



GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO, EN EL CONTEXTO SALUD  
AMBIENTAL CASO RÍO MULATO

LIZETH PAOLA BETANCOURT BENAVIDES

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES

FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN INGENIERÍA

MANIZALES

2020

GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO, EN EL CONTEXTO SALUD  
AMBIENTAL CASO RÍO MULATO

LIZETH PAOLA BETANCOURT BENAVIDES

Trabajo de grado para optar al título de Magister en Ingeniería

Tutor

Ph. D Olga Lucia Ocampo López

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES

FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN INGENIERÍA

MANIZALES

2020

## RESUMEN

**Objetivo:** Con esta investigación, se lograron identificar las características que definen la gestión integral del recurso hídrico, en el contexto de la salud ambiental, tomando como caso de estudio la cuenca del río Mulato (Putumayo - Colombia).

**Metodología:** En esta investigación fue de tipo mixta con enfoque de estudio ecológico. El área de estudio fue la Cuenca del río Mulato (extensión de 1761,1 ha), ubicada en la parte noroccidental del municipio de Mocoa, Putumayo – Colombia, donde se determinaron mediante estadística descriptiva las características ambientales y de salud relacionadas con el componente de calidad de agua. Estas características, crearon una línea base, la cual se correlacionó empleando el coeficiente de Spearman en SPSS. Luego, se aplicó una encuesta a los actores clave que trabajan el tema en la región, con el fin de completar los resultados de este estudio. Finalmente, con los insumos anteriores se procedió a construir una matriz DOFA, que resumió todos los datos encontrados en forma de: debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas, permitiendo así la construcción de acciones programáticas para mejorar la gestión en la cuenca del río Mulato.

**Resultados:** Se logró establecer relación entre los índice de calidad de agua IRCA con las enfermedades vehiculizadas por el agua - EVA. Como segundo resultado, se obtuvieron acciones programáticas ofensivas, reactivas, defensivas y adaptivas que permitirán mejorar la gestión del recurso hídrico con el contexto de salud ambiental para la cuenca del río Mulato. Finalmente, se entregó a la comunidad un documento de consulta, que se espera ayude en el proceso de construcción de conocimiento frente al estado de la cuenca y el proceso de toma de decisión de la misma.

**Palabras Claves:** Salud Ambiental, Recurso Hídrico, Calidad de Agua, Enfermedades vehiculizadas por el agua.

## ABSTRACT

**Objective:** With this research, it was possible to identify the characteristics that define the integral management of water resources, in the context of environmental health, taking as a case study the Mulato river basin (Putumayo - Colombia).

**Methodology:** This research was of a mixed type with an ecological study approach. The area of study was the Mulato River Basin (extension of 1761.1 ha), located in the north-western part of the municipality of Mocoa, Putumayo - Colombia, where the environmental and health characteristics related to the water quality component were determined through descriptive statistics. These features created a baseline, which was correlated using the Spearman coefficient in SPSS. Then, a survey was applied to key actors working on the issue in the region, to complete the results of this study. Finally, with the previous inputs, a SWOT matrix was elaborated, summarizing all the data found in the form of weaknesses, opportunities, strengths and threats. This allowed the construction of programmatic actions to improve management in the Mulato River basin.

**Results:** It was possible to establish a relationship between the IRCA water quality indices with waterborne diseases – EVA (known in Spanish as). As a second result, offensive, reactive, defensive and adaptive programmatic actions were obtained that will allow improving water resource management in the context of environmental health for the Mulato River Basin. Lastly, a consultation document was delivered to the community, which is expected to help in the process of building awareness of the state of the basin and the decision-making process.

**Keywords:** Environmental Health, Water Resource, Water Quality, Waterborne Diseases.

## CONTENIDO

1	PRESENTACIÓN.....	15
2	ÁREA PROBLEMÁTICA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....	17
2.1	PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN:.....	23
3	JUSTIFICACIÓN.....	24
4	OBJETIVOS.....	26
4.1	OBJETIVO GENERAL.....	26
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	26
5	ANTECEDENTES.....	27
5.1	GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO .....	27
5.2	SALUD AMBIENTAL.....	38
6	REFERENTE TEÓRICO.....	43
6.1	SALUD Y SALUD AMBIENTAL .....	43
6.2	CALIDAD DE AGUA.....	46
6.2.1	Características para determinar la Calidad del Agua.....	48
6.2.2	Síntesis de la Evaluación Nacional del Agua en Colombia – ENA .....	53
6.2.3	Enfermedades Vehiculizadas por El Agua .....	56
6.3	GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO .....	58
6.4	GESTIÓN AMBIENTAL.....	61
6.5	GESTIÓN TECNOLÓGICA.....	63
6.5.1	Vigilancia tecnológica .....	65

