acción comunal de la vereda Rumiyo sobre el estado actual del agua del río Rumiyo que abastece dicho acueducto.

1.4 Justificación

A pesar de que el agua potable es un derecho humano prioritario en la política ambiental del estado, en el departamento del Putumayo, en las zonas urbanas existe una alta cobertura del servicio pero sin suministro de agua potable y en el área rural no existe cobertura ni suministro de agua potable, donde se establecen acueductos independientes que cada junta de acción comunal maneja en pro de satisfacer la necesidad de abastecimiento de agua. Aunque actualmente en el Municipio de Mocoa se ofrece agua potable embotellada la población rural no tiene fácil acceso a ella por motivos económicos o la distancia que separa a la capital con las veredas, tal razón lleva a que los pobladores tomen el agua directamente de la llave aun sabiendo que carece de algún tipo de tratamiento.

Según datos del Hospital José María Hernández (2012) en el municipio de Mocoa se atiende anualmente un promedio de 20 pacientes provenientes de zonas rurales por enfermedades diarreicas agudas transmitidas por alimentos o el agua, como también se reportan 216 casos de morbilidad a causa de diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso. Teniendo en cuenta lo anterior y conociendo lo indispensable que es el agua para la vida, es necesario conocer sus características, usos, situación ambiental actual, y pronósticos para proteger el recurso y la salud de la población, ya que el deterioro de la calidad del agua se ha convertido en motivo de preocupación a nivel mundial con el crecimiento de la población humana, la expansión de la actividad agrícola y la amenaza del cambio climático como causa de importantes alteraciones en el ciclo hidrológico.

Aunque en la vereda Rumiayaco no se han presentado casos puntales de afectación a la salud por consumo de agua existe una situación que la pone en riesgo, como ya se ha mencionado en el planteamiento del problema la ubicación del acueducto pone en duda la calidad del agua que se capta debido a que aguas arriba desemboca el río Chontayaco la cual es receptora de aguas residuales de la vereda San Luis de Chontayaco que actualmente no cuentan con servicio de alcantarillado, tal motivo genera incertidumbre en cuanto a la calidad del agua captada para abastecer a los 151 usuarios del acueducto Rumiayaco.

Con la determinación del índice de calidad del agua para la microcuenca Rumiayaco con la metodología INSF se posibilita la evaluación del cuerpo de agua. Además, permite la comparación entre diversos ríos o en diferentes puntos para un mismo río; esta metodología incluye nueve variables (Oxígeno Disuelto, Coliformes fecales, DBO₅, pH, Nitratos, fosfatos, Desviación de la Temperatura, Turbidez y Sólidos Totales) y el tipo de constituyentes que afectan la calidad del agua para sus diferentes usos y así resumir una evaluación en un simple

valor que sirva para comunicar y representar la calidad del agua mediante Curvas-promedio. De igual manera se tendrá en cuenta lo dispuesto en el DECRETO 475 de 1998 en cuanto a parámetros permisibles para suministro de agua potable lo cual permita conocer que tan apta es el agua de la microcuenca Rumiyaco para el consumo humano o sus posibles usos según las características fisicoquímicas que presente.

El resultado de esta investigación contribuirá en la toma de decisiones en cuanto a la ubicación de captación del acueducto y la gestión para la implementación de técnicas adecuadas de desinfección que garanticen la integridad de la salud de la comunidad.

1.5 Hipótesis

El acueducto de la vereda Rumiyaco se encuentra ubicado aguas abajo de la intersección entre la microcuenca Rumiyaco y el río Chontayaco la cual puede estar afectando la calidad del agua que se distribuye a los hogares debido a que la vereda San Luis de Chontayaco no cuenta con alcantarillado ni pozos sépticos y el agua contaminada es vertida directamente a el río Chontayaco la cual posteriormente llega al río Rumiyaco y podría estar afecta la calidad del agua captada en el acueducto Rumiyaco.

1.6 Delimitaciones

1.6.1 Delimitación Conceptual.

Se tendrán en cuenta las siguientes palabras claves:

Análisis Fisicoquímico

Análisis Microbiológico

Caudal

Cuenca

Índice de calidad del agua

Cloración

Contaminación

1.6.2 Delimitación Operativa

La investigación se llevara a cabo en Campo, específicamente en el Rio Rumiaco, ubicado en la vereda que lleva su mismo nombre perteneciente al municipio de Mocoa, Putumayo. Se pretende hacer un muestreo aguas arriba del acueducto (300 metros) y en el acueducto para conocer las propiedades físicas, químicas y biológicas teniendo en cuenta la metodología INSF que contempla 9 parámetros (Porcentaje de Saturación de Oxígeno Disuelto, Coliformes Fecales, pH, DBO5, Nitratos, Fosfatos, Desviación de Temperatura, Turbidez y Sólidos Totales) los cuales serán analizados en laboratorio con el fin de determinar si la calidad del agua es apta para consumo humano; También se medirá el caudal de la cuenca y se revisara información sobre estudios de calidad el agua que se hallan realizado para obtener un panorama que permita comparar el comportamiento de la cuenca con el pasar del tiempo. Los posibles inconvenientes que se pueden presentar son el traslado de las muestras de agua hasta el laboratorio debido a que hay que movilizarse por la orilla del rio.

1.6.3 Delimitación Temporal.

La ejecución de este proyecto tendrá un tiempo estimado de (4) meses en el cual se pretende lograr los objetivos propuestos.

1.6.4 Delimitación Geográfica.

El Municipio de Mocoa, se encuentra ubicada en el piedemonte andino a una altura de 595 m.s.n.m, con una temperatura entre 24 y 25°C, localizado al noroccidente del departamento del Putumayo cobijando parte del piedemonte de la cordillera andina, con los siguientes límites:

Por el norte con los departamentos del Cauca y Nariño, por el Sur con los municipios de Villagarzon, Puerto Guzman y Puerto Caicedo; al Oriente con el Departamento del Cauca.

El Área de influencia Directa para el desarrollo de la presente investigación es la vereda Rumiyaco, La Microcuenca del Río Rumiyaco está ubicada al nor occidente del departamento del Putumayo y al sur occidente del municipio de Mocoa y de la cuenca del río Mocoa; entre los meridianos $076^{\circ} 37' 50''$, $076^{\circ} 45' 42''$ y los paralelos $01^{\circ} 5' 30''$, $01^{\circ} 10' 27''$ comprende un área de 5.921,7 ha y está conformada por las veredas: Caliyaco, Rumiyaco, Andes, San Luis de Chontayaco y parte de las veredas El Diviso, Villanueva, Planadas y Tebaida.

Capítulo 2. Marco referencial

2.1 Marco histórico

La disponibilidad de recursos hídricos, agua dulce, fácilmente accesibles es pequeña en proporción a la cantidad del recurso agua existentes en el planeta. Esta oferta de agua se caracteriza por tener una desigual distribución territorial y por no ser constante en el tiempo, como tampoco lo es ni su calidad ni la cantidad anual disponible.

La calidad del agua para consumo humano es un factor determinante en las condiciones de la salud de las poblaciones, sus características pueden favorecer tanto la prevención como la transmisión de agentes que causan enfermedades, tales como: Eda, hepatitis A, polio y parasitosis por protozoarios y helmintos; entre estas, amebiasis, giardiasis, cryptosporidiasis y helmintiasis. La diferencia entre prevenir o transmitir este tipo de enfermedades de origen hídrico depende de varios factores, los principales son: la calidad y la continuidad del servicio de suministro de agua (Valiente C, Mora D, 2002).

Los peligros microbianos continúan siendo la principal preocupación tanto de los países desarrollados como de los países en desarrollo, los mayores riesgos microbianos son los derivados del consumo de agua contaminada con excrementos humanos o animales (incluidos los de las aves). Los excrementos pueden ser fuente de patógenos, como bacterias, virus, protozoos y helmintos (OMS, 2006).

El mayor impacto en la salud pública se da a través de los sistemas de abastecimiento de agua; la alteración de las características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas de la

fuelle de abastecimiento incide directamente sobre el nivel de riesgo sanitario presente en el agua, el cual se define como el riesgo de transportar agentes contaminantes que pueden causar enfermedades de origen hídrico al hombre y a los animales (L. Sabogal 2000).

Considerando lo mencionado anteriormente se conoce que a través de la historia se ha generado la preocupación por conservar la calidad del agua; a nivel internacional tenemos que en un informe de 1842 titulado “una encuesta sobre las condiciones sanitarias de la población trabajadora en Gran Bretaña”; por Edwin Chadwick, secretario de la Comisión Legislativa de los Pobres en el Reino Unido, esbozó la “idea sanitaria” como una forma de promover una mejor salud entre la población quizás uno de los primeros estudios que relacionan las condiciones de pobreza con la calidad ambiental. Antes de esta época, los residuos domésticos, líquidos y sólidos eran arrojados a las calles donde se esparcían y descomponían. Chadwick pidió limpieza para las calles, viviendas con suministro de agua, mejoras en la recogida de agua residual y, específicamente, estableció que para mejorar estas condiciones se debería buscar ayuda en la ciencia de la ingeniería, no en la medicina. Así, Chadwick y sus colaboradores médicos identificaron que las soluciones a los problemas médico-ambientales vendrían de la ingeniería y no propiamente de la comunidad médica. Las soluciones de ingeniería de Chadwick incluían:

Equipar a cada alojamiento con agua potable limpia

Eliminar las aguas residuales de las viviendas y recogerlas en una red de tuberías

Aplicar las aguas residuales recogidas al terreno agrícola, lejos de las ciudades.

Desde aquella época se reconoce que las mejoras en la idea sanitaria pueden traer consigo adelantos en la salud, en relación con el agua potable, el agua residual y los residuos sólidos.

También en 1876 en el Reino Unido, la Ley de Contaminación de Ríos prohibió la descarga de aguas residuales a los cauces y ríos, aunque no a los estuarios y mares (Kiely, 1999).

También hay antecedentes que en la América española en el período de la Colonia, cuando se aplicaron los preceptos de Alfonso X, el Sabio, las Doce Partidas y las Leyes de Indias —se expidieron las llamadas “Mercedes Reales de Aguas”—, que otorgaban el uso de las mismas: Poco después de la Independencia, se expidieron nuevas legislaciones, como fueron, por ejemplo, las ordenadas por el Libertador Simón Bolívar para Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Entre ellas se mencionan el decreto relacionado con “Medidas de Conservación y Buen Uso de las Aguas” dictado en Chuquisaca, Bolivia, el 19 de diciembre de 1825. (Gutiérrez, 1996).

Según la Organización mundial de la salud (OMS, 2006) La importancia del agua, el saneamiento y la higiene para la salud y el desarrollo han quedado reflejados en los documentos finales de diversos foros internacionales sobre políticas, entre los que cabe mencionar conferencias relativas a la salud, como la Conferencia Internacional sobre Atención Primaria de Salud que tuvo lugar en Alma Ata, Kazajstán (ex Unión Soviética) en 1978, conferencias sobre el agua, como la Conferencia Mundial sobre el Agua de Mar del Plata (Argentina) de 1977, que dio inició al Decenio Internacional del Agua Potable y del Saneamiento Ambiental, así como los Objetivos de Desarrollo del Milenio aprobados por la Asamblea General de las Naciones Unidas (ONU) en 2000 y el documento final de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible de Johannesburgo de 2002. Más recientemente, la Asamblea General de las Naciones Unidas declaró el periodo de 2005 a 2015 como Decenio Internacional para la Acción «El agua, fuente de vida».

Como consecuencia de los esfuerzos hechos en la historia varios países han ido desarrollando conjuntamente estudios e investigaciones que permitan conocer más detalladamente los componentes y características del agua para los diferentes usos, teniendo en cuenta que el más importante es para consumo humano.

Si revisamos a Lumb, Halliwell y Sharma (2006), vemos que los intentos de clasificar el agua de acuerdo con su grado de pureza se remontan a mediados del siglo XX con los estudios de Horton en la década del sesenta y Landwehr en la del setenta. Más adelante, Ott y Steinhart revisaron más de veinte índices de calidad del agua que fueron utilizados hasta finales de los setenta.

Desde 1965, cuando Horton propuso el primer índice de calidad del agua, una gran cantidad de consideraciones se han dado al desarrollo de métodos de índice. La intención de Horton, era disponer de un instrumento que permitiera evaluar, de la manera más objetiva posible, la calidad de un cuerpo de agua, en distintas oportunidades para valorar la efectividad de programas de mejoramiento y recuperación.

Los pioneros en generar una metodología unificada para el cálculo del índice de calidad (ICA) fueron Horton (1965) y Liebman (1969). Sin embargo, estos solo fueron utilizados y aceptados por las agencias de monitoreo de calidad del agua en los años setenta cuando los ICA tomaron más importancia en la evaluación del recurso hídrico.

En 1970 los trabajos se basaron en la metodología Delphi, como el The National Sanitation Foundation. (NSF), realizando el índice de calidad de agua (WQI), que en español es conocido como ICA, con base en nueve parámetros: DBO5, OD, Coliformes fecales, NO₃ -N, pH, cambio

de temperatura, SDT, fósforo total y turbiedad (NSF, 2006). Este índice es en la actualidad uno de los más utilizados por agencias e instituciones en los Estados Unidos.

Dinius (1972) planteo un ICA conformado por nueve variables fisicoquímicas y dos microbiológicas; por su parte, el ICA-INSF esta constituido por ocho variables fisicoquímicas y un elemento biótico: Coliformes Fecales. Aunque la estimación de ambos índices esta orientado al empleo del agua para consumo humano, el de Dinius tiene en cuenta otros usos, como son agricultura, pesca, industria y recreación. De la revisión bibliográfica sobre indicadores de calidad del agua y contaminación efectuada por Simboni Ruiz (2007) se resalta que el NSF es el índice mas empleado en la valoración de la calidad de las agua superficiales para consumo humano a nivel mundial. Hay que considerar que los indices NSF y el de Dinius se puede adaptar y modificar de acuerdo con las condiciones prevalecientes en nuestro medio o de cada sistema acuático en particular.

En Colombia, de acuerdo con el Estudio Nacional del Agua (IDEAM, 2005), la medición de parámetros físico-químicos es una actividad rutinaria. Sin embargo, no ha sido así el cálculo de índices de calidad de agua, aunque; estos están siendo aplicados regularmente en la industria del petróleo y algunas corporaciones autónomas regionales.

2.2 Marco contextual

El municipio de Mocoa es la capital del Departamento del Putumayo y cuenta con 126.300 hectáreas de territorio, Cinco inspecciones de policía, Cinco Resguardos indígenas legalmente constituidos (Yunguillo, Condagua, Belén del Palmar, San Luis del Palmar y Puerto Limón (

Esperanza – San Cayetano y La Cristalina), 54 veredas legalmente constituidas, de las cuales siete están inactivas y una parcialmente se encuentra inmersa en el suelo urbano y de expansión urbana.

Esta investigación se centrara en la vereda Rumiyaico más exactamente en la cuenca del Río Rumiyaico la cual está ubicada al nor occidente del departamento del Putumayo y al sur occidente del municipio de Mocoa y de la cuenca del río Mocoa; comprende un área de 5.921,7 ha, conformada por las veredas: San Luis de Chontayaco, Los Andes, Caliyaco, Rumiyaico y parte de las veredas Villanueva, El Diviso, la Tebaida y Planadas. Esta microcuenca se encuentra drenada por una serie de fuentes superficiales que permiten clasificarlos internamente en los siguientes órdenes: primer orden: representado por el río Rumiyaico, en segundo orden se encuentran las quebradas Balsamo, Lagarto, Chontayaco y Palmicha y en tercer orden se encuentra representado por las quebradas Golondrino, la Yegua y una serie de pequeñas corriente intermitentes sin denominación.

Es una zona turística muy concurrida debido al atractivo de su río Rumiyaico como balneario, estaderos y restaurantes de comida típica de la región. Hace algunos años esta zona fue muy importante por los grandes cultivos de caña y producción de panela, actualmente en el área de la agricultura se están estableciendo cultivos de cacao y café.

En cuanto a educación cuenta con la escuela rural mixta Rumiyaico en la que se dictan clases hasta quinto de primaria.

2.3 Marco conceptual

Para la ejecución de este proyecto se debe tener claros los siguientes conceptos para una mejor comprensión del tema.

Agua cruda. Según el Decreto 1575 de 2007 agua cruda es el agua natural que no ha sido sometida a proceso de tratamiento para su potabilización.

Agua potable. El agua de consumo inocua (agua potable), según la OMS, no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes vulnerabilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida. Las personas que presentan mayor riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua son los lactantes y los niños de corta edad, las personas debilitadas o que viven en condiciones antihigiénicas y los ancianos. El agua potable es adecuada para todos los usos domésticos habituales, incluida la higiene personal

Análisis Microbiológico del agua. Según la Resolución 2115 de 2007, Son los procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para consumo humano para evaluar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos.

Análisis Físico y Químico del agua. Según la Resolución 2115 de 2007, Son aquellos procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para evaluar sus características físicas, químicas o ambas

Aspectos químicos del Agua. Los riesgos para la salud asociados a los componentes químicos del agua de consumo son distintos de los asociados a la contaminación microbiana y se deben principalmente a la capacidad de los componentes químicos de producir efectos adversos

sobre la salud tras periodos de exposición prolongados. Pocos componentes químicos del agua pueden ocasionar problemas de salud como resultado de una exposición única, excepto en el caso de una contaminación masiva accidental de una fuente de abastecimiento de agua de consumo. Además, la experiencia demuestra que en muchos incidentes de este tipo, aunque no en todos, el agua se hace imbebible, por su gusto, olor o aspecto inaceptables. En situaciones en las que no es probable que una exposición de corta duración perjudique la salud, suele ser más eficaz concentrar los recursos disponibles para medidas correctoras en la detección y eliminación de la fuente de contaminación que en instalar un sistema caro de tratamiento del agua de consumo para la eliminación del componente químico. Puede haber numerosos productos químicos en el agua de consumo; sin embargo, sólo unos pocos suponen un peligro inmediato para la salud en cualquier circunstancia determinada. La prioridad asignada a las medidas de monitoreo y de corrección de la contaminación del agua de consumo debe gestionarse de tal modo que se evite utilizar innecesariamente recursos escasos para el control de contaminantes químicos cuya repercusión sobre la salud es pequeña o nula. La exposición a concentraciones altas de fluoruro, de origen natural, puede generar manchas en los dientes y, en casos graves, fluorosis ósea incapacitante. De modo similar, el agua de consumo puede contener arsénico de origen natural y una exposición excesiva al mismo puede ocasionar un riesgo significativo de cáncer y lesiones cutáneas. Otras sustancias de origen natural, como el uranio y el selenio, pueden también ocasionar problemas de salud cuando su concentración es excesiva. La presencia de nitratos y nitritos en el agua se ha asociado con la metahemoglobinemia, sobre todo en lactantes alimentados con biberón. La presencia de nitratos puede deberse a la aplicación excesiva de fertilizantes o a la filtración de aguas residuales u otros residuos orgánicos a las aguas superficiales y subterráneas.

DBO5. La demanda bioquímica de Oxígeno se define usualmente como la cantidad de oxígeno que requieren las bacterias durante la estabilización de la materia orgánica susceptible de descomposición, en condiciones oxigénicas. Al decir susceptibles de descomposición se hace referencia a que la materia orgánica puede servir de alimento a las bacterias y que su oxidación genera energía (Metcalf & Eddy,1998)

Un criterio que se puede interpretar con los valores para la DBO son (UPC, 2007):

- Agua apta para todos los usos. Valores de DBO inferiores a 3 mg/l;
- Agua apta para consumo humano (mediante tratamientos convencionales), piscicultura y uso recreativo. Valores de DBO entre 3 y 5 mg/l;
- Agua apta para riego, agua industrial y agua potable (tratamientos especiales).
- Valores de DBO entre 5 y 10 mg/l; Agua apta para navegación y refrigeración. Valores de DBO entre 10 y 25 mg/l;
- Agua no apta para ningún uso. Valores de DBO mayores a 25 mg/l.

Según los criterios de calidad, un agua se puede clasificar de acuerdo a las concentraciones de DBO5 así:

- Muy puras $DBO5 < 3 \text{ mg/L O}_2$
- Pureza intermedia $DBO5 \text{ entre } 3\text{-}5 \text{ mg/L O}_2$
- Aguas contaminadas $DBO5 > 8 \text{ mg/L O}_2$
- Aguas residuales urbanas $DBO5 \text{ entre } 100\text{-}400 \text{ mg/L O}_2$
- Aguas industriales $DBO5 \text{ hasta } 10.000 \text{ mg/L O}_2$ Aguas muy puras $DBO5 < 3 \text{ mg/L O}_2$
- Pureza intermedia $DBO5 \text{ entre } 3\text{-}5 \text{ mg/L O}_2$
- Aguas contaminadas $DBO5 > 8 \text{ mg/L O}_2$
- Aguas residuales urbanas $DBO5 \text{ entre } 100\text{-}400 \text{ mg/L O}_2$

- Aguas industriales DBO5 hasta 10.000 mg/L O₂.