7	REFERENTE NORMATIVO Y LEGAL.....	67
7.1	NORMATIVIDAD SALUD AMBIENTAL.....	67
7.1.1	Componentes de la Salud Ambiental.....	70
7.2	NORMATIVIDAD RECURSO HÍDRICO.....	73
8	REFERENTE CONTEXTUAL .....	79
8.1	CUENCA HIDROGRÁFICA.....	79
8.2	CUENCAS EN COLOMBIA .....	80
8.3	CUENCA DEL RÍO MULATO .....	82
8.4	PLAN DE ORDENAMIENTO Y RECONSTRUCCIÓN DEL MUNICIPIO DE MOCOA.....	83
9	METODOLOGÍA .....	85
9.1	TIPO DE ESTUDIO Y ENFOQUE.....	85
9.2	ÁREA DE ESTUDIO .....	85
9.3	UNIDAD DE ANÁLISIS Y FUENTE DE INFORMACIÓN .....	86
9.4	DISEÑO METODOLÓGICO.....	87
9.5	DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA METODOLÓGICA POR OBJETIVOS 88	
9.5.1	Determinar las características ambientales en la cuenca del río Mulato, relacionadas con el componente de calidad de agua.....	88
9.5.2	Establecer la relación entre las características ambientales y los eventos en salud relacionados con calidad de agua.....	96

9.5.3	Definir las acciones programáticas para mejorar la gestión en salud ambiental	98
10	RESULTADOS .....	100
10.1	CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO MULATO.....	100
10.1.1	Generalidad de la cuenca.....	100
10.1.2	Aspectos demográficos.....	101
10.1.3	Calidad de vida y pobreza .....	103
10.2	COMPONENTES DE LA SALUD AMBIENTAL .....	108
10.2.1	Variables climatológicas.....	108
10.2.2	Hábitat y vivienda saludable.....	112
10.2.3	Calidad de agua .....	117
10.3	CARGA DE ENFERMEDADES .....	122
10.3.1	Morbilidad .....	122
10.3.2	Mortalidad .....	129
10.4	RELACIÓN ENTRE LAS CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES Y LOS EVENTOS EN SALUD RELACIONADOS CON LA CALIDAD DE AGUA.....	135
11	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	139
12	ACCIONES PROGRAMÁTICAS.....	141
12.1	PERCEPCIÓN DE LOS ACTORES CLAVE DE LA REGIÓN.....	141
12.2	MATRIZ DE DEBILIDADES, OPORTUNIDADES, FORTALEZAS Y AMENAZAS – DOFA, PARA LA CUENCA DEL RÍO MULATO .....	144

12.3	CRUCE DE VARIABLES MATRIZ DOFA Y ACCIONES PROGRAMÁTICAS	
	146	
12.4	PROPUESTA DE INTEGRACIÓN .....	148
13	CONCLUSIONES .....	152
14	RECOMENDACIONES .....	156
15	REFERENCIAS .....	158
16	ANEXOS.....	165



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Definiciones para la calidad del agua.....	49
Tabla 2 Características químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana .....	50
Tabla 3 Características químicas de sustancias que tienen implicaciones sobre la salud humana .....	50
Tabla 4 Características químicas que tienen consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana .....	51
Tabla 5 Características Físicas .....	51
Tabla 6 Características Microbiológicas .....	51
Tabla 7 Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra y el IRCA mensual y acciones que deben adelantarse.....	52
Tabla 8 Calificación de la calidad del agua según los valores que tome el ICA.....	55
Tabla 9 Entornos del Hábitat Saludable .....	71
Tabla 10 Componentes de salud ambiental desde el CONPES 3550.....	72
Tabla 11 Áreas y zonas hidrográficas de Colombia.....	80
Tabla 12 Pilar - Dimensión – Componente .....	83
Tabla 13 Variables metodologías para el objetivo 1 .....	89
Tabla 14 Variables y ponderaciones para el caso de cinco (5) variables .....	92
Tabla 15 Puntaje de riesgo asignado .....	95
Tabla 16 Escalas de tiempo y resultados obtenidos de cada variable .....	96
Tabla 17 Bases de datos.....	97
Tabla 18 Plan de análisis objetivo 2 .....	97
Tabla 19 Encuesta.....	98
Tabla 20 Metodología para el cruce de variables DOFA .....	99
Tabla 21 Indicadores que conforman el IPM .....	107
Tabla 22 Resultado de los Indicadores Hídricos .....	118
Tabla 23 Índice de Calidad de Agua Superficial .....	119
Tabla 24 Convención de colores para evaluación de ICA.....	119

Tabla 25 Índice de Riesgo de la Calidad del Agua.....	120
Tabla 26 Convención de colores para evaluación de IRCA.....	120
Tabla 27 IRCA en la cuenca del río Mulato.....	122
Tabla 28 Sub causas de las condiciones transmisibles y nutricionales .....	124
Tabla 29 Correlación variables mensuales .....	135
Tabla 30 Correlación variables Anuales.....	136
Tabla 31 Resultados encuesta sección metas en salud ambiental .....	141
Tabla 32 Resultados encuesta sección estrategias en salud ambiental.....	143
Tabla 33 Matriz DOFA para la cuenca del río Mulato.....	145
Tabla 34 Cruce de variables y presentación de acciones programáticas.....	147
Tabla 35 Iteraciones entre modelo de Vigilancia Tecnológica y Ciclo de la Gestión Integral del Recurso Hídrico .....	149

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del Río mulato.....	18
Figura 2 Mapa de Barrios aledaños al río Mulato .....	19
Figura 3 Barrio José Homero, afectado por el río Mulato.....	20
Figura 4 Barrio Avenida 17 de julio, afectado por el río Mulato .....	21
Figura 5 La salud y sus factores determinantes: Interacciones de salud y ambiente.....	45
Figura 6 Modelo básico de evaluación .....	53
Figura 7 Sistema de indicadores ENA.....	54
Figura 8 Ciclo de la gestión integral del recurso hídrico.....	59
Figura 9 Modelo de gestión tecnológica .....	64
Figura 10 Modelo de vigilancia tecnológica .....	65
Figura 11 Ciclo de la Vigilancia Tecnológica.....	66
Figura 12 Línea de tiempo normatividad en Salud Ambiental.....	67
Figura 13. Línea de tiempo, normatividad Gestión del Recurso Hídrico.....	73
Figura 14 La Cuenca Hidrográfica como Sistema.....	79
Figura 15 Río Mulato .....	82
Figura 16 Área de Estudio .....	86
Figura 17 Esquema metodológico de la investigación .....	88
Figura 18 Localización río Mulato .....	100
Figura 19 Distribución de la población por sexo.....	102
Figura 20 Índice de masculinidad y feminidad .....	102
Figura 21 Pirámide poblacional 2018.....	103
Figura 22 % de los indicadores que conforman el NBI.....	104
Figura 23 Percepción de la pobreza en Colombia y el Putumayo.....	105
Figura 24 Índice de Pobreza Multidimensional.....	106
Figura 25 IPM Región - Departamento – Municipio .....	107
Figura 26 Estación Mocoa Acueducto respecto al río Mulato .....	108
Figura 27 Precipitación mensual multianual para la normal climatológica 1987-2017 ....	109
Figura 28 Temperatura media interanual 1987-2017 .....	110

Figura 29 Temperatura mínima mensual interanual 1987-2017 .....	111
Figura 30 Temperatura máxima mensual interanual 1987-2017.....	111
Figura 31 Humedad Relativa media mensual multianual 1987-2017 .....	112
Figura 32 características de las viviendas.....	113
Figura 33 Tenencia de vivienda.....	113
Figura 34 Servicios públicos .....	114
Figura 35 Cobertura Acueducto y Alcantarillado .....	115
Figura 36 Medidas antes de consumir el agua.....	116
Figura 37 Clasificación de basuras .....	116
Figura 38 Indicadores Hídricos .....	117
Figura 39 Valores IRCA municipal y departamental .....	121
Figura 40 División de la cuenca en el mapa.....	122
Figura 41 Grandes causas que generaron atención en el departamento del Putumayo 2009 – 2017 .....	123
Figura 42 Grandes causas que generaron atención en el municipio de Mocoa 2009 – 2017 .....	124
Figura 43 Enfermedades con mayor ocurrencia Putumayo, 2010 - 2018 .....	125
Figura 44 Enfermedades con mayor ocurrencia Mocoa, 2010 - 2018.....	126
Figura 45 Comportamiento en el tiempo de la morbilidad por EDA, Putumayo y Mocoa 2010 – 2018 .....	127
Figura 46 Incidencia semanal periodo 2010 - 2018 .....	128
Figura 47 Comportamiento en el tiempo de la morbilidad por Hepatitis A, Putumayo y Mocoa 2010 – 2018 .....	128
Figura 48 Tasa bruta de mortalidad en Putumayo.....	130
Figura 49 Tasa bruta de mortalidad en Mocoa .....	130
Figura 50 Tasas de mortalidad neonatal .....	131
Figura 51 Tasa de mortalidad infantil .....	132
Figura 52 Tasa de mortalidad materna .....	133
Figura 53 Tasa de mortalidad por EDA .....	134
Figura 54 Iteración 1, Diagnóstico y Prospectiva.....	149

Figura 55 Iteración 2, Formulación y Programación.....	150
Figura 56 Iteración 3, Ejecución.....	151
Figura 57 Iteración 4, Seguimiento y Evaluación .....	151

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 Índice de Aridez.....	165
Anexo 2 Índice de regulación hídrica.....	166
Anexo 3 Índice de uso del agua.....	167
Anexo 4 Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento de agua .....	168
Anexo 5 Índice de amenaza potencial por afectación a la calidad del agua.....	169
Anexo 6 Encuesta .....	170

## 1 PRESENTACIÓN

La salud ambiental es un elemento estratégico y de gran importancia para dar respuesta a las problemáticas sociales relacionadas con el mejoramiento de la salud humana, el cuidado por el medio ambiente y el desarrollo sostenible. Estas problemáticas, para muchos están asociadas a los sistemas económicos adoptados por la humanidad. A pesar de los logros y la evolución alcanzada mediante el desarrollo y la globalización, el mundo sigue careciendo de una articulación entre progreso y cuidado por el medio ambiente.

Colombia enfrenta grandes retos frente al tema de salud ambiental, derivados principalmente de las discrepancias que existen entre regiones y grupos sociales. Si bien existen políticas, instrumentos y demás mecanismos que permiten reconocer las diferencias del territorio nacional y ayudan a disminuir estas brechas, la deficiente gestión a nivel local retrasa estos procesos adelantados a nivel nacional. De igual forma, el mal uso que se le da a los recursos financieros, impide avanzar en el tema y contribuye a la persistencia de problemas en materia de salud ambiental en las regiones.