Coliformes. Según Resolución 2115 de 2007 la Bacterias Gram Negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura de 35 a 37°C, produciendo ácido y gas (CO₂) en un plazo de 24 a 48 horas. Se clasifican como aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática de la β galactosidasa. Es un indicador de contaminación microbiológica del agua para consumo humano.

2.3.1 Desinfección.

La desinfección es una operación de importancia incuestionable para el suministro de agua potable. La destrucción de microorganismos patógenos es una operación fundamental que muy frecuentemente se realiza mediante productos químicos reactivos como el cloro. La desinfección constituye una barrera eficaz para numerosos patógenos (especialmente las bacterias) durante el tratamiento del agua de consumo y debe utilizarse tanto en aguas superficiales como en aguas subterráneas expuestas a la contaminación fecal. La desinfección residual se utiliza como protección parcial contra la contaminación con concentraciones bajas de microorganismos y su proliferación en el sistema de distribución.

La desinfección química de un sistema de abastecimiento de agua de consumo que presenta contaminación fecal reducirá el riesgo general de enfermedades, pero no garantizará necesariamente la seguridad del suministro. Por ejemplo, la desinfección con cloro del agua de consumo tiene una eficacia limitada frente a los protozoos patógenos —en particular *Cryptosporidium*— y frente a algunos virus. La eficacia de la desinfección puede también ser insatisfactoria frente a patógenos presentes en flóculos o partículas que los protegen de la acción del desinfectante. Una turbidez elevada puede proteger a los microorganismos de los efectos de la

desinfección, estimular la proliferación de bacterias y generar una demanda significativa de cloro. Una estrategia general de gestión eficaz añade a la desinfección, para evitar o eliminar la contaminación microbiana, barreras múltiples, como la protección del agua de origen y operaciones de tratamiento adecuadas, así como la protección del agua durante su almacenamiento y distribución. El uso de productos químicos desinfectantes en el tratamiento del agua genera habitualmente subproductos. No obstante, los riesgos para la salud que ocasionan estos subproductos son extremadamente pequeños en comparación con los asociados a una desinfección insuficiente, y es importante que el intento de controlar la concentración de estos subproductos no limite la eficacia de la desinfección (OMS, 2006).

Escherichia COLI - E-coli. Según la Resolución 2115 de 2007 es un bacilo aerobio Gram Negativo no esporulado que se caracteriza por tener enzimas específicas como la b galactosidasa y b glucoronidasa. Es el indicador microbiológico preciso de contaminación fecal en el agua para consumo humano.

Fuente de abastecimiento. Según el Decreto 1575 de 2007 es un depósito o curso de agua superficial o subterránea, utilizada en un sistema de suministro a la población, bien sea de aguas atmosféricas, superficiales, subterráneas o marinas.

2.3.2 Gestión integral del recurso hídrico La Global Water Partnership - GWP36 la ha definido como “un proceso que promueve la gestión y el aprovechamiento coordinado de los recursos hídricos, la tierra y los recursos naturales relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico de manera equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales”.

“La gestión integral del recurso hídrico es un concepto basado en la idea de que los diferentes usos del recurso son excluyentes e interdependientes (y) surgió como respuesta a la “crisis del agua” expresada en la presión insostenible sobre el recurso hídrico, debida a la creciente demanda de agua, la contaminación y el crecimiento demográfico. Sin embargo, se ha observado que el núcleo del problema está en la inadecuada gestión y gobernabilidad del recurso. La gestión integral del recurso hídrico busca actuar sobre las causas de esta gestión deficiente como son la ineficiencia, los conflictos crecientes y el uso no coordinado del recurso hídrico” (PNUMA, 2007).

Los principales postulados de la gestión integral del recurso hídrico (GIRH), son los siguientes (Solanes y Jouravlev, 2007): La integración de la gestión del agua para todos sus usos, con el objetivo de maximizar los beneficios globales y reducir los conflictos entre los usuarios. La integración en la gestión de intereses económicos, sociales y ambientales, tanto de los usuarios directos del agua como de la sociedad en su conjunto. La integración de la gestión de todos los aspectos del agua (cantidad, calidad y tiempo de ocurrencia) que tengan influencia en sus usos y usuarios. La integración de la gestión de las diferentes fases del ciclo hidrológico. La integración de la gestión a nivel de cuencas, acuíferos o sistemas hídricos interconectados. La integración de la gestión de la demanda de agua con la gestión de la oferta. La integración de la gestión del agua y de la gestión de la tierra y otros recursos naturales y ecosistemas relacionados.

Índice de calidad del agua. Un índice de calidad del agua, consiste básicamente en una expresión simple de una combinación más o menos compleja de un número de parámetros, los cuales sirven como una medida de la calidad del agua. El índice puede ser representado por un número, un rango, una descripción verbal, un símbolo o un color.

Su ventaja radica, en que la información puede ser más fácilmente interpretada que una lista de valores numéricos. Consecuentemente, un índice de calidad del agua es una herramienta comunicativa para transmitir información. Los usuarios de esta información pueden estar estrechamente relacionados, como: biólogos, ingenieros sanitarios y ambientales, administradores de recursos hídricos; o en su defecto personas apenas familiarizados con la misma; sin embargo, cualquiera podrá tener una idea clara de la situación que expresa el índice como contaminación excesiva, media o inexistente, entre otras, de fácil comprensión y abstracción (Universidad de Pamplona s.f.)

Oxígeno disuelto. Según la normatividad ambiental es la Cantidad efectiva de oxígeno gaseoso (O₂) en el agua, expresada en términos de su presencia en el volumen de agua (miligramos de O, por litro) o de su proporción en el agua saturada (porcentaje). La concentración de oxígeno disuelto es importante para evaluar la calidad del agua superficial y para el control del proceso de tratamiento de desechos. El oxígeno disuelto –OD– es uno de los factores más asociados a la vida acuática, al incidir en casi todos los procesos químicos y biológicos; las condiciones aeróbicas (presencia de oxígeno) favorecen la diversidad de especies deseables como los peces (que en general pueden subsistir a concentraciones de OD superiores a 4 mg/l).

Población Servida o Atendida. Es el número de personas abastecidas por un sistema de suministro de agua.

Tratamiento o Potabilización. Según la Resolución 2115 de 2007, Es el conjunto de operaciones y procesos que se realizan sobre el agua cruda, con el fin de modificar sus características físicas, químicas y microbiológicas, para hacerla apta para el consumo humano.

2.4 Marco Teórico

Como lo planteo Ott W. (1981), los intentos por lograr construir un índice que permita certificar la calidad del agua, tienen bastante historia. En Alemania en 1848, se tiene noticias de algunos intentos de relacionar la presencia de organismos biológicos específicos con la pureza del agua. En los últimos 130 años, varios países europeos han desarrollado y aplicado diferentes sistemas para clasificar la calidad de las aguas. Estas clasificaciones siempre fueron de dos tipos: aquellas que se centran en la cantidad de contaminación presente y aquellos que se basan en la presencia o abundancia de comunidades vivas de organismos macro y microscópicos. En lugar de asignar un número que representara la calidad del agua, estos sistemas de clasificación categorizaban los cuerpos de agua en una de varias clases o niveles. En contraste, los índices que usan valores numéricos para asignar una gradación de la calidad en una escala prácticamente continua, son relativamente recientes, empezando con el índice de Horton en 1965.

La intención de Horton, era disponer de un instrumento que permitiera evaluar, de la manera más objetiva posible, la calidad de un cuerpo de agua, en distintas oportunidades para valorar la efectividad de programas de mejoramiento y recuperación.

No obstante que el aporte de Horton construye un avance en la objetividad, tiene la limitación de que al combinar los componentes de las distintas variables de calidad escogidas, se presenta la subjetividad en la determinación de los pesos (Behar R., Zuñiga M, & Rojas O.).

Dinius (1972) planteo un ICA conformado por nueve variables fisicoquímicas y dos microbiológicas; por su parte, el ICA-INSF está constituido por ocho variables fisicoquímicas y

un elemento biótico: Coliformes Fecales. Aunque la estimación de ambos índices está orientado al empleo del agua para consumo humano, el de Dinius tiene en cuenta otros usos, como son agricultura, pesca, industria y recreación. De la revisión bibliográfica sobre indicadores de calidad del agua y contaminación efectuada por Simboni Ruiz (2007) se resalta que el NSF es el índice más empleado en la valoración de la calidad de las aguas superficiales para consumo humano a nivel mundial. Hay que considerar que los índices NSF y el de Dinius se puede adaptar y modificar de acuerdo con las condiciones prevalientes en nuestro medio o de cada sistema acuático en particular.

Años más tarde en España, Queralt (1982) desarrolló el índice simplificado de calidad del agua (ISQA) para las cuencas de Cataluña, el cual se basó en 5 parámetros fisicoquímicos y planteó una clasificación de la calidad del agua para 6 usos específicos del recurso, entre los cuales se destaca el abastecimiento para consumo humano (Agencia catalana del agua, 2003).

Los índices que miden la contaminación y que poseen como herramienta de empleo variables fisicoquímicas, tienen a su favor que la información resultante puede ser más fácilmente interpretada que una lista de valores numéricos, pues estos agrupan los elementos contaminantes más representativos como instrumento para determinar el deterioro de las aguas superficiales (Leon 1992).

En 2002, diferentes entidades que conforman el sistema de información Colombiano, incursionaron sobre la base de los desarrollos de Ramírez y Viña (1998) y otros autores en el diseño de 14 indicadores ambientales, de los cuales 3 corresponden a la oferta hídrica, 2 a la sostenibilidad del recurso, 6 a la calidad del agua dulce y 3 ICAS adicionales para las aguas

marinas y costeras. A pesar de este importante esfuerzo, algunos de los indicadores, especialmente los de calidad del agua, apenas se dejan planteados en consideración a la poca densidad de puntos de colección de datos y su falta de sistematización y estandarización (IDEAM, 2002) .

Uno de los trabajo importante de resaltar es el de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) y la Universidad del Valle, entidades que, en el proyecto de caracterización y modelación matemática del Río Cauca, desarrollaron un índice de calidad denominado Icauca, que considera diez variables: pH, Oxígeno disuelto, color, turbiedad, Demanda Bioquímica deOxígeno, nitrógeno total, fósforo total, sólidos totales, sólidos suspendidos totales y coliformes fecales (Samboni, Carvajal y Escobar, 2007).

Jimenez & Velez (2007) caracterizaron las aguas superficiales de la cuenca de la quebrada Doña Maria, un efluente del Rio Medellin en Antioquia, Colombia a partir de la estimación del índice NSF mediante la información suministrada en 110 puntos de muestreo distribuidos a lo largo de la cuenca.

Como se puede observar a pesar de los desarrollos en el ámbito mundial y local en cuanto al desarrollo de ICAS, en Colombia se hace necesario dentro del marco de la valoración y manejo del agua el desarrollo de sistemas integrados de evaluación del recurso hídrico y no solo formulaciones separadas.

2.5 Marco legal

La Constitución Política de Colombia establece como uno de los fines principales de la actividad del Estado, la solución de las necesidades básicas insatisfechas, entre las que está el acceso al servicio de agua potable, que es fundamental para la vida humana. El abastecimiento adecuado de agua de calidad para el consumo humano es necesario para evitar casos de morbilidad por enfermedades como el cólera y la diarrea; también es importante que la población tenga acceso a una cantidad mínima de agua potable diariamente.

Como parte del plan de ordenamiento del recurso hídrico de una cuenca (Decreto 1729 del 2002- MAVDT) en su fase de diagnóstico las corporaciones ambientales deben realizar una caracterización de la variabilidad espacial y temporal de la calidad del agua de las fuentes superficiales, que permita establecer los usos del recurso más adecuado de acuerdo con el Decreto 1594 de 1984 del ministerio de agricultura, así como la capacidad asimilativa de los cuerpos de agua para mantener variables de calidad del agua por debajo de intervalos de concentración preestablecidos. Por otro lado, los mecanismos de recuperación y/o protección de la calidad que permita alcanzar los objetivos de calidad del agua de las fuentes (Resolución 2145 de 2005 del MAVDT) de la cuenca deben ser aplicados previo conocimiento de los procesos naturales y antrópicos que ejercen mayor presión sobre las mismas (Jimenez, Velez, 2006).

En Colombia se han desarrollado varias normas que permiten la protección, conservación y preservación del recurso hídrico entre las más importantes tenemos las siguientes:

Decreto Ley 2811 de 1974, expedido por el Presidente de la República, “Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente”.

Artículos Art. 80 a 85: Dominio de las aguas y cauces. Art. 86 a 89: Derecho a uso del agua.

Art.134 a 138: Prevención y control de contaminación. Derogado por el decreto 1594 de 1984.

Art.155: Administración de aguas y cauces.

Decreto 1541 de 1978, expedido por el Presidente de la República, “Por el cual se reglamenta la parte III del Libro II del Decreto Ley 2811 de 1974 que trata de las agua no marítimas y parcialmente la Ley 23 de 1973”.

Ley 9 de 1979, Código Sanitario Nacional. “Por la cual se dictan medidas sanitarias para la protección del medio ambiente”.

Decreto 2857 de 1981, Reglamentación de cuencas hidrográficas

Decreto 1594 de 1984, expedido por el Presidente de la República, Aunque el Decreto en la actualidad es reemplazado en su mayor parte por el Decreto 3930 de 2010, aún se encuentran en vigencia los artículos los relacionados con los Usos y Criterios de Calidad del agua, así como las Normas de Vertimientos para usuarios que viertan al suelo o cuerpo hídrico. “Por medio del cual se reglamenta parcialmente el título I de la ley 9 de 1976 y se decreta las siguientes definiciones”.

Artículo 6. Entiéndase por vertimiento líquido cualquier descarga hecha a un cuerpo de agua o un alcantarillado. Artículo 11. Denomínese vertimiento no puntual a aquel en el cual no se puedan precisar el punto exacto de descarga al recurso, tal es el caso de vertimientos provenientes de escorrentía, aplicación de agroquímicos y otros similares. Normas de vertimientos de residuos líquidos, Art. 22-23 Ordenamiento del recurso agua. Art. 29 Usos del agua. Art. 37 a 50 Criterios de calidad de agua Art. 60 a 71 Vertimiento de residuos líquidos. Art. 72 a 97 Normas de vertimientos. Art. 142 Tasas retributivas. Art. 155 procedimiento para toma y análisis de muestras

Ley 79 de 1986, Por la cual se prevé a la conservación de agua y se dictan otras disposiciones.

Decreto 1700 de 1989, Por el cual se crea la Comisión Nacional de Agua Potable y Saneamiento Básico.

Ley 373 de junio de 1997, expedida por el Congreso de Colombia, “Por la cual se establece el Programa de uso eficiente y ahorro del agua”. Artículos 1-13.

Decreto 1449 de 1997, Por el cual se reglamentan parcialmente el inciso 1 del numeral 5 del artículo 56 de la Ley 135 de 1961 y el Decreto Ley No. 2811 de 1974. En relación con la conservación, protección y aprovechamiento de las aguas, y la concesión de las mismas.

Decreto 475 del 10 de marzo de 1998, expedido por el Ministerio de Salud, “Por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable”.

Decreto No. 1729 de Agosto 6 de 2002. Por el cual se reglamenta la Parte III, título 2, Capítulo III del Decreto-Ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas, parcialmente el numeral 12 del artículo 5° de la Ley 99 de 1993 y se dictan otras disposiciones.

Decreto 3100 de 2003 y Decreto 3440 de 2004. Modifican el instrumento económico de tasas retributivas por vertimientos puntuales. Crea los PSMV (que realiza las veces de planes de cumplimiento) y Reactiva los Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico exigiendo establecer objetivos de Calidad en un Horizonte de tiempo.

Resolución 2115 de 2007, Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

Decreto 1575 de 2007, Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

Resolución 0811 de 2008, por medio de la cual se definen los lineamientos a partir de los cuales la autoridad sanitaria y las personas prestadoras, concertadamente definirán en su área de influencia los lugares y puntos de muestreo para el control y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en la red de distribución.

CONPES 3550 24 de Noviembre de 2008. Lineamientos para la formulación de la política integral de salud ambiental con énfasis en los componentes de calidad de aire, calidad de agua y seguridad química.

Decreto 3930 de 2010, Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.

Decreto 4728 de 2010. Modifica parcialmente el Decreto 3930 de 2010 principalmente en lo que respecta a la ampliación de los plazos estipulados por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para la elaboración y entrega de los criterios de calidad, normas de vertimientos y demás compromisos adquiridos en la norma.

Resolución 000431 de 2012, expedida por el ministerio de salud y protección social y por medio la cual se autorizan laboratorios de análisis físicos, químicos y microbiológicos al agua para consumo humano.

Decreto 2667 de 2012, expedido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, mediante el cual se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales, y se toman otras determinaciones.

Decreto 0303 de 2012, expedido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, mediante el cual se reglamenta parcialmente el artículo 64 del Decreto-ley 2811 de 1974 en relación con el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico y se dictan otras disposiciones.

Capítulo 3. Metodología de la investigación

3.1 Diseño Metodológico

Para el desarrollo de este proyecto se llevara a cabo una investigación cuantitativa ya que se recolectara información primaria a través de trabajo de campo desarrollado en la microcuenca del rio Rumiayaco, donde se realizaran encuestas, observaciones del paisaje, aforos de la cuenca y toma de muestras de agua a fin de obtener información actualizada y confiable que permita conseguir resultados reales de la calidad del agua de dicha cuenca. También es necesario recopilar información secundaria de las diferentes instituciones y/o empresas vinculadas con el tema, que permitan una revisión, comparación y análisis del comportamiento de la variable ambiental evaluada.

Para llevar a cabo la ejecución, se establecerán etapas que permitan una mejor organización y entendimiento del tema. Inicialmente se realizara una caracterización socio ambiental que permita contar con un punto de partida que contribuya a la construcción de una visión integral de la situación que se presenta en la comunidad de la vereda Rumiayaco, seguida de una etapa practica donde se evaluaran y analizaran los resultados obtenidos del trabajo de campo.

Para finalizar tenemos la etapa interpretativa donde se dará a conocer el resultado con su respectiva interpretación en cuanto a los análisis de calidad del agua y el estado actual de la cuenca, de igual manera se socializara a la comunidad involucrada.

3.2 Población y Muestra

3.2.1 Población

La vereda Rumiyaco tiene una población dispersa de aproximadamente 600 habitantes en los que están incluidos niños, jóvenes y adultos, los cuales ocupan 160 viviendas con un promedio de 4 a 6 personas por familia. El 90% de las viviendas están construidas en bloque y ladrillo y el 10% en madera. De las 160 viviendas solo 151 están suscritas al acueducto, y las demás están exoneradas del pago de este servicio por decisión de la junta de acción comunal.

El área de influencia involucra principalmente la microcuenca Rumiyaco y la comunidad que la conforma (600 habitantes), indirectamente involucra la vereda San Luis de Chontayaco que posiblemente es un foco de contaminación del río Chontayaco la cual puede estar desmejorando la calidad del agua de la microcuenca Rumiyaco.

3.2.2 Muestra

Las muestras de agua se tomarán en la microcuenca Rumiyaco de la siguiente manera; una (1) aguas arriba del acueducto a 300 metros aproximadamente pasando la desembocadura del río Chontayaco (posible reubicación del acueducto Rumiyaco) a fin de comprobar si en este punto la calidad del agua mejora, empeora o sigue igual; y una segunda (2) muestra en el acueducto para conocer si la calidad está siendo afectada por el río Chontayaco (Apéndice A)

3.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información

A continuación se describe las técnicas utilizadas para la recolección de información en cada etapa.

Etapa 1. Caracterización socio ambiental, para dar inicio a esta etapa se procede hacer una revisión de información secundaria en lo referente a la situación ambiental de la microcuenca Rumiyaco y/o estudios e investigaciones que se hayan realizado en cuanto a calidad de agua; como primera instancia se acude a la Junta de Acción Comunal de la vereda Rumiyaco quien proporciona copia de unos análisis de agua realizados en el año 2014 (Apéndice A). También se visita la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia (CORPOAMAZONIA) quien ejecuto el proyecto Titulado “Ejecución de estrategias ambientales participativas para el mejoramiento de la conectividad ecológica del paisaje, como un aporte a la ordenación territorial la microcuenca del río Rumiyaco” en el año 2016 y quien dio acceso a los resultados de dicho proyecto. En última instancia se acude a la Alcaldía Municipal quien otorga copia del PBOT del municipio de Mocoa. De igual manera se realizaron visitas de campo a la Vereda y la Cuenca para corroborar la información secundaria obtenida. Se realizaron aforos para monitorear el caudal en diferentes meses del año y se llevó un registro fotográfico de las actividades ejecutadas (Apéndice B) para lograr esta caracterización.

Etapa 2. Práctica de campo. Para la recolección de información primaria se llevaron a cabo visitas de campo a la comunidad de la vereda como a la Microcuenca, donde se pudo observar las actividades económicas, agrícolas y sociales que se practican y permitan conocer el estado actual del área de estudio.

Algunas de las actividades a realizar en este proceso son:

- ✓ Encuestas y entrevistas dirigidas a la comunidad
- ✓ Toma de Coordenadas geográficas de la ubicación de los puntos de muestreo con el uso de GPS.
- ✓ La toma de muestras de agua y el envío de las mismas al Laboratorio de la Universidad Mariana para su respectivo análisis Físico, químico y microbiológico.
- ✓ Aforos en la cuenca con el método del flotador.
- ✓ Recolección de evidencia mediante un registro fotográfico

Etapa 3. Interpretación. En esta etapa se explicara los resultados obtenidos de la practica en campo, en cuanto a los análisis físicos, químicos y microbiológicos se dará a conocer de forma más detallada cómo puede afectar el valor obtenido la calidad del agua y que factores pueden estar interviniendo en los resultados, así mismo se hará una comparación con los resultados de otros análisis que se han realizado por la Secretaria de Salud Departamental años atrás, lo que va a generar una idea más clara del comportamiento de la calidad del agua de la cuenca con el pasar de los años.

Se reunirá a la comunidad en general para la socialización del proyecto y entrega de una copia del mismo para que con los resultados puedan justificar la reubicación del acueducto.

3.4 Análisis de la Información

En el análisis de la información secundaria se seleccionaron los documentos más importantes y recientes que involucren directamente el área de estudio, entre los que se destacan

análisis de agua de años anteriores, estudios de suelo, fauna y flora e investigaciones realizadas en la cuenca.

En cuanto a los resultados de las encuestas y entrevistas se analizará estadísticamente para agrupar, organizar e interpretar mejor los resultados.

Con el análisis de las muestras de agua se conocerá las características físicas, químicas y biológicas del agua, y mediante el empleo de la metodología NSF se podrá concluir si el agua es apta para consumo humano y en caso de no serlo se podrá conocer que sustancias o elementos la podrían estar contaminando y por ende se podrá considerar seriamente la idea de reubicar el acueducto.

Metodología

En el mes de Febrero de 2017 se caracterizó el agua superficial del río Rumiayaco a través del muestreo en dos puntos a fin de determinar las características físico químicas y microbiológicas del agua.

Puntos de muestreo

Los siguientes puntos de muestreo se seleccionaron teniendo en cuenta las proyecciones de la JAC de reubicar el Acueducto, conociendo que pretenden ubicarlo 300 metros aguas arriba del actual, de tal manera que sobrepase la intersección del río Rumiayaco con el río Chontayaco, debido a que en temporadas lluviosas la turbidez del río Chontayaco aumenta más que la del río Rumiayaco y altera las condiciones físicas del agua que capta el acueducto.

Punto No 1, la primera muestra se tomara aguas arriba del acueducto a 300 metros aproximadamente de La intersección del rio chontayaco con el rio Rumiayaco localizado con coordenadas geográficas N 616311,769897693, E 1043271,00970832.

Punto No 2, la muestra se toma en la entrada del canal que conduce el agua a las instalaciones del acueducto, localizado con coordenadas geográficas N 616212,113141833, E 1043418,42463513.

Obtención y transporte de muestras

La obtención y transporte de muestras, se realizó teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones dadas por el laboratorio de análisis ambiental de la Universidad Mariana:

1. Para los análisis de : pH, turbiedad, ortofosfatos, DBO5 y Sólidos Totales, se debe enjuagar el recipiente plástico al menos 3 veces con el agua que se va a tomar, luego llenar en contracorriente completamente el recipiente evitando que queden burbujas.

2. Para el análisis de Coliformes Fecales: se utiliza el recipiente de vidrio con papel aluminio, se debe abrir el recipiente dentro del agua en contracorriente y dejar un espacio sin llenar.

3. Análisis de Oxígeno Disuelto - Fijación de oxígeno: use guantes y siga estrictamente este procedimiento (En el recipiente de vidrio con tapa):

- Tome la botella Winkler y enjuáguela con agua de la fuente, después introdúzcala en contracorrientes hasta que ya no vea burbujas de aire dentro, llene a rebosar y tape de manera que en el interior no quede aire.

- Destape la botella y agregue 1 mL ó 20 gotas del REACTIVO 1 (Sulfato Manganoso) con el gotero marcado con el número 1, inmediatamente agregue 1 mL ó 20 gotas del REACTIVO 2 (Azida álcali-yoduro) con el gotero marcado con el número 2, tape la botella con cuidado de no dejar burbujas de aire dentro, riegue el exceso e invierta varias veces hasta mezclar completamente. El agua toma un color amarillo y se forma un precipitado. Es recomendable esperar algunos minutos.

- Cuando el precipitado se deposite en el fondo de la botella, destape nuevamente y agregue 1 mL del REACTIVO 3 (Ácido sulfúrico concentrado)(ESTE SE AGREGA EN EL LABORATORIO) con el gotero marcado con el número 3 y vuelva a tapar sin que queden burbujas de aire dentro, riegue el exceso y guarde en la nevera.

4. Para el análisis de DQO se toma la muestra en los recipientes de vidrio sin papel aluminio, se llena la muestra en contracorriente y se tapa.

Las muestras se deben encontrar refrigeradas desde la toma hasta la llegada al laboratorio, para esto puede meter los geles refrigerantes en una bolsa.

Los recipientes, reactivos y la nevera para transportar las muestras fueron proporcionadas por el laboratorio para evitar inconvenientes.

El único parámetro medido in-situ es la temperatura del agua.

Para el análisis e interpretación de los resultados se tendrá en cuenta la siguiente metodología,

Calculo del ICA-NSF

La fundación nacional de saneamiento tiene establecido 9 parámetros de los cuales 8 son fisicoquímicos (Oxígeno Disuelto, DBO₅, pH, Nitratos, fosfatos, Desviación de la Temperatura, Turbidez y Sólidos Totales) y 1 microbiológico (Coliformes fecales), como también tiene establecidos los pesos ponderados a cada subíndice los cuales se muestran a continuación:

Tabla 1. Pesos ponderados para determinar W_i

VARIABLE	Peso Ponderado
OD%	0,17
COLIFORMES FECALES	0,15
pH	0,12
DBO5	0,10
NITRATOS	0,10
TURBIEDAD	0,08
SOLIDOS TOTALES	0,08
TEMPERATURA	0,10
FOSFATOS	0,10

Fuente: (Ott, 1978).

Para el estudio en cuestión se le asignó una unidad más de importancia a los Coliformes fecales (0,16) sin alterar la sumatoria igual a 1, ya que se le redujo el valor del Ph(0,11).

Para calcular el subíndice Q_i se procede a encontrar el valor en las curvas de función que maneja la metodología, teniendo en cuenta que existe una curva para cada parámetro analizado con unas respectivas condiciones. El valor obtenido de los análisis de laboratorio para cada

parámetro se lo ubica en el eje (X) y se interpola el valor en el eje de las (Y), el valor encontrado es el (Sub1 Q_i).

Para encontrar Q_i de la temperatura se debe tener en cuenta que la estructura del subíndice, involucra los cambios de temperatura respecto a la temperatura de equilibrio que se determina ajustando por la altura sobre el nivel del mar y la temperatura ambiente.

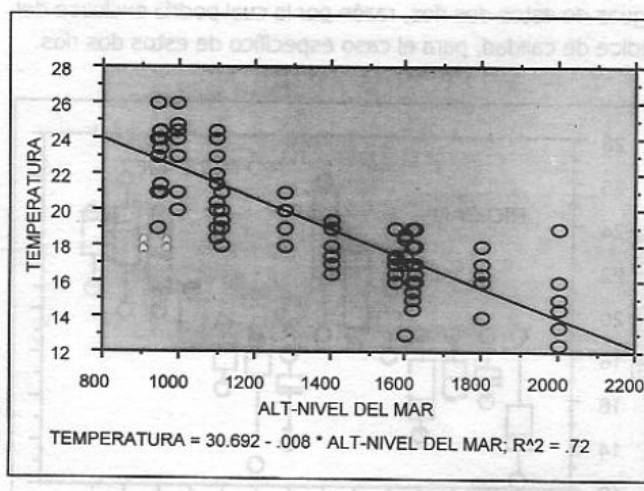


Figura 1. Asociación entre la temperatura del agua y la altura sobre el nivel del mar

Fuente. Behar, R., Zuñiga, M and Rojas, O. (2007)

Para calcular el Índice se utilizó el siguiente promedio aritmético ponderado, propuesta por Brown.

$$ICA = \sum(Q_i * w_i)$$

$$i=0$$

Donde:


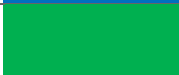



w_i: Pesos relativos asignados a cada parámetro

Qi: Subíndice del parámetro i.

Clasificación de la calidad del agua según el ICA-NSF

Tal como puede observarse en el siguiente cuadro, el índice de calidad ambiental propuesto por la NSF establece una escala de calificación de la calidad del agua entre 0 y 100 unidades

Tabla 2. Clasificación de la calidad del agua en función del índice WQI_{NSF} .

ESCALA DE COLOR		
Excelente	91-100	
Buena	71-90	
Media	51-70	
Mala	26-50	
Muy Mala	0-25	

Fuente: (Ott, 1978).

Aforos de Caudal.

Se realizó la toma de dos aforos en el río Rumiayaco, teniendo en cuenta la ubicación de los puntos de muestreo, para promediar los resultados se utilizó el método de aforo con flotadores, donde se tiene en cuenta el ancho del río, el largo (10m) y la profundidad y se toma la velocidad tirando el flotador desde el punto de inicio hasta el final y con ayuda de un cronometro se mide el tiempo de llegada este procedimiento se realiza tres veces y se promedia. Una vez obtenido los resultados se aplica la fórmula que se muestra a continuación obtener el caudal del río en el punto de aforo.

La velocidad se calcula como:

$$V = X / t, \text{ donde}$$

V = velocidad superficial, m/s

X = longitud recorrida por el elemento flotante, m

t = tiempo de recorrido del elemento flotante,

El caudal se calcula como:

$$Q = V * A, \text{ donde}$$

Q = caudal, m³/s

V = velocidad superficial, m/s

A = área transversal promedio, m² (dependiendo de la geometría del sitio)

A = W * ($\sum H_i$)/n, (ancho del canal por el promedio de las profundidades)

Capítulo 4. Resultados y Discusión

4.1.1 Localización del Área de estudio

El área de estudio del proyecto se ubica en la vereda Rumiyoaco del Municipio de Mocoa la cual limita el norte con el municipio de Mocoa, el sur con la vereda Planadas, al Oriente con la vereda Caliyaco y al occidente con la vereda Villa Nueva como se evidencia en la Figura 2.

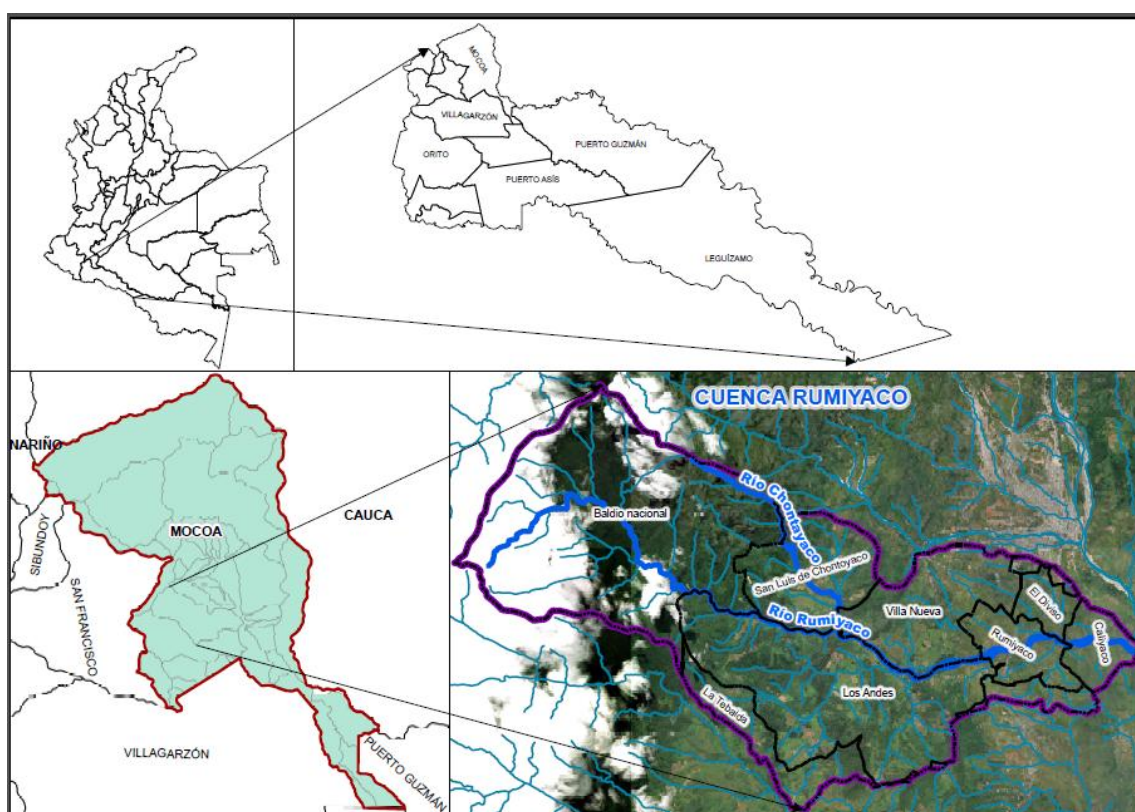


Figura 2. Localización General Vereda Rumiyoaco. Fuente: Autor del proyecto (2017)

La vereda Rumiyoaco está conformada por 160 familias para un total de 600 habitantes aproximadamente los cuales presentan una mezcla en sus características étnicas entre mestizos,

indígenas y afrodescendientes, muchos de los habitantes son procedentes de los departamentos de Nariño y Cauca, dentro de la vereda existen dos comunidades indígenas pertenecientes a la etnia Inga e inga-Kamsá los cuales en su lengua bautizaron a la fuente hídrica con el nombre de Rumiyaco que significa Rumi = Piedra, debido a la gran cantidad de sedimentos que el río arrastra a su paso y Yaco = agua, río, por su constante manantial. La vereda adquiere personería jurídica 296 el 13 de Mayo de 1964.

4.1.2 Descripción del Área.

La vereda Rumiyaco cuenta con un acueducto comunitario el cual se ubica a 4 km aproximadamente de la vereda y las vías de acceso son caminos inter veredales y senderos realizados por los pobladores a la orilla del río que permiten estar al pendiente del acueducto.

4.1.3 Usos del agua.

Según las encuestas y visitas de campo realizadas a la vereda Rumiyaco, se pudo constatar que el uso del agua es doméstico ya que se emplea en actividades como lavado de ropa, higiene personal y cocina, existen 3 proyectos piscícolas en toda la vereda, los cuales captan el agua de la quebrada palmiche teniendo en cuenta el respectivo permiso de captación que otorga Corpoamazonia. La Junta de acción comunal es la encargada de supervisar que el uso del agua que distribuye el acueducto sea estrictamente Doméstico.

El 100% de la comunidad tiene conocimiento de que el agua que les distribuye el acueducto no es potable y realmente no les preocupa ya que no han registrado enfermedades por el consumo

de la misma. Según la encuesta realizada el 95% de la comunidad hierve el agua antes de consumirla y en otros casos 5% compran los botellones de agua potable, aunque esta última opción no es la más adoptada debido a que es más económico hervir el agua en fogones de leña que comprar el botellón de 20 litros a un precio de 5000 pesos, previa inscripción que tiene un valor de 15000 pesos.

La Bocatoma fue diseñada y proyectada para abastecer en sus inicios la vereda Rumiyo y los Andes pero debido a problemas de concertación cada una se independizo.

La bocatoma se ubica en el margen derecho del rio Rumiyo y su diseño consta de una estructura en concreto provisto de rejillas y un desarenador del cual empieza la aducción del agua por gravedad hasta el tanque de almacenamiento que se ubica al margen izquierdo de la vía que comunica la vereda los Andes con Rumiyo (700 metros aproximadamente) es en este punto es donde inicia la distribución del agua a los hogares para el cual no se aplica ningún método de desinfección del agua.

A continuación se muestra las medidas del tanque de almacenamiento:

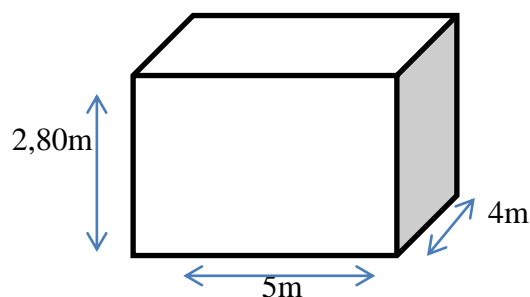


Figura 3. Dimensiones del tanque de almacenamiento del acueducto.

Actualmente la tubería que conecta la bocatoma con el tanque es de 3 pulgadas y ha estado presentado fallas debido a daños generados por la presión del agua, por tal motivo se tiene previsto reemplazarla por tubería de 5 pulgadas.

Para el mantenimiento del acueducto la junta de acción comunal tiene establecida un equipo de trabajo con su respectivo presidente quien debe velar por la gestión de recursos y mantenimiento del mismo. Se tiene establecida una tarifa de treinta mil pesos (\$30.000) anuales los cuales son utilizado para el pago del fontanero quien está al pendiente de reparar los daños que se presenten, cuando los daños son considerables la JAC convoca a mingas comunitarias que permitan una pronta solución; también cuentan con recursos económicos que gestionan mediante la presentación de proyectos en las diferentes entidades del estado.

Según la encuesta realizada para el 100% de la comunidad el servicio que les presta el acueducto es Bueno ya que disponen del recurso todos los días, aunque existen circunstancias que hacen que el servicio sea suspendido por algunas horas debido a daños inesperados en la tubería bien sea por acción de la naturaleza o el hombre.

4.1.4 Vertimientos de aguas residuales.

La vereda no cuenta con alcantarillado por lo que vierten las aguas residuales de uso doméstico a los cuerpos de agua cercanos o pozos sépticos que por su mal diseño y adecuación pueden generar contaminación por escorrentía a las fuentes hídricas.

Según la encuesta realizada el 55% de la población cuentan con Pozos sépticos, y el 45% vierte los residuos líquidos a las fuente hídricas cercanas que terminan siendo afluentes del rio Rumiayaco; también se debe tener en cuenta que no todos los pozos sépticos están funcionando debidamente ya que unos no están adecuados técnicamente ya que fueron construidos de forma artesanal.

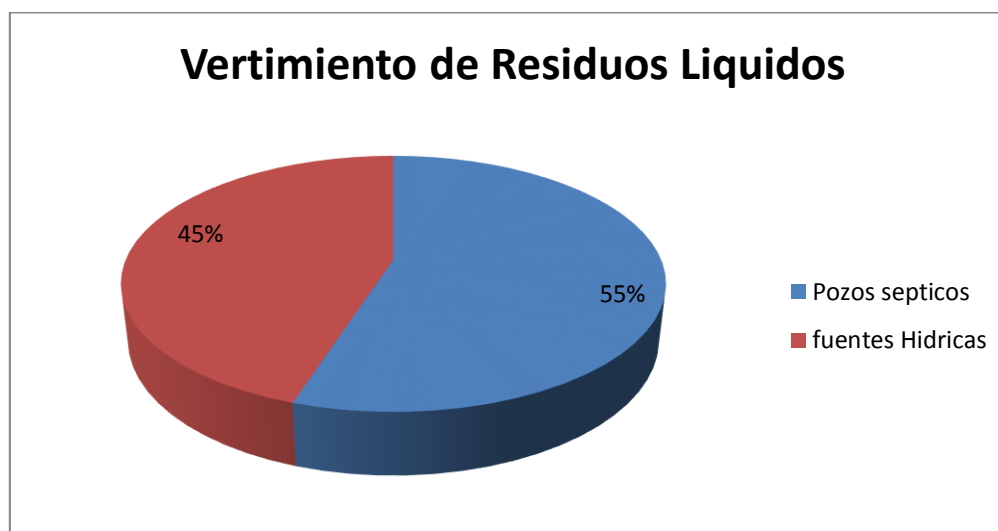


Figura 4. Resultado de encuesta que muestra el lugar donde se vierten los residuos líquidos de la vereda Rumiayaco. Fuente: Autor del proyecto.