Uno de los principales retos en materia de salud ambiental, es la gestión del recurso hídrico. Hacia el sur de Colombia, en el departamento del Putumayo, específicamente en el municipio de Mocoa, se encuentra ubicada la cuenca del río Mulato. Dicha cuenca, hace parte de uno de los departamentos más vulnerables del país. La violencia que ha vivido la región, la escasez de políticas sociales, ambientales y culturales, evidencian que esta zona necesita mayor intervención no solo por parte del estado, sino que también de la academia y los aportes que esta pueda hacer en materia de investigación para ayudar a esta sociedad.

En 2017 esta cuenca y otras del municipio generaron avenidas torrenciales derivadas de las fuertes precipitaciones en la zona, lo que produjo pérdida de vidas humanas y destrucción en los fenómenos naturales y sociales que convergen en los sistemas de las cuencas. Este evento catastrófico, evidenció las escasas estrategias nacionales y la insuficiencia del estado para hacer frente a la gestión del recurso hídrico en Colombia.

Por estas razones, se decidió realizar este estudio con el objeto de identificar estrategias de intervención que permitan mejorar la gestión integral del recurso hídrico en la cuenca del río Mulato, teniendo en cuenta el contexto de la salud ambiental. Para lograrlo, fue necesario determinar las características ambientales y de salud en la cuenca, relacionadas con el componente de calidad de agua. Luego, se estableció la relación entre las características ambientales y los eventos relacionados con la calidad de agua, para finalmente definir una serie de acciones programáticas que permitan mejorar la gestión en salud ambiental y recurso hídrico.

El documento generado es de consulta para la comunidad de Mocoa y con él se quiere contribuir al proceso de construcción de conocimiento frente al estado de la cuenca del río Mulato, con información pertinente, verídica y actualizada. Este documento contiene una contextualización del área problemática, una serie de antecedentes que preceden esta investigación y un contexto teórico y normativo de los temas estudiados. Continúo a esto, se describió la metodología empleada para poder dar respuesta a los objetivos trazados y así, finalmente determinar las características de intervención que permiten mejorar la gestión integral del recurso hídrico en la cuenca del río Mulato.



## 2 ÁREA PROBLEMÁTICA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Existen efectos adversos o daños a la salud y al ambiente causados principalmente por el hombre y sus actividades antrópicas e industriales. Las poblaciones con un bajo nivel de desarrollo son principalmente afectadas por dichos efectos adversos. Este tipo de comunidades presentan condiciones como: bajo acceso a servicios de abastecimiento de agua potable y alcantarillado, servicios de limpieza urbana, vivienda digna, contaminación intradomiciliaria por combustión, infecciones transmitidas por animales e insalubridad de viviendas. Este conjunto de condiciones masifican los problemas e incrementan la probabilidad de que las personas que viven bajo esas situaciones presenten enfermedades de salud ambiental (Rengifo, 2008).

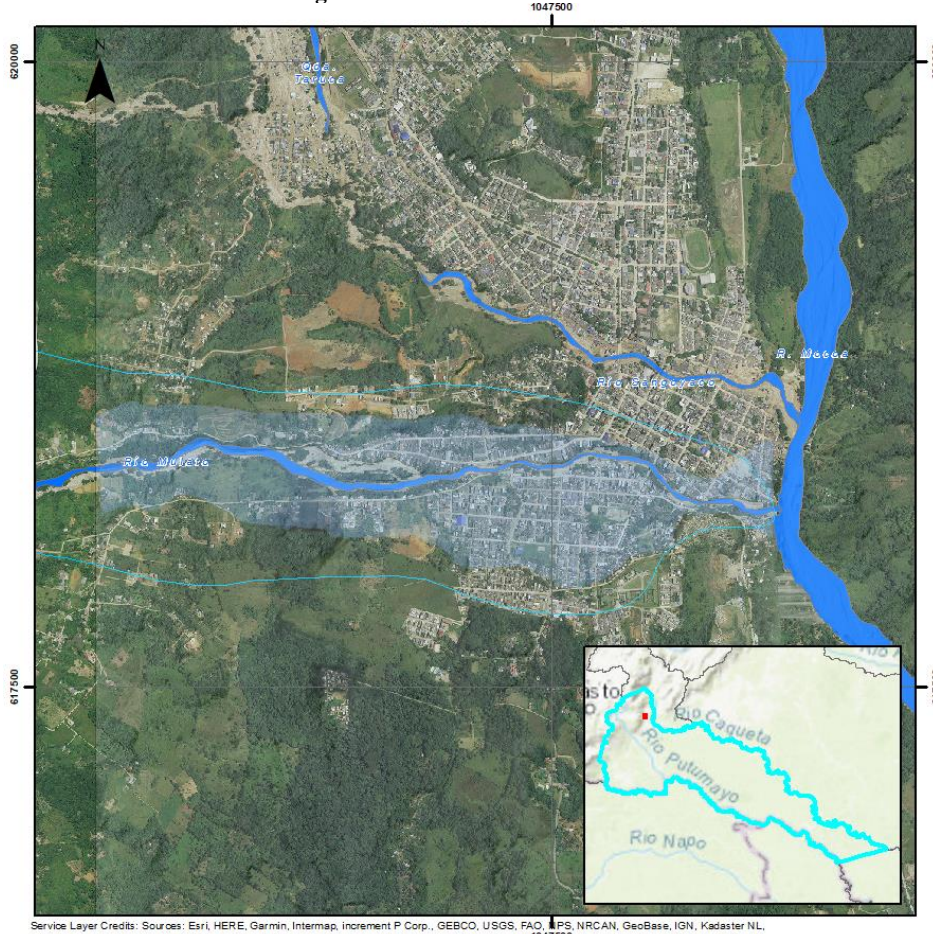
La contaminación en cuencas hidrográficas, la industria y agricultura intensiva, los desechos químicos, las enfermedades vehiculizadas por el agua y la contaminación atmosférica, son algunos de los problemas considerados como emergentes y agravados por la inacción o poca prioridad dada por el Estado a la salud y al medio ambiente. Dentro de estas problemáticas, se considera la contaminación del agua como una de las complicaciones más fuertes, puesto que al contaminar los afluentes se genera destrucción en toda la cuencas hidrográfica y en mayor escala al ecosistema del que hace parte el recurso hídrico (Rengifo, 2008).