4.1.5 Residuos Sólidos.

Actualmente la recolección de residuos sólidos se implementó de forma voluntaria en esta zona rural, solo pagaran quienes deseen entregar sus residuos al carro recolector, esto con previa inscripción ante la empresa prestadora del servicio EMAS, el 50% de la población entrega sus residuos al carro recolector los días sábados. Los residuos que más generan en los hogares son los orgánicos 90% y el 16,6 % de los habitantes lo utilizan como abono para sus campos y cultivos

por tal motivo las personas que pagan por el servicio de aseo entregan en su mayoría residuos como vidrios, papel, plásticos y latas. El 33,3% de los habitantes incinera los residuos que produce.

En la vereda San Luis de Chontayaco no cuentan con servicio de recolección de residuos, para lo cual sus habitantes incurren a quemarlos y enterrarlos.

La población de esta vereda ha ido aumentando considerablemente en los últimos años y unas de las principales causas es su cercanía al municipio de Mocoa, el buen estado de sus vías de acceso y contar con terrenos planos y sin riesgos de inundación, debido a los hechos presentados el día 31 de Marzo del presente año con la avalancha y las crecientes súbitas de las fuentes hídricas que atraviesan el municipio de Mocoa la mayoría de la población capitalina ha optado como primera opción establecerse definitivamente en la vereda Rumiayaco y sus alrededores, para lo cual la alcaldía municipal tiene provisto declarar esta vereda como zona de expansión urbana debido a que no existen zonas seguras en la capital.

4.1.6 Agricultura.

Se caracteriza por el establecimiento de cultivos de Caña (*Saccharum officinarum*), Yuca (*Manihot sp.*), Platano (*Musa sp.*), maíz (*Zea mays*) y frutales como Papaya (*Carica Papaya*), uva caimaron (*Pouroma cecropiifolia*), Araza (*Eugenia stipitata*), guama (*inga sp.*), zapote (*Matisia cordata*), Pomorroso (*Eugenia gasipaes*), cítricos, huertas caseras, cría de cuyes, piscicultura y en pequeña escala la ganadería extensiva.

4.2 Situación Ambiental Actual de la vereda y la microcuenca Rumiyo.

4.2.1 Geomorfología

El Municipio de Mocoa cuenta con una variada gama de geofomas que van desde laderas altas de cordillera, hasta planicies ligeramente onduladas.

La microcuenca del rio Rumiyo localizada al nor-occidente del municipio de Mocoa se caracteriza geomorfométricamente por los siguientes aspectos: Area de 5.830 hectareas, una longitud de 19.5 kilometros, perímetro de 16.5 Km, forma alargada con pendientes entre tres y mas de 60% con un tipo de drenaje subdendritico y con un caudal promedio aproximado de 9 M² / seg.(Castillo, 2007).

En el nacimiento del Rio Rumiyo se pueden identificar las ZONAS DE LADERAS BAJAS DE CORDILLERA, correspondientes a superficies de transición entre las zonas de Alta Montaña y la región de Piedemonte. Estas zonas se caracterizan por tener pendientes entre 50 y 75% y drenajes con valles moderadamente profundos. Además, su altura varía entre los 1.200 y 2.000 metros sobre el nivel del mar. En la parte media del Rio Rumiyo la unidad de relieve que encontramos se clasifica como PIEDEMONTES CORDILLERANOS y corresponde a zonas de colinas altas y bajas, con terrazas fuertemente disectadas y con pendientes que oscilan entre los 10 y el 50%. (Contraloría General de la República, 1995).

4.1.2 Paisaje

Los paisajes que configuran la microcuenca Rumiayaco van desde pequeñas ondulaciones en la desembocadura del río Mocoa que se van pronunciando en la medida en que se asciende sobre la misma hasta llegar a zonas supremamente escarpadas sobre el nacimiento del río Rumiayaco.

En el presente estudio se evidencian tres grandes zonas: la parte alta que se encuentra con niveles bajos de intervención debido al restringido acceso por caminos de herradura, y en la parte media y baja se establece la población y desarrolla sus actividades económicas.

El paisaje de la cuenca Rumiayaco se ha ido deteriorando con el pasar de los años y con ello su homogeneidad y predominancia de coberturas naturales, especialmente la del bosque natural denso, lo anterior se atribuye al desarrollo agropecuario de la zona, que están generando fragmentación y parches debido a la presencia de ganadería y establecimiento de pastos limpios y pastos arbolados. También se evidencian procesos de recuperación a través de la vegetación secundaria encontrada. Se registran en total de 13 tipologías de coberturas siendo los pastos limpios la cobertura de origen humano con más área dentro de la cuenca (Corpoamazonia, 2016).

4.2.2 Suelos

Los suelos de la microcuenca Rumiayaco están representados por los órdenes entisol, inceptisol, ultisol y oxisol que se encuentran distribuidos en los paisajes de montaña, lomerío y planicies (Castillo, 2007); estos suelos condicionados por temperatura, humedad, la textura y la

capacidad de intercambio catiónico principalmente pertenecen al régimen de humedad udico; al régimen de temperatura isohipertermico.

La mayoría de estos suelos se desarrollan bajo condiciones generosas de humedad debido a que las precipitaciones oscilan entre los 4900 mm/año (provincia húmeda), Como consecuencia de lo expuesto, en la microcuenca del rio Rumiayaco predominan suelos extremadamente ácidos (pH menor de 5.0). Los suelos del área de estudio no presentan un completo desarrollo de los diferentes horizontes por lo que se los clasifica como suelos inmaduros, tambien presentan variación en la porosidad y permeabilidad al igual que en la textura (franco-arcillo-arenoso) y estructura. Son suelos con niveles freáticos muy altos lo que hace que los mismos sean de vocación forestal (Contraloría general, 1995).

4.2.3 Usos del Suelo

En el municipio de Mocoa se han asignado las siguientes áreas de usos de suelo: áreas de actividad de conservación, protección y aprovechamiento forestal – crf, el área de estudio se encuentra incluida en las Áreas protectoras de ríos, quebradas y humedales CRF-P, son consideradas de protección absoluta, debido a que la microcuenca es una fuente abastecedora de agua para un acueducto, no obstante pueden ser acondicionadas o empleadas para la recreación, el turismo, la investigación y el empleo sostenible de productos diferentes a la madera con previo visto bueno de la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia.

El área protectora comprende una franja de 30 metros sobre cada margen a ambos lados de cada uno de los siguientes ríos con un total aproximado de 474.8 hectáreas.

- * Río Sangoyaco (31.5 hectáreas)

- * Río Taruca (54.5 hectáreas)
- * Río Mulato (73.7 hectáreas)
- * Río Rumiayaco (59.2 hectáreas)
- * Río Pepino (61.1 hectáreas)
- * Río Afán (46.1 hectáreas)
- * Quebrada Ticuanayoy (148.7 hectáreas).

4.2.4 Zonas agroecológicas.

En la Microcuenca Rumiayaco la intervención antrópica y deterioro en la cobertura vegetal se hacen evidentes con la presencia de pequeños parches que aceleran los procesos de fragmentación del paisaje, según los estudios realizados por Corpoamazonia, 2015 solo el 47 % de la cobertura vegetal se encuentra en su estado natural, el cual corresponde a bosque natural denso, el resto de coberturas ya están con algún grado de intervención antrópica, donde los pastos limpios ocupan el 16%, el bosque abierto un 11%, pastos enmalezados un 9,27% y vegetación secundaria en transición un 5,55%, la existencia de este tipo de coberturas no son un buen indicador para el paisaje puesto que la conectividad del mismo se ve afectada interrumpiendo los corredores biológicos que antiguamente la fauna utilizaba.

El área de estudio presenta las siguientes características

Tabla 3.

Zona agroecológica para la vereda Rumiayaco

Piso	Provincia	Zona	Descripción	Vocación
Térmico				

CALIDO			
Temperatura	HUMEDA Y		Cordilleras escarpadas con
>24°C	SUPERHUMEDA	KV	pendientes mayores al 50%.
			Suelos superficiales, pedregosos
			bien drenados susceptibles a la
Precipitacion anual:			erosión, zonas de bosque
4900-300mm			protector-productor. Arenas aptas
	Altitud de 0 a		para protección silvicultura,
	1000 msnm		prácticas silvopastoriles,
			agrosilvicolas y zoocria.
			Área 26557.87 Has
			zooecia
			protección y bosque
			protector, productor.
			Aptas para la
			silvicultura,
			practicass
			silviculturales,
			agrosilvicolas y

Nota: Fuente. PBOT Mocoa, 2006

4.2.5 Sistema Hídrico.

El Municipio de Mocoa al igual que otros municipios del piedemonte amazónico y que tienen área de influencia sobre el Macizo Colombiano tienen ante todo una gran riqueza hídrica, nacen y corren por su territorio una gran cantidad de ríos y quebradas, caracterizándose como un municipio productor de agua.

El municipio de Mocoa está situado sobre la margen derecha del río Caquetá y el territorio en su gran mayoría pertenece a la cuenca hidrográfica de este río, sin embargo, tiene alguna influencia sobre la cuenca del río Putumayo, ya que algunos ríos y quebradas afluentes de este río nacen en este municipio.

El río Rumiayaco está localizado dentro del piedemonte Andino, nace en la cordillera centro-oriental de los Andes en la cota 3100 con jurisdicción del municipio de Mocoa, tiene un área aproximada de 58,3 Km², dato obtenido de Auto Cad 2010, comprende una extensión de 19.5 km en sentido Este- Oeste, perímetro de 16,5 Km, con pendientes comprendidas entre tres y más del 60%, presenta aguas cristalinas, transporta cantidad de sedimentos debido a sus pendientes. El río Rumiayaco desemboca en la cota 575 siendo tributaria de la subcuenca del río Mocoa y este del río Caqueta componentes de la red hídrica del río Amazonas (Castillo, 2007).

La microcuenca Rumiayaco se abastece de los siguientes ordenes de corrientes: río Rumiayaco de quinto orden; cuatro afluentes de cuarto orden entre los que se destacan los ríos Chontayaco, Lagarto, Cristalina y Bálsamo; 16 quebradas de tercer orden entre las más importantes están el Golondrino y Quiceyaco, 51 riachuelos de segundo orden entre los que se destacan San Isidro, Tambo, Oscuro y Palmiche y 134 arroyos de primer orden como el intermitente Saladillo que solo abastece a la microcuenca en épocas de invierno. La Microcuenca posee un patrón de drenaje de tipo subdendritico, generado por la génesis del suelo y su forma oblonga lo que indica que la microcuenca es de carácter torrencial reflejando la pendiente del cauce principal del 13.86% (Gonzalez & Rojas, 2012).

El caudal de la microcuenca se midió utilizando el método del flotador en las dos temporadas, para la de verano la cual fue tomada en el mes de Diciembre de 2016 arrojó un resultado de $Q = 5,82 \text{ m}^3 / \text{seg}$, y para invierno en el mes de Junio de 2017 un resultado de $6,71 \text{ m}^3 / \text{seg}$, registrando una disminución en comparación al año 2012 donde se tuvo un valor de $Q = 9 \text{ m}^3 / \text{seg}$ según los datos registrados en el plan de ordenamiento de la microcuenca.

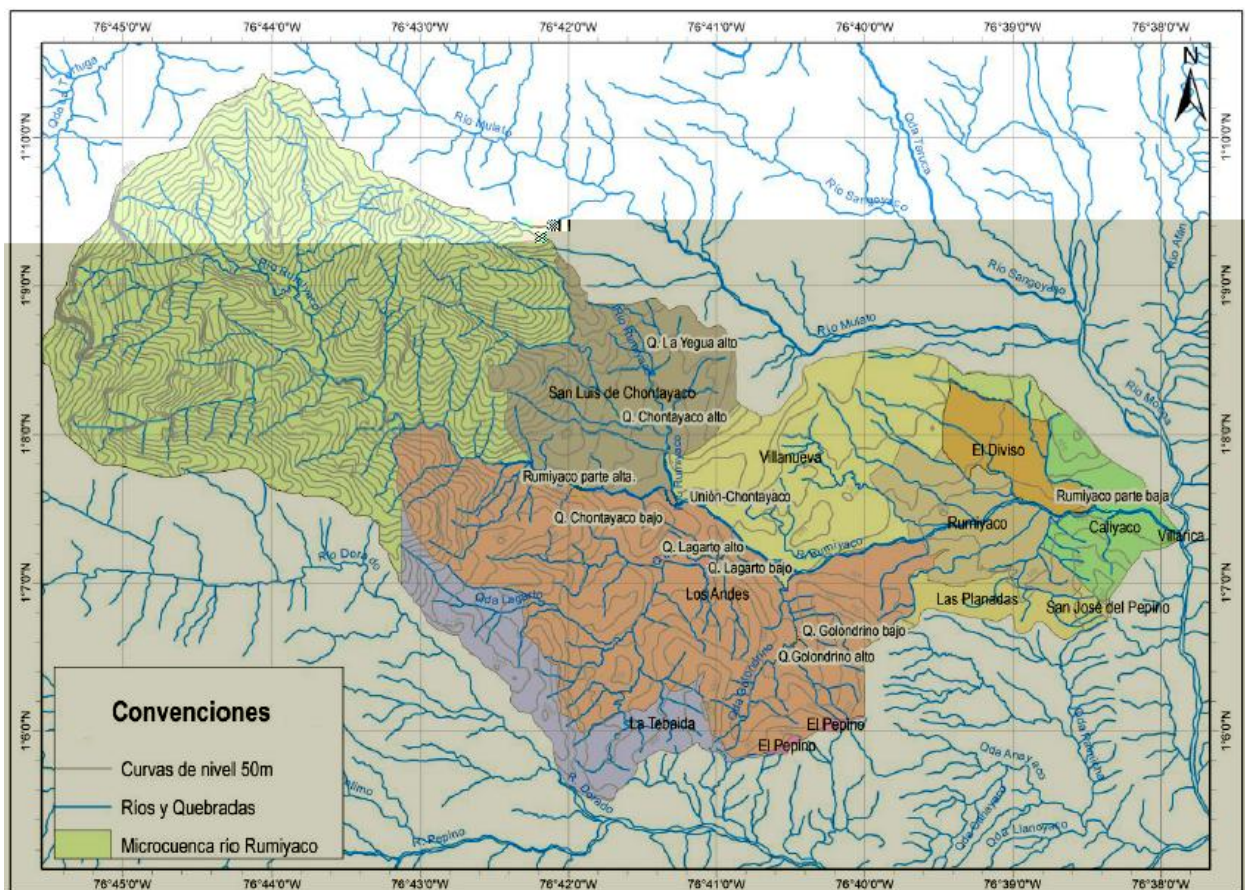


Figura 5. Hidrografía de la microcuenca Rumiayaco. Fuente. Corpoamazonia 2015

4.2.6 Zonas de Vida

Teniendo en cuenta las postulaciones de Holdridge y las condiciones climáticas del área de estudio se clasifica como: Bosque muy Humedo premontano (bmh-Pm), el que se localiza entre los 1000 y 2000 msnm con precipitaciones anuales de 4979 mm y una temperatura promedio de 27°C.

4.2.7 Especies florísticas

De los inventarios realizados por Corpoamazonia en el año 2016 de las coberturas existentes en toda la cuenca, se registró un total de 287 especies distribuidas en 193 géneros y 73 familias. Se definieron 14 especies Introducidas y 273 Nativas así mismo se reconocen cuatro especies invasoras como *Saccharum officinarum*, *Brachiaria decumbens*, *Lantana camara* y *Hedychium coronarium*.

En el área de estudio existen varias especies parasitas que sobreviven en el fuste de los árboles, también se observa la intervención antrópica con la tala discriminada para adecuar las tierras con fines agrícolas y de ganadería, la explotación de madera es otra actividad que en menor proporción afecta la franja del río pero que es notoria y preocupante debido a que no se tiene en cuenta la renovación de las especies taladas.

A continuación se muestran las especies más relevantes encontradas en el área de estudio.

Tabla 4.

Especies florísticas asociadas en el área de estudio.

Familia	Especie	Nombre Comun	Uso	Orig en
ANACARDIA CEAE	<i>Anacardium occidentale</i> L	Marañon	Alimento, Maderable	Nati vo
ANACARDIA CEAE	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Fresno, Cedro Maria	Artesanal	Nati vo
EUPHORBIA CEAE	<i>Croton</i> sp.1	Sangre de drago	Medicinal	Nati vo
FABACEAE	<i>Inga</i> sp.2	Guamo de montaña	Alimento	Nati vo
FABACEAE	<i>Inga acreana</i> Harms	Guamo	Alimento	Nati vo
FABACEAE	<i>Inga edulis</i> Mart	Guamo Churimbo	Alimento	Nati vo
FABACEAE	<i>Parkia multijuga</i> Benth	Guarango	Alimento, Maderable, Leña	Nati vo
ARECACEAE	<i>Bactris gasipaes</i> var <i>gasipaes</i>	Chontaduro	Alimento	Nati vo
ARECACEAE	<i>Aiphanes ulei</i> (Dammer) Burret	Chontilla espinoza	Maderable	Nati vo
ARECACEAE	Aracaceae sp.1	Palma corunta	Protector	Nati vo
ARECACEAE	<i>Geonoma interrupto</i> (Ruiz & Pav.) Mart.	Palmiche	Protector	Nati vo
ARECACEAE	<i>Astrocaryum cuatrecasanum</i> Dugand	Coquillo	Protector	Nati vo
ARECACEAE	<i>Iriartea deltoidea</i> (Ruiz & Pav.)	Bombona o chonta	Maderable, Artesanal	Nati vo
ARECACEAE	<i>Socrotea rostrata</i> Burret	Rallador o Zancona	Construccion	Nati vo
ASTERACEA E	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	Palo negro	Leña	Nati vo
ASTERACEA E	<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav) Pers.		Protector	Nati vo
ASTERACEA E	<i>Emilia sonchifolia</i> (L) DC.		Protector	Nati vo
BEGONIACE AE	<i>Begonia</i> sp.1	Begonia	Ornamental	Nati vo
BIGNONIACE AE	<i>Jacaranda caucana</i> Pittier	Canalete	Posteadura	Nati vo
BORAGONA CEAE	<i>Cordia</i> sp.1		Protector	Nati vo

BORAGONA CEAE	<i>Cordia</i> sp.2	Nogal	Protector	Nati vo
BURSERACE AE	<i>Protium</i> sp.1	Caraño	Leña	Nati vo
BURSERACE AE	<i>Dacryodes peruviana</i> (Loes.) HJ. Lam	Caraño	Medicinal, Alimento animales	Nati vo
CYATHEACE AE	<i>Cyathea los osoro</i> (Mett. Ex Kunth) Domin	Helecho erborecente	Protector	Nati vo
CYCLANTHA CEAE	<i>Carludovica</i>	Palma de Iracá	Artesanal	Nati vo
FABACEAE	<i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke	Achapo	Maderable	Nati vo
FABACEAE	<i>Caliandra pittieri</i> Standl.	Guarango dormilon	Protector	Nati vo
FABACEAE	<i>Zygia longifolia</i> (willd.) Britton & Rose	Chiparo	Protector	Nati vo
FABACEAE	<i>Baohinia variegata</i> L.	Casco de vaca	Protector	Nati vo
LECYTHIDA CEAE	<i>Grias neuberthii</i> J.F Macbr.	Cocoro	Protector	Nati vo
MALVACEAE	<i>Apeiba glabra</i> Aubl.	Peinemono	Maderable	Nati vo
MALVACEAE	<i>Ochroma pyramidale</i> (Lam.) Urb.	Balzo	Protector	Nati vo
MYRISTICAC EAE	<i>Virola sebifera</i> Aubl.	Sangre toro	Protector	Nati vo
URTICACEA E	<i>Pourouma cecropiifolia</i> Mart.	Uva caimarona	Alimento	Nati vo

Fuente: Corpoamazonia, 2015.

4.2.8 Fauna

El área de estudio se ubica en el piedemonte Andino y zona amazónica la cual propicia un ambiente rico y diverso en vegetación que permite el establecimiento de gran variedad de especies faunísticas. En la siguiente tabla se muestran las especies más representativas:

Tabla 5.
Fauna de la microcuenca Rumiayaco

CLASIFICACION	NOMBRE VERNÁCULO	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA
Mamíferos	Piel roja	Sebuella pygmaca	Callitrichidae
	Titi común	Saimiri	Cebidae
	Perezoso	Brandipus variegatus	Bradipodidae
	Armadillo	Dasypus nevemcinctus	Dasypodidae
	Boruga	Agouti paca	Agoutidae
	Tigrillo	Felis	Felidae
Anfibios	Sapo verde	Viridis	Bufo
	Rana común	Rana goliath	Ranidae
	Rana palmeada	Rana palmipes	Ranidae
Reptiles	Boa	Boa constrictor	Boidae
	Charapa	Podocnemia expansa	Pelomedusidae
	Coral	Micrurus filiformis	Elapidae
	Iguana	Iguan iguana	Iguanidae
	Tortuga Común	Testudo Graeca	Quelonidae
	Yacaré negro	Melanosuchos	Niger alligatoridae
Aves	Gavilán	Ictinia plumbea	Falconidae
	Algodonero	Cissopis ceveriana	Thrapidae
	Soledad real	Pharomachurus pavonim	Trogonidae
	Martin pescador	Coryle alcyon	Alcenidae
	Azulejo	Traupis episcopus	Thaupidae
	Palomas	Zenaida auriculata	Colombufidea
	Paujil	Mitu salvini	Cracidae

Tucán	Ramphastus sulfuratus	Romphostidae
Águila	Pizaetus omatus	Accipitridae
Colibrí	Agalocercus Kingi	Trochilidae
Búho	Asio flamneus	Titonidae
Piojosa	Cianolioa pulchra	Corvidae
Muchilero	Psarocolius	Icteridae
Golondrina	Frugivoras thraupis	Trochilidae
Carpintero	Melanerpes	Picidae
Gallinazo	Coragyps altratus	Cathartidae
Panguanas	Criptideus sp.	Tinamidae
Loros	Amazonas sp.	Psittacidae

Fuente: Gonzalez, C. & Rojas, Y. (2012).