Las cuencas hidrográficas presentan una serie de problemáticas asociadas en su mayoría al mal manejo que se les da. Estos inadecuados usos dan lugar a un acelerado agotamiento del recurso hídrico y por ende dificultades para las poblaciones que dependen de él. Un buen uso de las cuencas evita que los recursos naturales que la conforman se contaminen o desaparezcan. Actualmente, quedan muy pocas cuencas que pueden ser manejadas en su estado natural, puesto que la fuerte intervención del ser humano evita un proceso natural de rehabilitación del recurso (Ramakrishna, 1997).

La cuenca del Rio Mulato, ubicada en la ciudad de Mocoa, hacia el sur del país, es un caso del mal uso que se le da a este recurso. El río Mulato se ubica en zona de piedemonte

amazónico y en la transición entre este espacio geográfico y la llanura amazónica. Este lugar se ha vuelto atractivo para los denominados “polos de desarrollo”, los cuales se han instalado ahí por las características benignas que brinda esta región respecto de la Amazonía profunda.. Dichos asentamientos de población han generado una dinámica de presión sobre los recursos naturales de este territorio tales como agua, suelo, fauna y flora, lo que provoca una alta fragmentación en ecosistemas de importancia ambiental, contaminación de fuentes hídricas, pérdida de biodiversidad, alteración en el caudal de la cuenca y problemas de salud ambiental en los habitantes de la zona (Corpoamazonia, 2015). En la Figura 1 se muestra la ubicación del Río mulato sobre la ciudad de Mocoa.

**Figura 1 Ubicación del Río mulato**



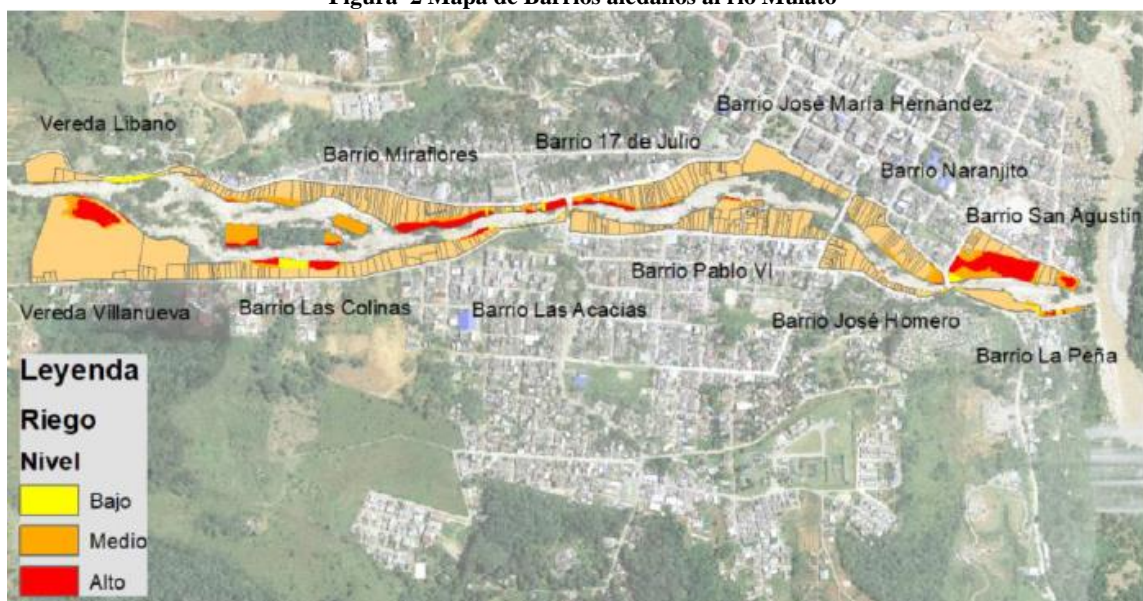
**Fuente:** Elaboración propia usando ArcGIS.

En este sentido, el futuro de la población que habita al interior de la cuenca del río Mulato y el medio ambiente de la misma se ven amenazados si las tendencias actuales de uso no son

modificadas. El río Mulato transita por el área urbana del municipio, interactúa con aproximadamente 12 barrios y veredas, lo que implica una alta intervención antrópica en las dinámicas de la cuenca y sus corrientes hídricas.