A pesar de la riqueza y variedad de especies no se puede descartar la incidencia antrópica en los diversos ecosistemas, los cuales están siendo afectados directamente por actividades de caza y tala de bosque que por su ubicación es apetecida por los pobladores. Como consecuencia de lo anterior en un futuro será notoria la disminución y perdida de algunas especies.

4.3 Evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua de la Microcuenca Rumiayaco

A continuación se presentan los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de los dos puntos de muestreo, los cuales se compararan con los valores máximos aceptables establecidos en la Resolución 2115 de 2007 (características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano, Art 2-7), y con lo dispuesto en el Decreto 1594 de 1984, de igual manera se tendrá en cuenta lo que dicta el Decreto 3930 de 2010 en cuanto usos del agua.

Tabla 6.

Resultados de los Parámetros fisicoquímicos (Oxígeno Disuelto, DBO₅, pH, Nitratos, fosfatos, Desviación de la Temperatura, Turbidez y Sólidos Totales) y microbiológicos (Coliformes fecales), emitidos por el Laboratorio de Análisis Ambiental de la Universidad Mariana de Pasto, Nariño.

PARAMETRO	UNIDADES	METODO UTILIZADO	RESULTADOS	
			P2	P1
Ph	Unidades de pH	SM 4500-H+ B. Ed. 22/2012	8,16	7,79
Turbiedad	NTU	SM 2130 B. Ed. 22/2012	0,55	0,48
DBO5	mgO ₂ /L	SM 5210 B. 4500 O-G Ed. 22/2012	0,8	0,2
Nitratos	mgNO ₃ N/L	SM 4500-NO ₂ -B	0,6	0,08
OD	mgO ₂ /L	SM 4500-O C Ed. 22/2012	8,27	9,56
Fosfatos	mg/L PO ₄ ⁻²	SM 4500-P	0,03	0,01
Sólidos Totales	mg/L	SM 2540 B. Ed. 22/2012	4,04	3,01
Coliformes Fecales		SM 9222 B. Ed. 21/2005	1800	1600
Temperatura del agua	°C		15	15

Fuente: Autor del Proyecto

A continuación se muestra el comparativo de los parámetros que coinciden con los establecidos en la normatividad colombiana y la metodología utilizada- INSF.

Tabla 7.

Comparativo de los resultados de laboratorio con la Resolución 2115 de 2007

Parámetro	Unidades	Resolución 2115 de 2007		RESULTADOS	DIAGNOSTICO
		Valor	Máximo	Acueducto	Aguas arriba

		Aceptable	(P2)	(P1)	
Turbidez	NTU	2	0,55	0,48	CONFORME
pH	Unidades de pH	6,5-9.0	8,16	7,79	CONFORME
Nitratos	mg/L	10	0,6	0,08	CONFORME
Fosfatos	mg/L	0,5	0,03	0,01	CONFORME
Coliformes	UFC/ml	0	1800	1600	NO
Fecales					CONFORME

Fuente: Autor del Proyecto

Como se puede constatar en la Tabla 7. Existen altas Concentraciones de Coliformes Fecales en los dos puntos de muestreo (P1= 1600 , P2= 1800) lo cual restringe el uso del agua para consumo directo ya que la Resolucion 2115 de 2007 estipula que Ninguna muestra de agua para consumo humano debe contener E.coli en 100 cm³ de agua, independientemente del método de análisis utilizado; Para Turbidez, Nitratos y fosfatos los resultados se enmarcan muy por debajo del valor máximo permisible y el potencial de hidrogeno se encuentra dentro del rango.

Como se observa en la siguiente tabla 8, la comparación con todos los parámetros que establece el Decreto 1594 de 1984 se redujo a dos, debido a que las unidades de medida para las muestras de estudio fueron diferentes ya que así lo requiere la metodología a utilizar en esta investigación.

Tabla 8.

Comparativo de los resultados de laboratorio con el Decreto 1594 de 1984

Decreto 1594 de 1984 Art. 39		RESULTADOS		DIAGNOSTICO
Parámetro	Valor Max Aceptable	Acueducto	Aguas arriba	
Nitratos	10	0,6	0,08	CONFORME
Ph	6,5-8.5	8,16	7,79	CONFORME

Fuente: Autor del Proyecto. (2017)

Los dos criterios de calidad mostrados en la tabla 8 cumplen con los valores establecidos en la norma, que permitiría destinar el recurso para consumo humano y domestico utilizando la desinfección para su potabilización, pero solo si no tuviera presencia de Coliformes fecales, lamentablemente las muestras tomadas en el rio Rumiayaco contienen gran concentración de estas.

Resultados de pH.

En cuanto a este parámetro los dos puntos de muestreo registran resultados muy buenos para aguas naturales, aunque se observa que en el P1 el pH (7,79) tiende a ser más neutro que en el P2 (8,16) de igual manera estos resultados habilitan el uso del agua para consumo humano, para riego y para actividades recreativas mediante contacto primario y secundario, así como contribuye para la preservación de la fauna y la flora de la fuente. También se debe tener en cuenta que el rango de pH en el cual pueden interactuar los ecosistemas y sobrevivir las especies que lo conforman, está sumamente restringido, por lo cual si este valor es alterado, los procesos biológicos que normalmente se llevan a cabo pueden ser perturbados y generar consecuencias adversas para los mismos. En las agua naturales los rangos de pH están entre 6.5 y 8.5 unidades, es decir entre neutra y ligeramente alcalina, siendo estos valores los más adecuados para la

actividad biológica de los ecosistemas y los resultados obtenidos se enmarcan dentro de estos valores.

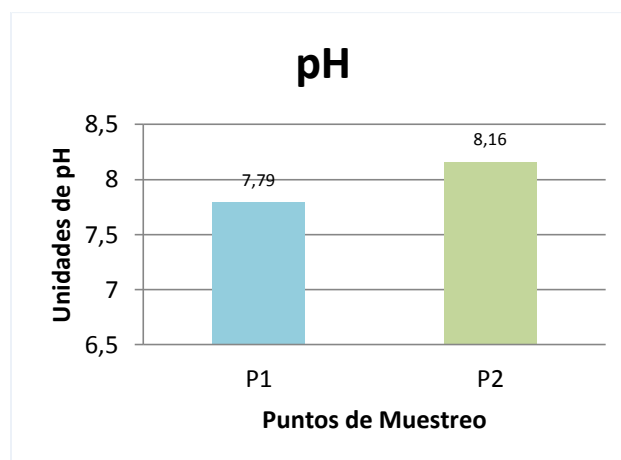


Figura 6. Resultados de pH de los puntos de muestreo recolectados aguas arriba del acueducto (P1) y en el acueducto de la vereda Rumiyoaco (P2). Fuente: Autor del proyecto (2017).

Nota. El rango del eje Y de la gráfica fue establecido teniendo en cuenta el valor máximo permisible según el Decreto 1594 de 1984.

Resultados de Turbidez. El río Rumiyoaco se caracteriza por sus aguas cristalinas y los resultados obtenidos lo comprueban, en los dos puntos de muestreo P1 que se ubica aguas arriba del acueducto se encontró menor turbidez con un valor de 0,48 NTU que en el P2 ubicado en el acueducto donde tenemos 0,55 NTU, sin embargo ambos valores se encuentran por debajo del permisible por la norma (2 NTU). el incremento del valor en el P2 puede ser atribuido a la erosión debido a la eliminación de la vegetación ribereña que facilita la escorrentía de los potreros establecidos en esta zona.

Se debe tener en cuenta que en temporada de fuertes precipitaciones el río Chontayaco presenta una turbidez muy alta que afecta directamente la calidad del agua captada por el acueducto esto debido a que todo el caudal corre por el margen derecho del río Rumiayaco, misma dirección donde se ubica la Bocatoma y con la desventaja de estar a una distancia relativamente corta desde la desembocadura (25m aguas abajo).

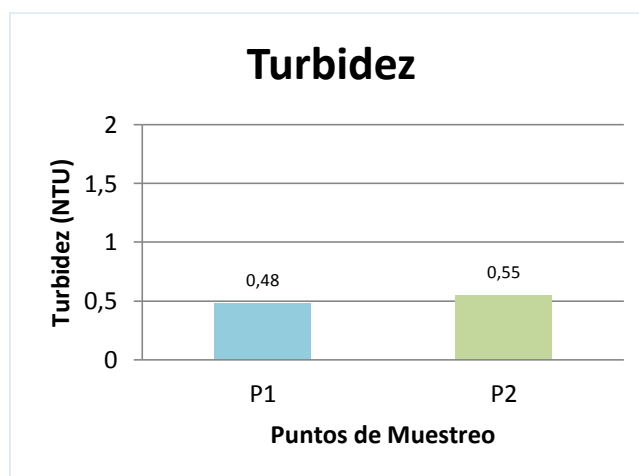


Figura 7. Resultados de Turbidez de los puntos de muestreo recolectados aguas arriba del acueducto P1 y en el acueducto P2 de la vereda Rumiayaco. Fuente: Autor del proyecto (2017).

Resultados DBO₅. Este parámetro Indica la cantidad en miligramos de oxígeno disuelto que utilizan las bacterias para descomponer la materia orgánica presente en un litro de agua, es la medida cuantitativa de la contaminación del agua por materia orgánica.

La DBO₅ proviene principalmente de vertimientos domésticos y de actividades industriales, Un incremento de la DBO₅ conlleva mayor carga bacteriana (patógenos), que produce efectos adversos en la salud de la población por consumo directo del agua o indirecto a través del consumo de alimentos.

Según J. Martínez (2009), las aguas no contaminadas tienen valores de DBO_5 de 2 mg/l o menos, mientras que aquellas que reciben descargas de agua residual pueden tener valores superiores a los 10 mg/l.

Los resultados obtenidos en el P1 (0,2 mgO₂/L) y en el P2 (0,8 mgO₂/L) no superan los 2 mgO₂/L lo que hace que sea apta para consumo humano con previa aplicación de tratamientos convencionales. Sin embargo la calidad del agua mejora en el P1.

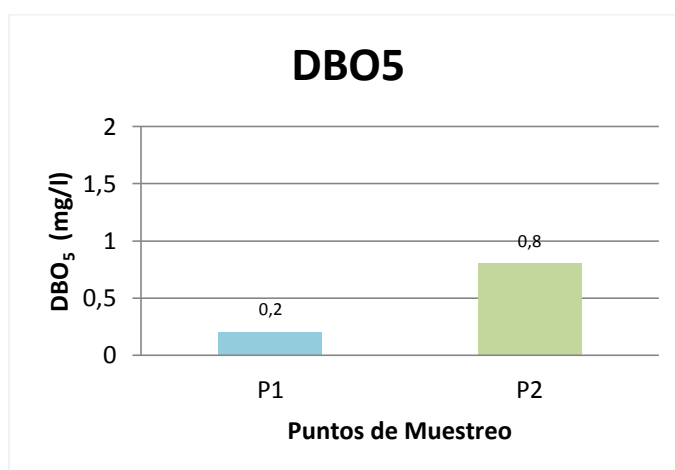


Figura 8. Resultados de la Demanda Biológica de Oxígeno de los puntos de muestreo recolectados aguas arriba del acueducto P1 y en el acueducto P2 de la vereda Rumiyaco. Fuente: Autor del proyecto (2017).

Nota. Se debe considerar que los valores del Punto de muestreo No 2 son un poco más altos debido que el acueducto se ubica aguas abajo de la desembocadura del río Chontayaco el cual está siendo contaminado por vertimiento de aguas residual de los hogares que habitan a la orilla de este río.

Resultados de Nitratos. Los nitratos son compuestos presentes en la naturaleza que forman parte del ciclo del nitrógeno. La concentración de nitrato en aguas superficiales suele ser baja, pero puede llegar a ser alta por filtración o escorrentía de tierras agrícolas o debido a la contaminación por residuos humanos o animales como consecuencia de la oxidación del amoníaco y fuentes similares.

En áreas rurales el uso de fertilizantes inorgánicos puede ser una fuente significativa de contaminación así como la acumulación de excretas humanas y animales pueden contribuir a elevar la concentración de nitratos en agua. Generalmente, los nitratos son solubles, por lo que son movilizadas con facilidad de los sedimentos por las aguas superficiales. Aunque la toxicidad relativa de los nitratos es bien conocida, es difícil establecer cuál es el nivel de una dosis nociva generalmente en las aguas naturales no se presentan niveles mayores de 1 mg/L.

Los niveles encontrados en nuestro estudio son relativamente bajos (P1= 0,08 mg/l NO₃; P2= 0,6 mg/l NO₃) y están muy por debajo del valor máximo aceptable establecido en la norma (10 mg/l), indicando que el agua cuenta con buena solubilidad y dilución, al igual que estos valores son seguros para la vida acuática en la microcuenca Rumiayaco.

Cuando existe presencia de nitratos pero los niveles son ≤ 1 mg/l puede deberse a la descomposición de materia orgánica vegetal proveniente de la vegetación leñosa ripiara como es el caso del P1, ya que en esta zona no se observa intervención antrópica en cuanto a establecimiento de cultivos agrícolas, ganadería o asentamiento de viviendas aguas arriba; posiblemente el aumento del valor en el P2 pueda ser consecuencia del escurrimiento de aguas contaminadas con fertilizantes proveniente de las pequeñas áreas agrícolas establecidas en la

parte alta del río Chontayaco, como también a la presencia de ganado en la parte media del mismo río.

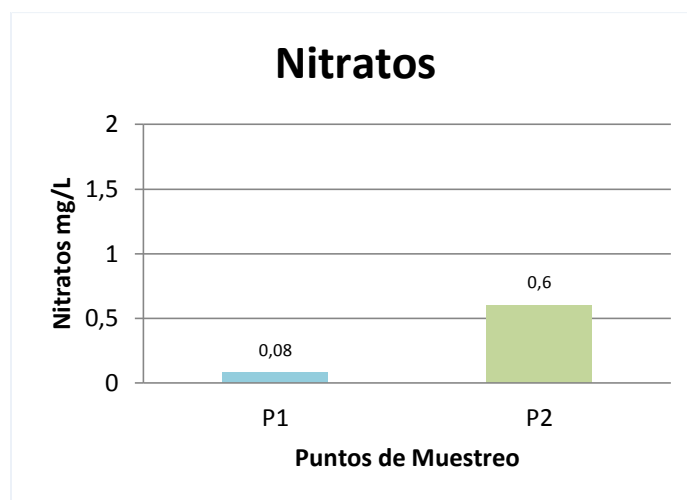


Figura 9. Resultados de Nitratos en los puntos de muestreo recolectados aguas arriba del acueducto P1 y en el acueducto P2 de la vereda Rumiyo. Fuente: Autor del proyecto (2017).

Resultado de Oxígeno Disuelto. Su presencia es esencial en el agua; proviene principalmente del aire, niveles bajos o ausencia de oxígeno en el agua puede indicar contaminación elevada, condiciones sépticas de materia orgánica o una actividad bacteriana intensa; por ello se le puede considerar como un indicador de contaminación. La presencia de oxígeno depende de las condiciones ambientales, ya que su cantidad aumenta al disminuir la temperatura o aumentar la presión.

Para el río Rumiyo tenemos en el P1 el valor de oxígeno disuelto es de 9,56 mgO₂/l y en el P2 un valor de 8,27 los cuales está por encima de los 4,0 mg/l que establece el RAS 2000 en su título C, cumpliendo con las condiciones para una fuente de agua aceptable (equivale al menor grado de polución de la corriente). Esto también nos indica que hay una buena calidad del agua para la vida acuática, siendo el oxígeno un requisito nutricional esencial para la mayoría de los

organismos. Por otro lado, la cantidad de Oxígeno disuelto en un cuerpo de agua está relacionada con su capacidad de autodepuración.

En el P1 es notorio el aumento del valor de oxígeno disuelto y un factor que puede influir es la turbulencia ya que en este terreno la pendiente es mayor que en el P2 para el cual se evidencia corrientes más tranquilas.

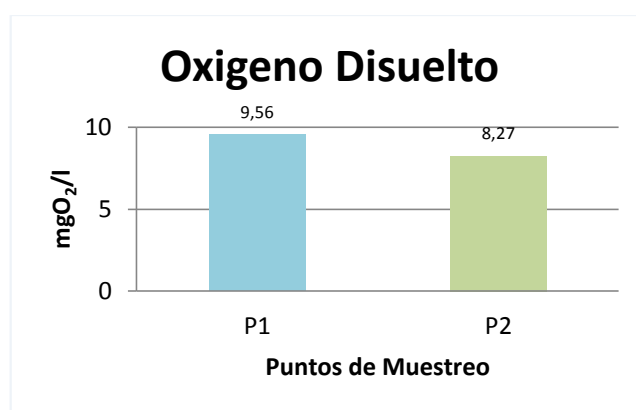


Figura 10. Resultados de Oxígeno Disuelto en los puntos de muestreo recolectados aguas arriba del acueducto P1 y en el acueducto P2 de la vereda Rumiyaço. Fuente: Autor del proyecto (2017).

Resultados fosfatos. Es común encontrar fosfatos en el agua. Son nutrientes de la vida acuática y limitante del crecimiento de las plantas. Sin embargo, su presencia está asociada con la eutrofización de las aguas. La fuente principal de los fosfatos orgánicos son los procesos biológicos, Estos pueden generarse por los organismos acuáticos de la fuente hídrica.

Los valores de fosfatos en general se presentaron muy bajos en los dos puntos de muestreo (P1= 0,01; P2=0,03) dando cumplimiento con el valor máximo aceptable por la norma (0,5 mg/l), esto nos indica que el río Rumiyaço no está recibiendo vertimientos de aguas que contengan como residuo detergentes, sin embargo es notoria que la calidad del agua en el P1 mejora.

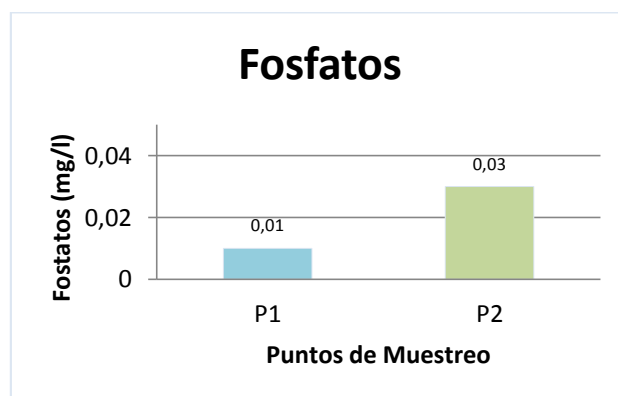


Figura 11. Resultados de concentración de Fosfatos en los puntos de muestreo recolectados aguas arriba del acueducto P1 y en el acueducto P2 de la vereda Rumiyaço. Fuente: Autor del proyecto (2017).

Resultados Sólidos Totales. Los sólidos totales es la suma de los sólidos disueltos y en suspensión que la muestra de agua pueda contener. Se puede decir que las aguas naturales son un conjunto de agua con sólidos disueltos y suspendidos.

El incremento de los sólidos disueltos y en suspensión se genera principalmente por las sales inorgánicas solubles presentes en el agua y el aumento de material orgánico (algas, microorganismos) e inorgánico (arcillas, silicatos). Como podemos observar para el río Rumiyaço los valores obtenidos (P1=3,01 mg/l; P2=4,04mg/l) son relativamente bajos y al conocer que este parámetro guarda una estrecha relación con la turbidez podemos decir que la concentración de sólidos suspendidos es mínima ya que la turbidez es baja.

La presencia de sólidos totales en agua para consumo no está asociada directamente con efectos nocivos en la salud humana pero si suele ser desagradable para quien la consume.