La alta concentración de asentamientos humanos en la cuenca y cerca al cauce mayor, además de la infraestructura urbana sobre la misma, generan alteraciones en el cauce natural de las corrientes. Dada la proximidad de la cuenca a los habitantes de esta zona se les facilitan los vertimientos de cargas contaminantes directos que alteran las condiciones morfológicas de la corriente. En la figura 2 se observan los barrios aledaños a la cuenca y el factor de riesgo que cada barrio tiene de acuerdo con su proximidad a la misma.

**Figura 2 Mapa de Barrios aledaños al río Mulato**



**Fuente:** Tomado del Acotamiento de la Ronda Hídrica del Río Mulato en la zona urbana del municipio de Mocoa (Putumayo).

En marzo de 2017, luego de varias horas de intensa lluvia sobre las cuencas de los ríos y quebradas que pasan por la ciudad de Mocoa, se generó un incremento en el cauce de los afluentes, generando una avenida torrencial que dejó aproximadamente 335 vidas humanas perdidas y más de 400 heridos. Sumado a esto las cuencas sufrieron daños y alteraciones en su ecosistema.



La avenida torrencial también propagó una serie de enfermedades en esta comunidad, dado que el cauce del agua pasó sobre la infraestructura de la ciudad, generando perjuicios a los sistemas de saneamiento básico. Los restos humanos y de animales atrapados entre los escombros aportaron a la contaminación del agua, intensificando así el daño (Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres & Pontificia Universidad Javeriana, 2018). En las figuras 3 y 4 se pueden observar algunos de los estragos causados por este siniestro de 2017.

**Figura 3 Barrio José Homero, afectado por el río Mulato**



**Fuente:** El Tiempo.com, 2017.

Otro problema presente en el Río Mulato de conflicto socio ambiental, se da aguas arriba, hacia la parte alta de la cuenca; específicamente en las veredas Líbano y Villanueva donde se presentan vertimientos directamente al cauce del río, sin ningún tratamiento, contaminando así el agua y el suelo. Dichos vertimientos se dan por las comunidades que habitan esta zona del río y que viven de la industria panelera (trapiches), la agricultura y la ganadería.

**Figura 4 Barrio Avenida 17 de julio, afectado por el río Mulato**



**Fuente:** El Herald, 2018

Luego del incidente en 2017, la Corporación para el desarrollo de la Amazonia, confirmó que el municipio de Mocoa carece de estudios estructurales para una planificación integral que permita la conservación y manejo de sus cuencas. En respuesta a esta necesidad dio inicio a una licitación pública para el proyecto “Desarrollo de estudios y diseños de ejes ambientales como propuesta de planificación, gestión ambiental y del riesgo de desastres sobre las cuencas de los ríos Mulato, Sangoyaco y quebrada Taruca en Mocoa”. Proyecto que a la fecha se encuentra en la fase de estudios básicos (Corpoamazonia, 2018).

Este plan se complementa con el trabajo desarrollado desde el año 2015, donde se ha realizado la aplicación de instrumentos de planificación y de medios avanzados de consulta colectiva para lograr construir un diagnóstico ambiental y la imagen de zonificación ambiental de la microcuenca del río Mulato. Lo anterior, con el fin de gestionar un plan de acción con: metas, estrategias, indicadores y proyectos estructurados de forma metódica y jerárquica que permitan la construcción del Plan de Ordenamiento y Gestión de la

microcuenca del río Mulato, a la fecha la cuenca no cuenta con un POMCA (Corpoamazonia, 2015)

Por otra parte, la Universidad Nacional de Colombia – Sede Amazonia en conjunto con Corpoamazonia, en respuesta a las avenidas torrenciales de 2017, realizaron un estudio para el acotamiento de la Ronda Hídrica de los ríos Mulato, el Hacha y de la quebrada Yahuaraca, en la zona urbana de los municipios de Mocoa, Florencia y Leticia, respectivamente. Este proyecto proporciona un piloto para la comunidad investigativa, que determina los lineamientos generales del acotamiento de rondas hídricas en la Amazonia colombiana, el cual será tomado para el desarrollo de esta investigación. (Universidad Nacional de Colombia sede Amazonia y Corpoamazonia, 2018).

Robertson & Castiblanco (2011) realizaron una investigación sobre las amenazas ambientales de origen fluvio- volcánico y torrencial, con alto potencial de amenaza sobre la población del piedemonte amazónico. En este análisis se identificaron tres factores ambientales capaces de generar graves impactos en la región: las erupciones volcánicas, los terremotos fuertes y las lluvias torrenciales. El estudio, se generó años atrás de la avenida torrencial que afectó a Mocoa el 31 de marzo de 2017, exponiendo el riesgo al que estaba expuesto el municipio y el cual no fue atendido.

En 2016, otros investigadores analizaron la cuenca del río Mocoa, en este afluente desemboca el río Mulato. Los autores realizaron un ejercicio de modelación de servicios ecosistémicos hidrológicos para la cuenca, con el fin de pronosticar posibles tendencias que puedan afectar a los beneficiarios del recurso hídrico y que delimite la cantidad y calidad de agua para la ciudad de Mocoa (Bedoya, Riaño, Reyes, & Salazar, 2016)

Posterior a la avenida torrencial de 2017, los autores Cuervo, Rotigliano, & Conoscenti (2019) modelaron diferentes técnicas, con el fin de determinar la susceptibilidad a avalanchas de escombros y deslizamientos de tierra mediante un enfoque estocástico y así poder determinar la probabilidad de ocurrencia, con el fin de mitigar el impacto de estos eventos en Mocoa.

Si bien se vienen adelantando estudios que responden al manejo y ordenamiento sobre las cuencas del municipio de Mocoa y los eventos naturales que estas pueden presentar, se evidencia un vacío de conocimiento entre la relación del estudio del agua y los problemas de salud ambiental presentes en la población aledaña a la cuenca del río Mulato. La expansión urbana no planificada sobre la cuenca ha generado riesgos para la población de contraer enfermedades vehiculizadas por el agua, por el consumo de agua no potable, además de un daño al ambiente. Lo anterior permite evidenciar e identificar la necesidad que presenta la fuente hídrica del río Mulato y la población que depende de este afluente.

Como se observa, la cuenca requiere de acciones de intervención, antes de que el daño sea irreparable, presentándose así una clara oportunidad para impactar a una de las regiones más apartadas del país y con diversas problemáticas que retrasan su proceso de desarrollo y afectan la calidad de vida de sus habitantes. Es claro que, para una sociedad, el agua es precisa para el desarrollo de sus actividades, es por ello que se necesitan soluciones que contribuyan a su conservación.

En consecuencia, se plantean la siguiente pregunta de investigación.

## **2.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN:**

¿Cuáles son las características que definen la gestión integral del recurso hídrico en el contexto de la salud ambiental para el Río Mulato?

### 3 JUSTIFICACIÓN

El piedemonte amazónico es cada vez más afectado por la intervención humana y el uso inadecuado de los recursos que esta área geográfica provee, generando así daños al medio ambiente y problemas de salud ambiental en las poblaciones que habitan en esta región.

Uno de los principales inconvenientes está asociado al mal uso que se le da al recurso hídrico de la zona. El río Mulato, ubicado en la ciudad de Mocoa (Putumayo), en los últimos años se ha visto afectado por estas problemáticas de la región. En este asentamiento habitan aproximadamente unas 48.422 personas, las cuales emplean el agua de este río para sus actividades sociales e industriales, dependiendo así de este afluente para el desarrollo de la ciudad. Por esto, es necesario generar acciones de intervención que permitan mejorar la gestión del recurso hídrico en la zona y disminuir los problemas de salud ambiental en la región.

La incorporación de la salud humana a la dimensión ambiental se presenta actualmente como una prioridad en todo el mundo y es considerada un asunto de carácter estratégico para los países en vía de desarrollo, aportando así a la sustentabilidad de las naciones, además de brindar mejoras para la calidad de vida de las personas. Colombia, como país en vía de crecimiento, tiene el compromiso a nivel mundial de trabajar en estos temas, con el fin de mejorar la calidad de vida de sus habitantes y contribuir a las acciones por la conservación de los recursos naturales y la mitigación del cambio climático que presenta el planeta.

Los beneficios de esta investigación a largo plazo son de manera indirecta para la ciudad de Mocoa y sus 48.422 habitantes, y específicamente para los barrios y veredas que interactúan con el río tales como: vereda Líbano, vereda Villanueva, barrio Miraflores, barrio las Acacias, barrio las Colinas, barrio Pablo VI, barrio Av.17 de Julio, barrio José María Hernández, barrio Naranjito, barrio San Agustín, barrio La Peña y barrio José Homero. El 77% de estos barrios están clasificados con estrato socioeconómico 1 (Bajo-Bajo), el 15% con estrato socioeconómico 2 (Bajo) y el 8% restante pertenece a 3 (Medio-



Bajo). Por su estratificación, los habitantes de esta zona se clasifican como población vulnerable.

La Universidad Autónoma de Manizales trabajo en el proyecto denominado “Salud Ambiental en 5 departamentos de la región Central de Colombia: Carga de enfermedad y costos de la atención en salud. Colombia 2010-2016”. Este proyecto se encuentra enmarcado en el PDSF 2012-2021, corroborando así el compromiso que tiene la academia con las problemáticas reales que afectan al país, resaltando que es una de las pocas instituciones de educación superior que ha trabajado en este tema, lo que la convierte en pionera para la generación de estrategias innovadoras que aporten a las regiones del país. Lo anterior se presenta como una oportunidad para dar continuidad a este trabajo en la región sur del país (Mocoa), que carece de acciones de intervención que permitan la conservación de sus recursos naturales.

Por su parte, la maestría en Ingeniería y su línea en Gestión tecnológica tienen como pilar la generación de soluciones a problemas y vivencias reales, este trabajo se realizó bajo ese pilar que presenta el programa. Desde la vivencia de los autores, se sabe que el municipio de Mocoa, como unidad mínima de ordenamiento territorial, carece de un desarrollo más claro y preciso para afrontar estas problemáticas. De igual forma, los autores conocen las escasas estrategias para afrontar el riesgo y mitigar el impacto de un siniestro relacionado con el Río Mulato.