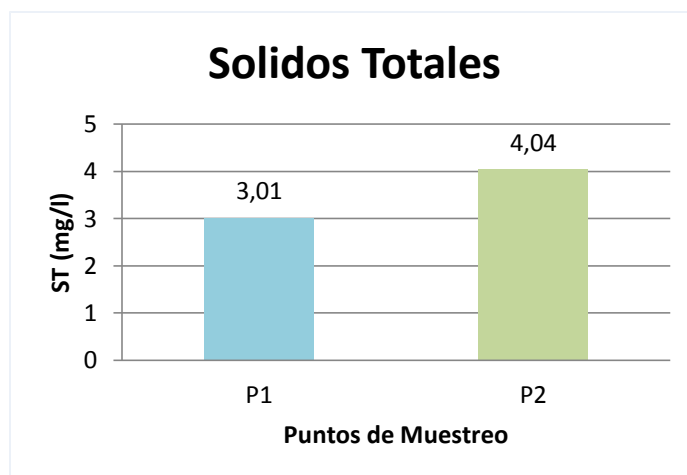


Figura 12. Resultados de concentración de Solidos Totales en los puntos de muestreo recolectados aguas arriba del acueducto P1 y en el acueducto P2 de la vereda Rumiyaco. Fuente: Autor del proyecto (2017).

Resultados Coliformes fecales. La presencia de Coliformes en el suministro de agua es un indicio de que el agua puede estar contaminado con aguas residuales domesticas u otro tipo de desechos en descomposición. Los organismos patógenos están dentro del grupo de los coliformes, pero no todos los Coliformes son patógenos, por lo que la presencia de estos en una muestra de agua no necesariamente indica la presencia de organismos causantes de enfermedad, sin embargo, para considerar un agua segura para beber o para actividades en las cuales el hombre tiene contacto directo, debe estar libre de organismos Coliformes.

En los resultados de las muestras, los dos puntos registran altos contenidos de Coliformes fecales, aunque en el P1= 1600 (UFC/100) se tenemos concentraciones inferiores que en el P2=1800(UFC/100ml), pero la sola presencia de estos microorganismos en el agua nos indican que existe contaminación de origen fecal y hacen necesario un estricto control de la calidad microbiológica del agua.

En el P2 el aumento de Coliformes fecales en el agua representa un aumento en la probabilidad de que esta contenga algún microorganismo patógeno y puede deberse a que el río Chontayaco está fuertemente influenciado por la presencia de ganado y pequeñas descargas difusas de aguas residuales domésticas, y la presencia de estos microorganismos en el P1 puede deberse a excretas de animales ya que en esta zona no hay presencia de viviendas ni actividades ganaderas.

En general los dos puntos analizados exceden los valores permitidos en el decreto 1594/84 que reglamenta el uso del agua, y por lo tanto para consumo directo se restringe su uso.

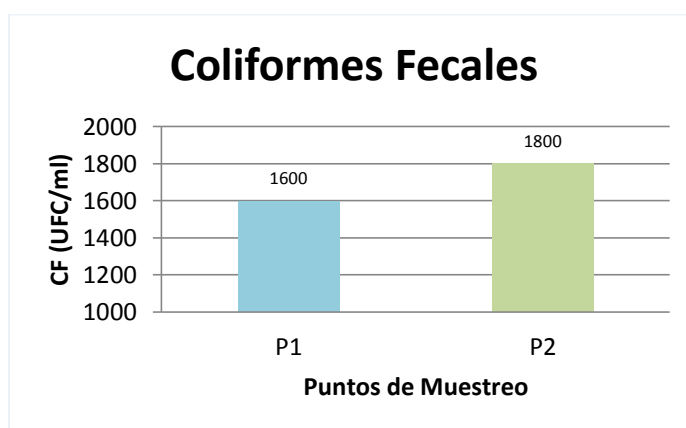


Figura 13. Resultados de concentración de Coliformes Fecales en los puntos de muestreo recolectados aguas arriba del acueducto P1 y en el acueducto P2 de la vereda Rumiyaco. Fuente: Autor del proyecto (2017).

Resultados Temperatura del agua. La temperatura es un parámetro físico de suma importancia para los ecosistemas hidráulicos, aunque no es parte de las características de calidad del agua potable por tal razón no existe un valor máximo o mínimo establecido en las normas que rigen la calidad del agua.

La temperatura fue el único parámetro medido in-situ en los puntos de muestreo, y se realizó en horas de la mañana 5:00am y 10:00 am, obteniendo una temperatura de 14 y 16°C respectivamente siendo igual en ambos puntos como se muestra a continuación,

Tabla 9.

Temperaturas tomadas en distintas horas del día en los dos puntos de muestreo.

Hora	Puntos de Muestreo	Temperatura °C
5:00 am	P1	14
	P2	14
10:00 am	P1	16
	P2	16

Como se puede observar las variaciones se presentan por las diferencia de hora en que se midió la temperatura, mas no por la ubicación del punto de muestreo y esto se debe a la presencia de radiación solar. La temperatura promedio para los dos puntos de muestreo es de 15°C.

Cuando la temperatura aumenta, disminuye la concentración de oxígeno disuelto y esto se debe a que la tasa de respiración de los organismos aumenta como también lo hace el consumo de oxígeno lo que puede ocasionar la muerte de especies acuáticas, especialmente peces. En este caso el aumento de temperatura que se presenta no es significativo y el rango esta sobre los óptimos para el desarrollo de los organismos acuáticos.

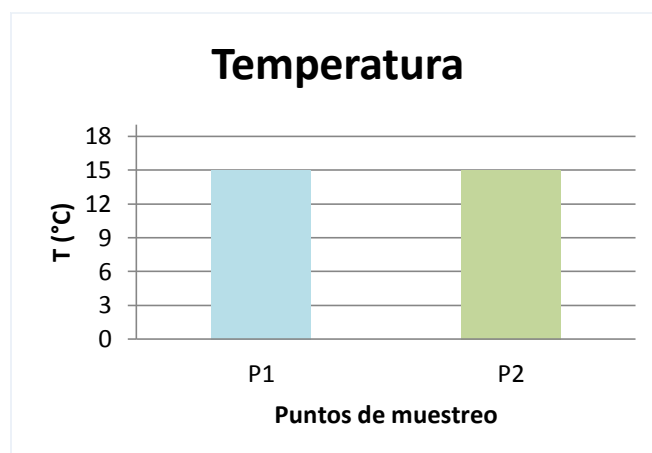


Figura 14. Resultados de Temperatura en los puntos de muestreo recolectados aguas arriba del acueducto P1 y en el acueducto P2 de la vereda Rumiyaço. Fuente: Autor del proyecto (2017).

[4.4 Índice de calidad del agua de la fundación Nacional de Saneamiento INSF, para determinar la calidad del agua de la microcuenca Rumiyaço.](#)

Para el análisis e interpretación de los resultados obtenidos con la aplicación del INSF, procedemos a ilustrar los datos obtenidos en las siguientes tablas y gráficas.

Tabla 10.

Hoja de cálculo de los subíndices utilizados para determinar la calidad del agua de la microcuenca Rumiyaço en el P1 (Aguas arriba del acueducto).

PARAMETRO	UNIDADES	RESULTADO P1	Valor Qi	Factor de Ponderación	SubTotal
pH	Unidades de pH	7,79	86,05	0,11	9,4655
Turbiedad	NTU	0,48	97,99	0,08	7,8392
DBO5	mgO2/L	0,2	97,24	0,1	9,724
Nitratos	mgNO3N/L	0,08	98,62	0,1	9,862
OD	mgO2/L	9,56	96,21	0,17	16,3557

Fosfatos	mg/L PO ₄ ⁻²	0,01	98,4	0,1	9,84
Solidos Totales	mg/L	3,01	79,48	0,08	6,3584
Coliformes	UFC	1600	16	0,16	2,56
Fecales					
Temperatura del agua	°C	21,24	78,75	0,1	7,875
$\Sigma(Q_i * w_i)$					79,8798
i=0					

Fuente. Autor del Proyecto (2017).

Nota. La estructura del subíndice involucra los cambios de temperatura, con respecto a la temperatura de equilibrio que se determina ajustando por la altura sobre el nivel del mar y la temperatura ambiente del área de estudio. Para el oxígeno disuelto primero se tuvo en cuenta el % de saturación del OD en el agua y se identificó el valor de saturación según la temperatura del agua.

Teniendo en cuenta el valor encontrado para Q_i se determinó la calidad del agua para cada parámetro teniendo en cuenta la escala de color establecida por la NSF.

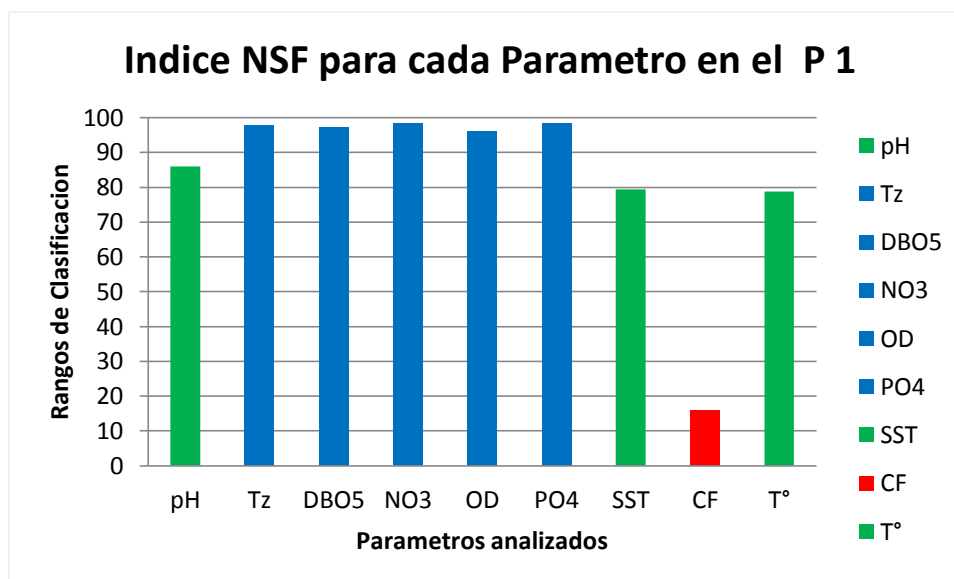


Figura 15. Calidad de cada parámetro muestreado agua arriba del acueducto (P1)

Según los resultados obtenidos en el laboratorio y los cálculos realizados con los subíndices en este punto de muestreo (P1) la turbidez, DBO₅, nitratos, Oxígeno disuelto y fosfatos representan una calidad Excelente ya que los valores de Q_i están comprendidos entre 91-100 unidades, seguidos con una calidad Buena el pH, sólidos totales y la temperatura cuyos valores están enmarcados entre 71-90 unidades; por último tenemos que el único parámetro con una calidad Muy mala son los Coliformes fecales ya que están presentes en altas concentraciones.

A continuación se mostrará la clasificación general de la calidad del agua en el Punto de muestreo No 1.

Tabla 11.

Resultados generales de la aplicación del INSF en el P1

CLASIFICACION DE LA CALIDAD DEL AGUA	
Numero de parámetros	9
Valor del índice	79,87
Clasificación	Buena
Rango	71-90
Escala de color	Verde

Tabla 12.

Hoja de cálculo de los subíndices utilizados para determinar la calidad del agua de la microcuenca Rumiyaco en el P2 (en el acueducto).

PARAMETRO	UNIDADES	RESULTADO P2	Valor Q	Factor de Ponderación	SubTotal
PH	Unidades de Ph	8,16	79,24	0,11	8,7164
Turbiedad	NTU	0,55	97,84	0,08	7,8272
DBO5	mgO2/L	0,8	91,96	0,1	9,196
Nitratos	mgNO3N/L	0,6	96,12	0,1	9,612
OD	mgO2/L	8,27	91,23	0,17	15,5091
Fosfatos	mg/L PO ₄ ⁻²	0,03	97,23	0,1	9,723
Solidos Totales	mg/L	4,04	79,64	0,08	6,3712
Coliformes	UFC	1800	17	0,16	2,72
Fecales					

Temperatura	°C	21,24	78,75	0,1	7,875
del agua					
$\Sigma(Q_i \cdot w_i)$				77,5499	
i=0					

A continuación se muestra en la Figura 13 el valor del subíndice para cada parámetro teniendo en cuenta la escala de color establecida por la NSF.

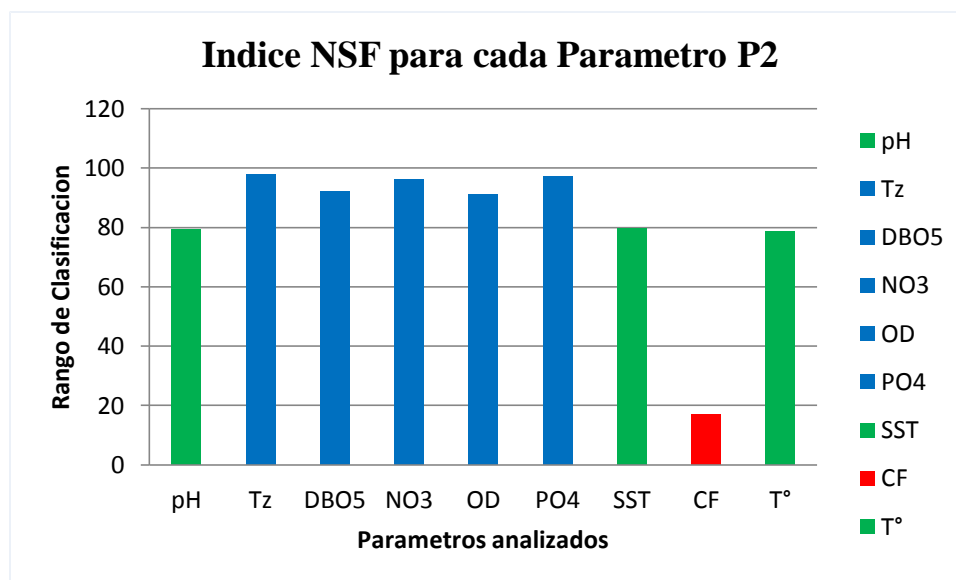


Figura 16. Calidad de cada parámetro muestreado en el acueducto (P2)

Como se puede observar los parámetros con una calidad Excelente son los mismos que se clasificaron de igual manera en el P1 (turbidez, DBO₅, NO₃, OD y PO₄) y lo mismo para el pH, sólidos totales y la temperatura cuyos valores los clasifican con una calidad Buena. También se encontró los Coliformes fecales con una Muy mala calidad pero con la diferencia que en este punto la concentración aumenta 200 unidades con respecto a la del P1.

A continuación se muestra la clasificación general de la calidad del agua en el Punto de muestreo No 2.

Tabla 13.

Resultados generales de la aplicación del INSF en el P2

CLASIFICACION DE LA CALIDAD DEL AGUA	
Numero de parámetros	9
Valor del índice	77,54
Clasificación	Buena
Rango	71-90
Escala de color	Verde

Al analizar el ICA obtenemos que la calidad en general del río Rumiayaco en Buena, pero se presenta una mejor calidad aguas arriba del acueducto (P1) ($Q_i= 79,87$), ya que mejora en un 2,33% en comparación con el agua de la muestra tomada en el acueducto ($Q_i= 77,54$), esto se puede atribuir al escurrimiento de aguas provenientes de potreros establecidos en el margen del río Chontayaco como a pequeños vertimientos de agua residual doméstica. Como se observa en la Figura 17.

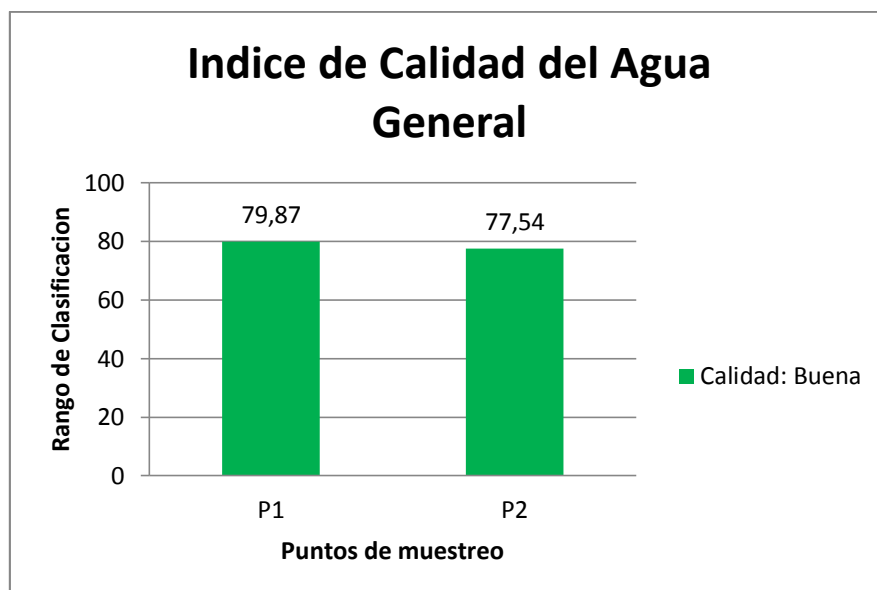


Figura 17. Índice de Calidad del Agua INSF General para los dos puntos de muestreo en la microcuenca Rumiayaco. Fuente. Autor del proyecto (2017)

Para conocer el comportamiento de la calidad el agua de la microcuenca Rumiayaco se tuvieron en cuenta los análisis realizados en esta investigación (2017) como también los realizados por la corporación para el desarrollo sostenible del sur de la amazonia en los años 2013 y 2015.

Para el años 2013 las muestras de agua fueron tomadas aguas abajo del acueducto, en el año 2015 en el acueducto al igual que en el P2 de esta investigación.

A continuación se ilustra el comportamiento histórico de 7 parámetros (pH, turbidez, Coliformes Fecales, T°, DBO5, NO3 y solidos totales) en tres años diferentes.

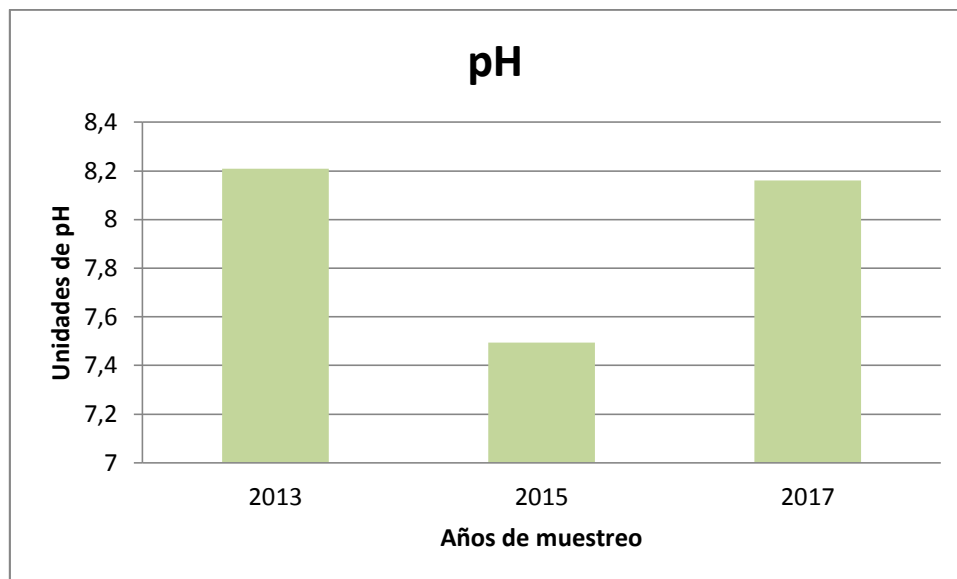


Figura 18. Comportamiento del Potencial de hidrogeno en el año 2013, 2015 y 2017. Fuente. Autor del proyecto (2017)

El pH en los tres años mantuvo sus niveles dentro de los establecidos en la normatividad (6,5-8,5) para consumo humano y también se conservan dentro del rango admisible para aguas naturales y para la vida acuática, en general presenta una tendencia alcalina.

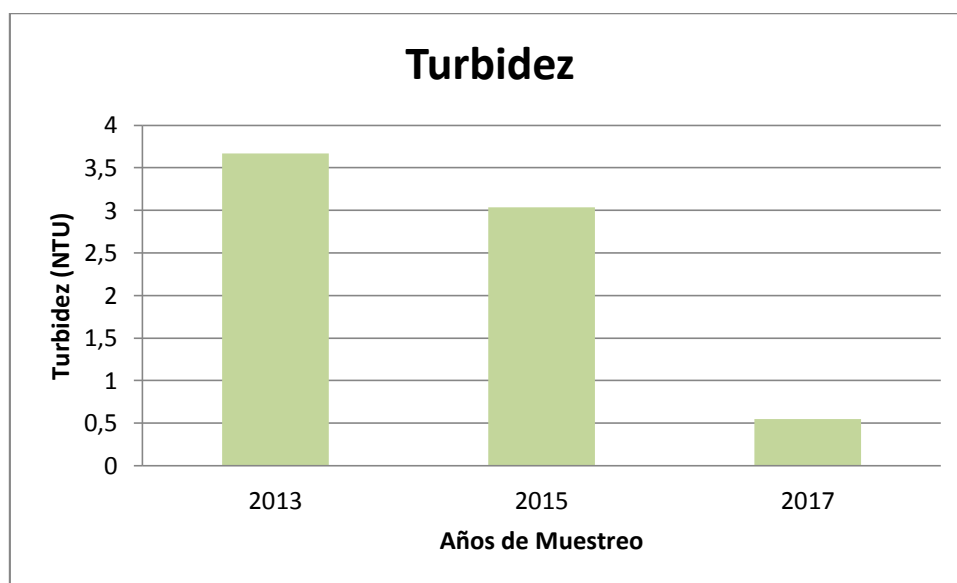


Figura 19. Comportamiento de laturbidez en el año 2013, 2015 y 2017. Fuente. Autor del proyecto (2017)

En cuanto a la turbidez se observan valores muy altos en los años 2013 y 2015, lo cual se debe a la época de muestreo, en 2013 las muestras fueron tomadas en el mes de octubre donde se presento alta pluviosidad, en 2015 se tomaron en el mes de Diciembre (baja pluviosidad) y para 2017 las muestras fueron recolectadas en el mes de Febrero donde también hubo baja pluviosidad. Los resultados pueden variar según la intensidad y duración de las precipitaciones.

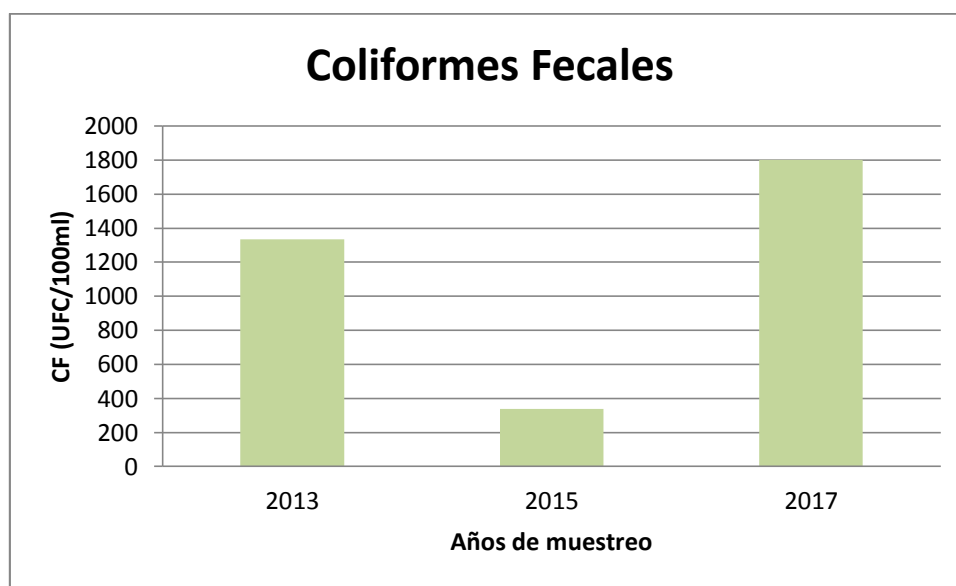


Figura 20. Comportamiento de los Coliformes fecales en el año 2013, 2015 y 2017. Fuente. Autor del proyecto (2017)

Según los datos obtenidos la concentración de Coliformes fecales para el año 2017 aumento notoriamente, situación que puede estar asociada al aumento de vertimientos de agua residual domestica provenientes de la vereda San Luis de chontayaco, como también a la intensificación de la ganadería en la parte alta del Rio chontayaco.

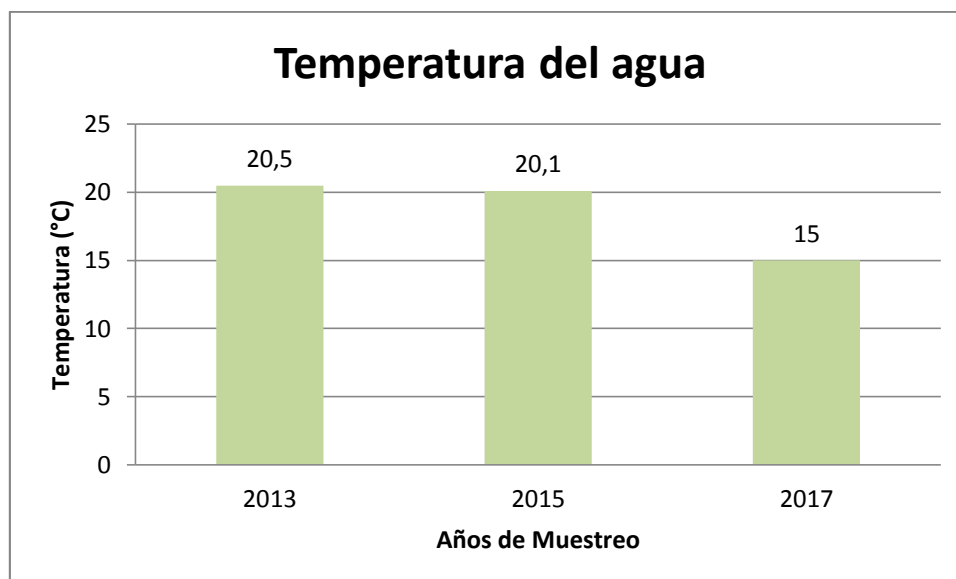


Figura 21. Comportamiento de la temperatura del agua en el año 2013, 2015 y 2017. Fuente. Autor del proyecto (2017).

El comportamiento de la temperatura es consecuencia de la altura sobre el nivel del mar, la época de muestreo, y está asociada a los factores ambientales de la zona, la disminución que se presenta en el año 2017 se atribuye a la hora de su medición, ya que se llevó a cabo en la mañana, donde hay baja radiación solar. En general la temperatura no representa grandes variaciones con el pasar del tiempo.

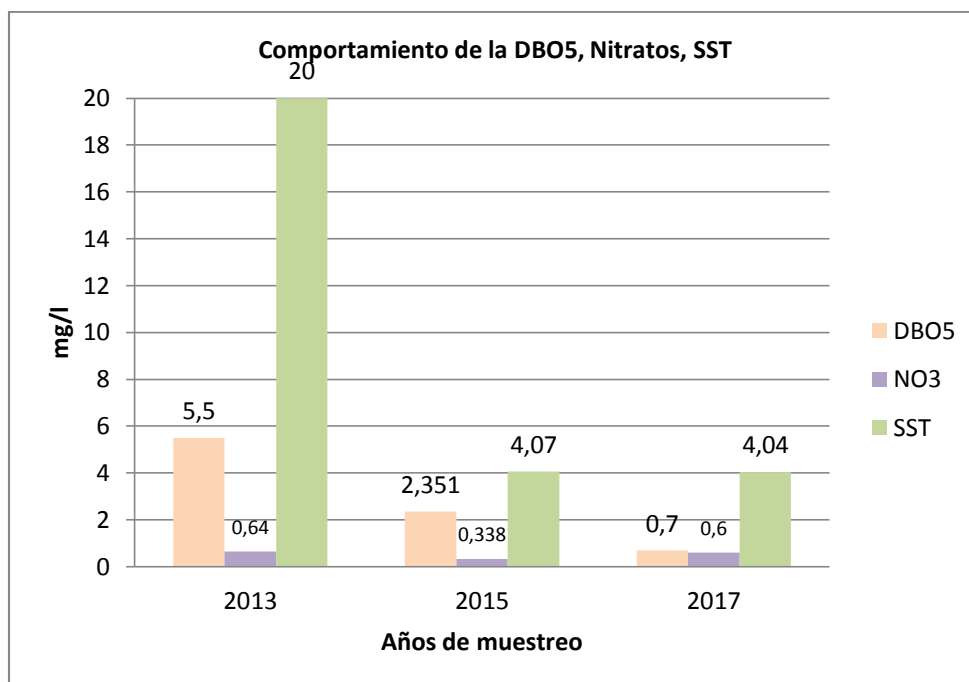


Figura 22. Comportamiento de la DBO5,NO3 y solido totales en el año 2013, 2015 y 2017. Fuente. Autor del proyecto (2017)

Como se puede observar en la Figura 21. Los tres parámetros analizados presentan un comportamiento descendente en las concentraciones desde el año 2013 hasta el 2017.

En el año 2013 se presenta alto contenido de solidos totales lo cual es atribuido a la época de alta pluviosidad en que fue tomada la muestra.

En general la calidad del agua mejoro hasta la fecha en cuanto a DBO5,NO3 y solido totales.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos con la aplicación del índice de calidad del agua de la Fundación Nacional de Saneamiento (INSF), se logró determinar que la calidad del agua de río Rumiayaco es Buena desde el punto de captación actual, pero sin embargo la calidad mejora en pequeña proporción en el punto provisto para la reubicación de la bocatoma. Sin embargo la presencia de Coliformes fecales debe ser reducida mediante la aplicación de un método de desinfección eficaz, porque aunque no se hayan presentado casos de enfermedades asociadas al consumo de agua, representa un riesgo inminente para la salud de la población.

Capítulo 5. Conclusiones

El 100% de la comunidad de la vereda Rumiyaco se abastece de agua cruda, la cual presenta un alto contenido de Coliformes fecales lo cual no garantiza que beber el agua causará una enfermedad pero si representa riesgo para la salud, su presencia indica que existe una vía de contaminación de la fuente y lo podemos asociar a las actividades domésticas, agrícolas y ganaderas de la vereda San Luis de Chontayaco donde no cuentan con servicio de alcantarillado y los pozos sépticos estan mal diseñados y adecuados .

Al evaluar la calidad del agua de la microcuenca Rumiyaco por medio del índice de la Fundación Nacional de Saneamiento, se pudo concluir, que en general se presenta buena calidad del agua, donde los parámetros fisicoquímicos se encuentran en condiciones óptimas para la preservación de flora y fauna, pero no presenta condiciones seguras para el consumo humano debido a la presencia de Coliformes fecales.

Teniendo en cuenta el análisis comparativo entre los años 2013, 2015 y 2017 para solidos totales, NO₃ y PO₄ y los resultados para oxígeno disuelto pudimos observar que la cuenca posee una buena capacidad de autodepuración, unas de las características que respaldan esta afirmación son su caudal (6cm³/s), la pendiente que lo hace más caudaloso y por ende habrá mayor agitación que permite el intercambio de oxigeno con la atmosfera creando un sistema acuático oxigenado.

Según el análisis de cada parámetro encontramos que las actividades humanas interfieren en la calidad de agua de forma negativa, y el grado de contaminación de sus aguas se refleja en el inadecuado manejo y tratamiento de los desechos humanos y de animales.

Los resultados de esta investigación servirán para la toma de decisiones de la junta de acción comunal de la vereda Rumiayaco, ya que en este se prueba que las aguas del río chontayaco están afectando las concentraciones de materia orgánica y Coliformes fecales del agua que capta actualmente el acueducto.

Capítulo 6. Recomendaciones

Es indispensable capacitar a la comunidad de la importancia de la Microcuenca Rumiayaco como fuente abastecedora, ya que de la conservación de este recurso depende la disponibilidad de los servicios ambientales que esta ofrece a mediano y largo plazo.

La presencia de Coliformes fecales en ambos puntos de muestreo indica la necesidad de implementar un método de desinfección efectivo que permita su eliminación y pueda ofrecer a la comunidad un agua segura para su consumo.

Se recomienda establecer un monitoreo continuo a esta fuente de abastecimiento, de tal manera que se pueda conocer su comportamiento, tendencia de uso y contaminación. Y así mejorar la toma de decisiones en cuanto a su conservación y manejo.

Referencias Bibliográficas y electrónicas

Agencia catalana del agua. (2003). Índices de Calidad. Disponible en

<http://www.pnuma.org/agua->

[miaac/CODIA%20CALIDAD%20DE%20LAS%20AGUAS/MATERIAL%20ADICIONAL/PONENCIAS/PONENTES/Tema%203%20GRH%20Uruguay%20A%20Guarani/INDICES%20DE%20CALIDAD%20DEL%20AGUA%20SUPERFICIAL.pdf](http://www.pnuma.org/agua-miaac/CODIA%20CALIDAD%20DE%20LAS%20AGUAS/MATERIAL%20ADICIONAL/PONENCIAS/PONENTES/Tema%203%20GRH%20Uruguay%20A%20Guarani/INDICES%20DE%20CALIDAD%20DEL%20AGUA%20SUPERFICIAL.pdf)

Behar, R., Zuñiga, M and Rojas, O. (2007). ANÁLISIS Y VALORACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA) DE LA NSF: CASOS RÍOS CALI Y MELÉNDEZ.

Ingeniería y Competitividad, vol. 1, pp. 17-27, 1

Canter, L.W., (1996), Environmental Impact Assessment, McGraw-Hill Series in Water Resources and Environmental Engineering, ISBN 0-07-009767-4, p.122–133

Castillo, M. (2007). Propuesta preliminar de ordenamiento territorial de la microcuenca del río Rumiyaco en el municipio de Mocoa, departamento del Putumayo.

Copoamazonia. (2016). Proyecto “Ejecución de estrategias ambientales participativas para el mejoramiento de la conectividad ecológica del paisaje, como un aporte a la ordenación territorial la microcuenca del río Rumiyaco”.

Fernández, N. & Solano, F.(2005). ÍNDICES DE CALIDAD Y DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA. Universidad de Pamplona. Disponible en

http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portaIIG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo3.pdf

- Gonzalez, C. & Rojas, Y. (2012). DETERMINACION DE LOS PARAMETROS FISICO-QUIMICOS Y BACTERIOLOGICOS DEL AGUA DEL RIO RUMIYACO SECTOR TURISTICO CALIYACO MUNICIPIO DE MOCOA, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO. Instituto Tecnológico del Putumayo.
- Horton, R. (1965). AN INDEX NUMBER SYSTEM FOR RATING WATER QUALITY. *Journal of Water Pollution Control Federation*, vol. 37
- IDEAM.(2000) Estudio Nacional de Aguas. Disponible en [http:// www.ideam.gov.co](http://www.ideam.gov.co)
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGA, Centro Interamericano de Fotointerpretación CIAF, Ministerio de Defensa de Colombia, Gobierno de los Países Bajos, (1979). Proyecto Radargramétrico del Amazonas PRORADAM. “La Amazonia Colombiana y sus Recursos”. 590 p.
- J. Martinez (2009). Estudio de la calidad de las aguas superficiales del rio San Pedro. *Investigacion y ciencia*.vol.17.pag. 33.
- Jimenez, M. & Velez, M., (2007). Analisis comparativo de indicadores de la calidad del agua superficial. *Revista Avances en recursos hidráulicos*, vol. 14, pp. 53-69.
- Kiely, G. (1999). INGENIERÍA AMBIENTAL: HISTORIA DEL ENTORNO AGUA, AIRE Y RESIDUOS SÓLIDOS. McGraw-Hill Interamericana de España.
- Leon, F. (1992). Indices de calidad del agua (ICA), forma de estimarlos y aplicacion en la Cuenca Lerma- Chapala. *Memorias del VII congreso Nacional de Ingenieria Sanitaria y Ambiental*. Cocoyoc, Morelia, pp. 20-26.
- Liebman H.(1969). ATLAS OF WATER QUALITY: METHODS AND PRACTICAL CONDITIONS. R. Oldenbough, Munich.

Lumb, A., Halliwell, D. & Sharma, T.(2006).Application of ccme Water Quality Index to Monitor Water Quality: A Case Study of the Mackenzie River Basin, Canada, Environmental Monitoring and Assessment, vol. 113, n.º 1-3, pp. 411-429.

Metcalf & Eddy. ingeniería de aguas residuales, volumen 1, tratamiento vertido y reutilización.mc graw hill 1998. tabla 3-16 p. 505

Normatividad ambiental. Pág. 3 disponible en : <http://www.lenntech.es/turbidez.htm32yM3B0Oj>

NSF - National Sanitation Fundation.(2006). CONSUMER INFORMATION: WATER

QUALITY INDEX (WQI).Disponible en: www.nsf.org/consumer/just_for_kids/wqi.asp

Organización Mundial de la Salud (2006). GUÍAS PARA LA CALIDAD DEL AGUA

POTABLE: PRIMER APÉNDICE A LA TERCERA EDICIÓN VOLUMEN 1. Ginebra: ediciones OMS.

PNUMA y otros, (2007). Gestión Integrada del Recurso Hídrico en Colombia. Propuesta de Hoja de Ruta, Colombia. Obtenida de:

<http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/iwrm.shtml>

Resolucion N° 2115. Ministerio de la Protección Social Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Bogota, Colombia, 22 de Junio de 2007

Rodriguez, M. (s.f.). GESTIÓN AMBIENTAL EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE:

EVOLUCIÓN, TENDENCIAS Y PRINCIPALES PRÁCTICAS. Disponible en

<http://www.manuelrodriguezbecerra.org/gestiona.htm>

Rojas (1991).Índices de calidad del agua en fuentes de captación. Memorias del seminario internacional sobre calidad del agua para consumo humano. ACODAL- seccional Valle del Cauca-Cali-Colombia.

Hospital José María Hernández (2012). Saneamiento Ambiental

Sabogal, L. (2000). EL RIESGO SANITARIO Y LA EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO EN LA SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA LA POTABILIZACIÓN DEL AGUA. Cali: Universidad del Valle.

Simboni, N., Carvajal, Y. & Escobar, J. (2007). Revision de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. Ingeniería e investigación Universidad Nacional de Colombia, vol 27, no. 3, pp. 172-181.

Solanes, M y Jouravlev, A. (2007). “Integrando economía, legislación y administración en la gestión del agua y sus servicios en América Latina y el Caribe”, en Derecho de Aguas, Tomo III, Universidad Externado de Colombia, pág. 368. Obtenido de:
<http://archivo.cepal.org/pdfs/Waterguide/lcl2397s.pdf>

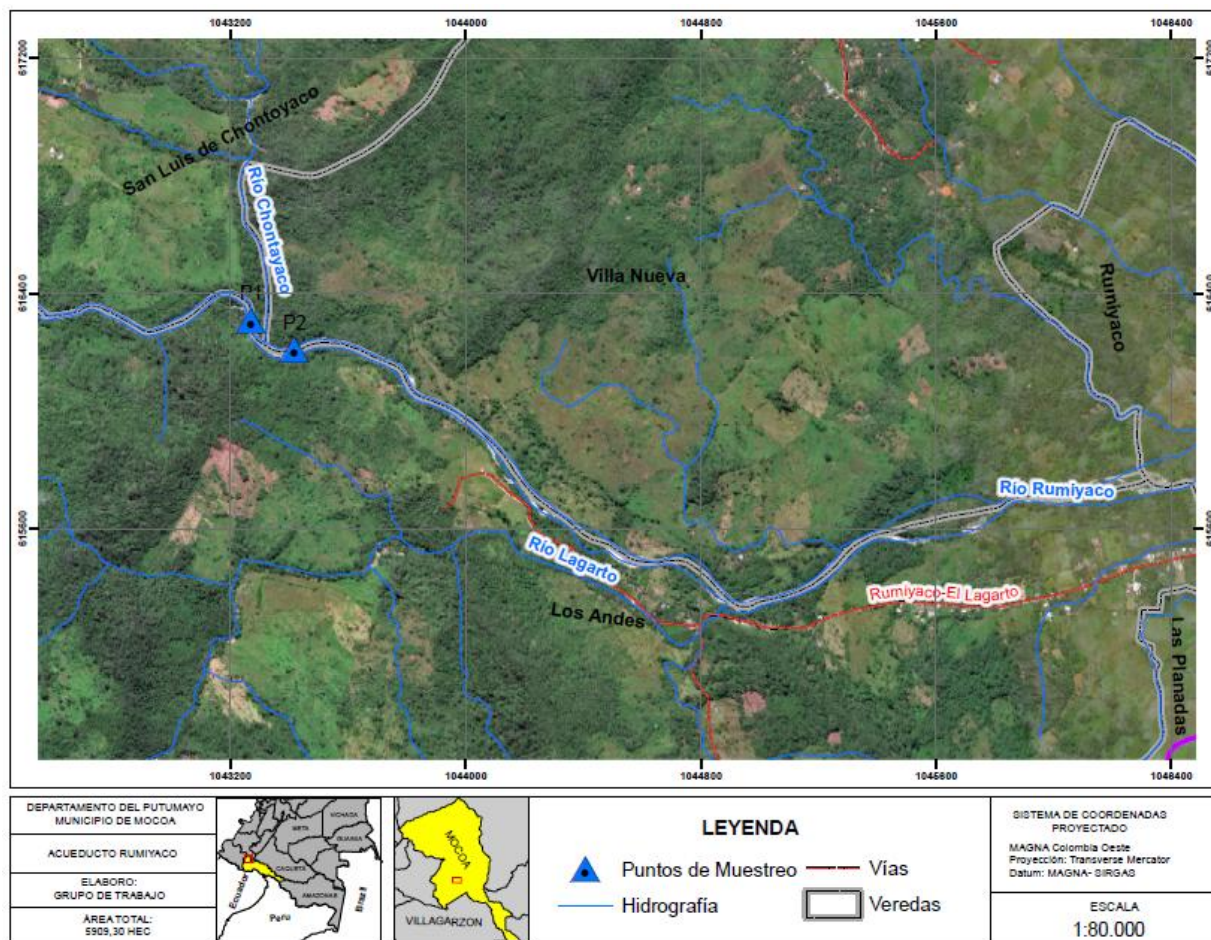
Torres, F. (2009). Desarrollo y Aplicación de un Índice de Calidad de Agua para ríos en Puerto Rico: UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO.

Universidad de pamplona (S.f.). Indicadores de calidad del agua. Obtenido de
http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portaIG/home_10/recursos/general/pag_cobtenido/libros/06082010/icatest_capitulo2.pdf


Valiente C, Mora D. (2002). El papel del agua para consumo humano en los brotes de diarrea reportados en el período 1999 - 2001 en Costa Rica. Obtenido de http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1409-14292002000100005&script=sci_arttext


Apéndice

Apéndice A. Ubicación de Puntos de muestreo



Apéndice B: Análisis de agua acueducto Rumiayaco, año 2014, emitido por la secretaria de salud departamental.


 REPUBLICA DE COLOMBIA
 GOBERNACION DEL PUTUMAYO
 "Marca La Diferencia"
 Secretaría de Salud Departamental
 Laboratorio de Salud Pública



INFORME DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO

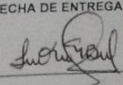
NUMERO DE RADICACION: 449-V14
 MES INFORMADO: AGOSTO DE 2014
 MUNICIPIO: MOCOARUMIYACO
 SOLICITANTE: SECRETARIA DE SALUD DEPARTAMENTAL
 TIPO DE AGUA: Sin tratamiento
 MUESTRAS TOMADAS POR: MARIO BASANTE
 ACUEDUCTO: JUNTA ADMINISTRADORA VEREDA RUMIYACO
 FUENTE DE ABASTECIMIENTO: RIO RUMIYACO
 OBJETO DE LA MUESTRA: VIGILANCIA
 PUNTO DE MUESTREO: 1. Escuela Vereda rumiyaco. Lavamanos

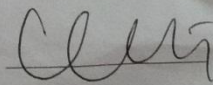
PUNTO DE MUESTREO:		1
FECHA DE RECEPCION Y ANALISIS:		19/08/2014
PARAMETROS	Referencia Según Resolución 2115/2007	
pH	>= 6.5 y <= 9	7.02
Turbiedad	<= 2 UNT	12.98
Conductividad	<1000µs/cm	181
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	105
Alcalinidad	<= 200 mg/lit	4
Dureza Total	<=300 mg/lit	16
Dureza Cálcica	mg/L	9
Calcio	≤80 mg/L	4
Cloruros	≤250 mg/L	25
Colif Total	0 microorganismos en 100 ml	≥2419.6
Colif fecal	0 microorganismos en 100 ml	54.8
IRCA por muestra		90,9%
IRCA PROMEDIO		90,9%

CLASIFICACION IRCA%	
Res 2115/07-Artículo 15	
INVIABLE	80.1-100
ALTO	35.1-80
MEDIO	14.1-35
BAJO	5.1-14
SIN RIESGO	0-5




CONCEPTO: Agua invariablemente sanitaria para consumo humano.




FECHA DE ENTREGA: 29 de agosto de 2014


 LISBETH KARINE MUÑOZ




 FERNANDO MEZA

Apéndice C: Registro fotográfico de visitas a la Microcuenca Rumiyo

FECHA DE VISITA		20-01-2017	  
ACTIVIDAD		Aforo	
IDENTIFICACIÓN		Aguas arriba del acueducto (P1)	
DEPARTAMENTO		Putumayo	
MUNICIPIO		Mocoa	
VEREDA		Rumiyo	
COORDENADAS	E	76°41'19,414"	
DATUM MAGNA	N	01°7'31,48"	
SIRGAS, ORIGEN BOGOTÁ			
MÉTODO		Flotador	
HORA		10:00 am	<p>Medición de la profundidad, distancia y tiempo</p>

FECHA DE VISITA	20-01-2017		
ACTIVIDAD	Aforo		
IDENTIFICACIÓN	Aguas arriba del acueducto (P1)		
DEPARTAMENTO	Putumayo		
MUNICIPIO	Mocoa		
VEREDA	Rumiyaco		
COORDENADAS	E	76°41'19,414"	
DATUM MAGNA	N	01°7'34,725"	
SIRGAS, ORIGEN BOGOTÁ			
MÉTODO	Flotador		
HORA	10:00 am		  <p>Medición de la profundidad, distancia y tiempo</p>

Fuente: autor del proyecto. (2017)



FECHA DE VISITA	15-08-2017		
ACTIVIDAD	Aforo		
IDENTIFICACIÓN	Acueducto (P2)		
DEPARTAMENTO	Putumayo		
MUNICIPIO	Mocoa		
VEREDA	Rumiyaco		
COORDENADAS	E	76°41'14,647"	
DATUM MAGNA	N	01°7'31,48"	
SIRGAS, ORIGEN BOGOTÁ			
MÉTODO	Flotador		
HORA	11:00 am		

Fuente: autor del proyecto. (2017)

Toma de muestras de Agua





FECHA DE VISITA	28-01-2017		
ACTIVIDAD	Toma de muestras de laboratorio		
IDENTIFICACIÓN	(P1), (P2)		
DEPARTAMENTO	Putumayo		
MUNICIPIO	Mocoa		
VEREDA	Rumiyaco		
COORDENADAS	E	76°41'14,647"	
DATUM MAGNA	N	01°7'31,48"	
SIRGAS, ORIGEN			

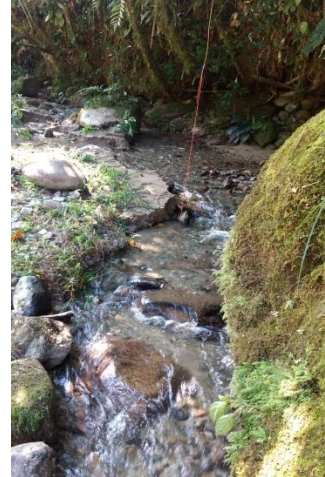
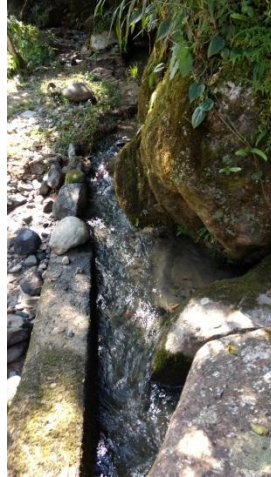
BOGOTÁ			
HORA	5:00 am		
		Recipientes para toma de muestras	Recipientes para toma de muestras

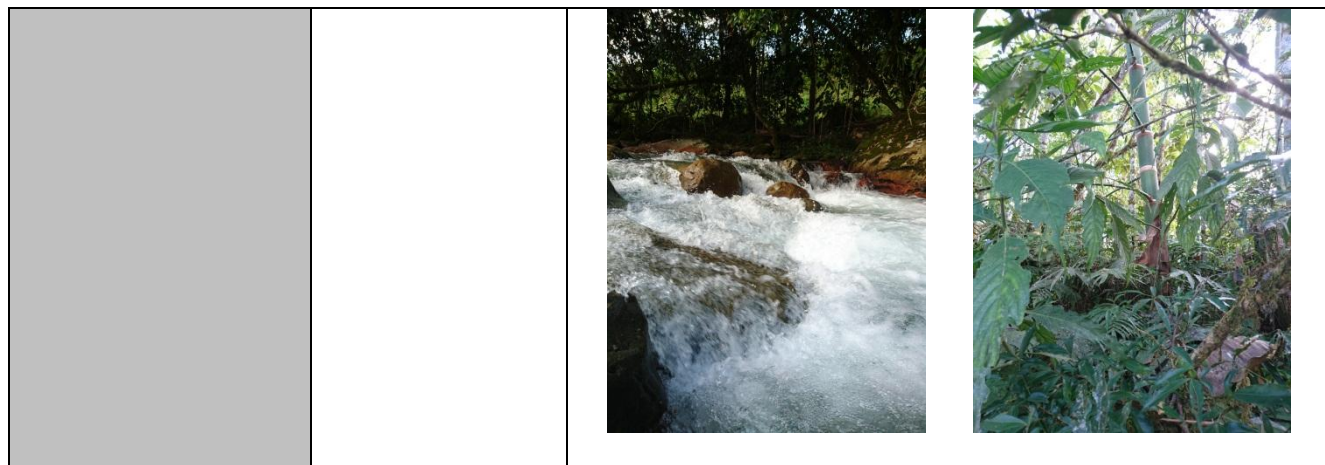
FECHA DE VISITA		28-01-2017		 	
ACTIVIDAD		Toma de muestras de laboratorio incluyendo la Temperatura			
IDENTIFICACIÓN		(P1), (P2)			
DEPARTAMENTO		Putumayo			
MUNICIPIO		Mocoa			
VEREDA		Rumiyaco			
COORDENADAS	E	76°41'14,647"			
DATUM MAGNA	N	01°7'31,48"			
SIRGAS, ORIGEN BOGOTÁ					
HORA		5:00 am			

Fuente: autor del proyecto. (2017)




FECHA DE VISITA		06-02-2017			
ACTIVIDAD		Visita de campo			
IDENTIFICACIÓN		Instalaciones del Acueducto			
DEPARTAMENTO		Putumayo			
MUNICIPIO		Mocoa			
VEREDA		Rumiyaco			
COORDENADAS	E	76°41'14,647"			

DATUM MAGNA SIRGAS, ORIGEN BOGOTÁ	N	01°7'31,48"		
HORA		1:00pm		





Fuente: autor del proyecto. (2017)

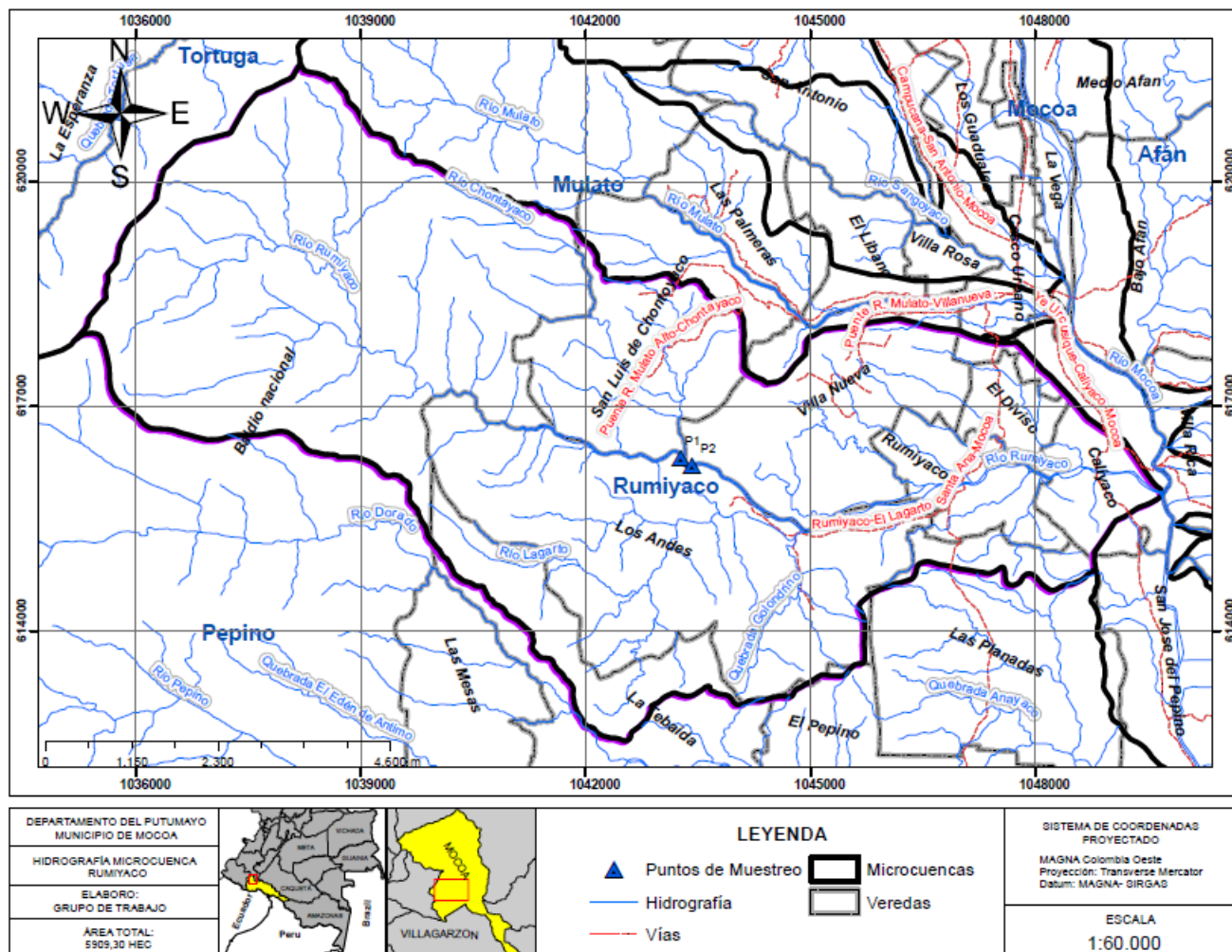
FECHA DE VISITA	06-02-2017		
ACTIVIDAD	Recorrido por el Rio Chontayaco		
IDENTIFICACIÓN	Rio Chontayaco		
DEPARTAMENTO	Putumayo		
MUNICIPIO	Mocoa		
VEREDA	Rumiyaco		
COORDENADAS	E	76°41'14,647"	
DATUM MAGNA SIRGAS, ORIGEN BOGOTÁ	N	01°7'31,48"	
HORA	3:00 pm		  <p>Tala de bosque en la orilla del rio chontayaco</p>



Riachuelos provenientes de la vereda Chontayaco.





Apéndice D: Hidrografía cuenca Rumiyaço



Apéndice E

Resultados fisicoquímicos y microbiológicos de los puntos de muestreo.

	INFORME DE RESULTADOS	LABORATORIO ACREDITADO 
	PROCESO MUESTREO Y ANÁLISIS LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL - LAA	

Informe No. ILAB 2630 , versión 01 Fecha Emisión 2017-02-06

1. INFORMACIÓN DEL CLIENTE:

Cliente:	Addiony Julieth Chicunque Gómez
Dirección:	Barrio Miraflores Calle 3 N° 12-36
Teléfono:	3118938802

2. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA:

Responsable muestreo: Externo LAA

Identificación de la muestra (consecutivo):	5703	5704
Fecha de recepción (aaaa-mm-dd):	2017-01-28	2017-01-28
Hora de recepción (hh:mm):	12:03:00 p.m.	12:03:00 p.m.
Fecha de toma (aaaa-mm-dd):	2017-01-28	2017-01-28
Hora de toma (hh:mm):	06:00:00 a.m.	06:00:00 a.m.
Sector de muestreo:	Mococa, Putumayo	Mococa, Putumayo
Punto de recolección:	Acueducto Rumiysca	Agua Arriba Acueducto
Tipo de Agua	Tratada	Superficial
Aspecto de la muestra:	Ligeramente turbia	Transparente
Fecha de análisis (aaaa-mm-dd):	2017-01-28	2017-01-28
Hora de análisis (hh:mm):	2:00:00 p.m.	2:00:00 p.m.



3. RESULTADOS DE LABORATORIO:

Métodos Analíticos: Basados en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22th Edition.

3.1 Fisicoquímicos

PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO UTILIZADO	VALOR DE REFERENCIA	IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS	
				5703	5704
				Resultado	Resultado
pH* (a 14,8 °C) ¹	Unidades de pH	SM 4500-H ⁺ B. Ed. 22/2012	6,3 - 9,0	8,16	7,79
Turbiedad	NTU	SM 2130 B. Ed. 22/2012	≤ 2,0	0,55	0,48
OD ₅ * ²	mg O ₂ /L	SM 5210 B. 4500 D-G Ed. 22/2012	-	0,8	0,2
DQO*	mg O ₂ /L	SM 5220 C. Ed. 22/2012	-	<10,70	<10,70
Nitratos	mg NO ₃ -N /L	SM 4500-NO ₃ -B	≤10	0,60	0,08
Oxígeno disuelto (OD)	mg O ₂ /L	SM 4500-O ₂ C. Ed. 22/2012	-	8,27	9,36
Ortofosfatos	mg PO ₄ ³⁻ /L	SM 4500-P	≤0,5	0,03	0,01
Sólidos Totales*	mg/L	SM 2540 B. Ed. 22/2012	-	4,04	3,01

Los parámetros que tienen (*) se encuentran acreditados por el IDEAM según Resolución 0164 del 10 de Febrero de 2015 y Resolución 0812 del 9 Marzo de 2016. El Alcance de la acreditación solo aplica para la muestra de agua superficial.

	INFORME DE RESULTADOS PROCESO MUESTREO Y ANÁLISIS LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL - LAA	LABORATORIO ACREDITADO 
	Informe No. LAB 2630 , versión 01	Fecha Emisión 2017-02-06

3.2 Microbiológicos

PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO UTILIZADO	VALOR DE REFERENCIA	IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS	
				5703	5704
				Resultado	Resultado
Coliformos Fecales	UFC/100 mL	SM 9222 B. Ed. 21/2005	0	1800	1600

4. CONFIDENCIALIDAD:

Este informe de laboratorio es válido únicamente para las muestras analizadas y relacionadas en él, son de carácter confidencial y de propiedad del cliente, contiene controles de seguridad que garantizan su autenticidad. Cualquier reproducción parcial requiere de la autorización del LAA.

5. RESPONSABILIDAD:

Este informe solo será válido si se encuentra firmado por el Profesional Laboratorio de servicios y el Coordinador del Laboratorio.

6. OBSERVACIONES:

¹ Temperatura a la cual se midió el pH en el laboratorio.

Las muestras fisicoquímicas serán descartadas por el laboratorio 4 días después de entregado el informe, las microbiológicas se descartaran después de su procesamiento.

Los análisis se realizaron conforme con las referencias normativas relacionadas en el capítulo 3. ítem "Método utilizado".

Los valores reportados en el ítem "Valor de referencia" del capítulo 3. Resultados de laboratorio son tomados de la resolución 2115 de 2007 aplicables a muestras de agua para consumo humano.



Ing. Rocio Ojeda Ocaña
Profesional Laboratorio de Análisis Ambiental
Revisó

Diana López Zarama
Coordinadora Laboratorio de Análisis
Aprobó

FIN DEL INFORME DE RESULTADOS

Apencide F. ENCUESTA

POBLACION Y USOS DEL AGUA EN LA VEREDA RUMIYACO

Marque con una X la respuesta

Sexo: M__ F__

Edad: 15-20__ ; 21-30__ ; 31-40__ ; 41-50__ ; 51-60__ ; +61__

1. ¿Cuántos habitantes conforman su hogar?: ____
2. ¿Actividad a la que se dedica?: Agricultura__ Am@ de casa __ Comerciante __ otra. Cuál?
_____.
3. Se encuentra suscrito al acueducto de la vereda Rumiyaço? SI__ NO__
4. Qué valor cancela por el servicio de agua? _____
5. Con que frecuencia hay agua en tu hogar?
Todos los días____ A veces falta, pero pocas veces____ Tengo agua día sí y día no__ Sólo hay agua cada tercer día__
6. Como califica el servicio? Bueno__ Regular____ Malo__
7. Que usos le da al agua del acueducto? Domestico__ Agrícola__ Piscícola__ Recreacional__ Otro.
Cuál? _____.
8. Que color tiene el agua que llega a su hogar? Transparente__ Amarilla__ con Lodo__
9. El agua que bebes es: Filtrada__ Hervida__ De botellón__ Directo de la llave__
10. A sufrido alguna afectación en su salud por el consumo de agua? SI__ NO__

Vertimientos

11. Que disposición final le da a los residuos líquidos de su hogar?
Alcantarillado__ Pozos sépticos__ Rio, Quebrada__ otro, Cual?_____

Residuos Solidos

12. Qué tipo de residuos sólidos genera en su hogar?

Orgánicos__ Plásticos__ Vidrios__ otros__

13. Que disposición final le da a los residuos sólidos que genera?

Carro recolector__ incineración__ Disposición a campo abierto__ Abono__