Con esta motivación, se vio una oportunidad innovadora desde una nueva perspectiva que es el contexto de la salud ambiental, para generar acciones que permitan hacer un uso sostenido de los recursos naturales y postergar la conservación de las cuencas hídricas. Es por ello que esta investigación se hizo necesaria, ya que aporta a la conservación de las fuentes hídricas de la ciudad de Mocoa; además, resalta la importancia de desplegar estrategias complementarias para el logro del desarrollo humano bajo parámetros de sostenibilidad y respeto por el medio ambiente, generando así conocimiento para abordar una de las problemáticas de la región.

## **4 OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar la gestión integral del recurso hídrico en la cuenca del río Mulato, en el contexto de la salud ambiental.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar las características ambientales en la cuenca del río Mulato, relacionadas con el componente de calidad de agua.
- Establecer la relación entre las características ambientales y los eventos en salud relacionados con calidad de agua.
- Definir las acciones programáticas para mejorar la gestión en salud ambiental.

## 5 ANTECEDENTES

Este capítulo aborda las dos categorías centrales de esta investigación gestión del recurso hídrico y salud ambiental. A continuación, se presentan investigaciones previas desarrolladas en estos dos temas y que están directamente relacionadas con el tema de estudio: “*Gestión integral del recurso hídrico, en el contexto salud ambiental caso río Mulato*”. Los antecedentes permitieron crear un panorama de las diferentes posturas que presentan los autores frente a estas dos categorías y cómo dichos puntos de vista aportan a la construcción del conocimiento. De igual forma, en este capítulo se revisó en una tercera instancia y de manera particular los antecedentes de trabajos investigativos realizados en la ciudad de Mocoa, con respecto al tema hídrico y la gestión del riesgo con el fin de contextualizar sobre otras investigaciones realizadas en la zona.

### 5.1 GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO

La gestión del recurso hídrico está dada, tanto por la disponibilidad del agua como por la sostenibilidad del recurso en el tiempo. En cuanto a lo primero, esta variable sirve para medir o calificar cómo se está manejando el recurso vital y de qué manera se administra para contar con él cada vez que se necesario. No está demás decir que dicha administración también está relacionada con el adecuado trato de otros recursos íntimamente ligados a la sana consecución del recurso hídrico, como la flora y la fauna. En este sentido, la ingeniería adquiere un rol importante, pues de su mano es posible gestionar mecanismos para conservar el agua y mantenerla, sin deteriorar los demás elementos del medio ambiente. A continuación, se presentan los estudios de diversos autores en materia de gestión del recurso hídrico y calidad de agua.

Vásquez (2012) estudió cómo a partir de los años ochenta del siglo pasado, los países desarrollados y las naciones en vía de desarrollo iniciaron con políticas de privatización de los servicios esenciales, entregando así el manejo de la gestión del recurso hídrico al sector privado. Como consecuencia, se incrementaron los problemas de equidad social en términos del acceso a los recursos hídricos. El autor presenta un panorama general de los

mercados de agua y de la privatización del recurso en América Latina y las consecuencias en términos de equidad social. De su estudio pudo inferir que existe evidencia empírica que permite afirmar que los modelos de gestión privada en la prestación de los servicios de agua y saneamiento no garantizan la equidad social en América Latina, ni la permanencia en el tiempo del vital recurso.

Por su parte, Delgado (2015) evidencia que el hecho negativo de la presión sobre los recursos hídricos es un problema anudado a los crecientes niveles de contaminación, la sobreexplotación y un incremento de la demanda por agua, con consecuencias en la calidad del recurso. Argumenta que el deterioro del recurso hídrico se debe a la expansión y crecimiento de las poblaciones, al incremento en la producción agropecuaria e industrial y a la deficiente gestión pública en este tema.

El autor establece una visión sobre los problemas, la gestión y el valor económico del recurso hídrico, así como las desigualdades que se presentan como privilegios sociales, culturales y antropológicos. Como resultado de esta visión, el autor encontró que es importante avanzar hacia un esquema de gestión integrada del recurso hídrico que permita conciliar la visión del agua no como un bien económico y si no, como un derecho humano (Delgado, 2015).

Vázquez y Delgado coinciden en que las presiones económicas afectan la gestión del recurso. Ambos coinciden en la desigualdad social que existe frente a la gestión del recurso hídrico. Delgado, argumenta que esta gestión debe darse desde el agua concebida como un derecho humano y no como un bien económico. Por su parte, Vázquez enfatiza en que el agua debe ser esencial en todas las personas y no debe privatizarse su servicio, ni mucho menos ver poder lucrativo en este recurso.

Najera (2009), en su investigación encontró que los recursos naturales que brindan los ecosistemas, como el agua, el suelo, entre otros, no se valoran de manera adecuada. En su estudio, el autor genera una discusión alrededor del tema de la gestión del agua y la problemática que existe en México respecto al suministro y gestión del agua para uso

urbano, donde las diferencias entre regiones por la captación, conservación y aprovechamiento de recursos hídricos son claramente evidentes.

Nájera, plantea la necesidad de adoptar instrumentos que garanticen una efectiva distribución y conservación del agua. De igual forma, plantea que se debe reflexionar sobre los riesgos que enfrenta la sociedad al tener que pagar por Servicios Ambientales para que se garantice la sustentabilidad de los recursos hídricos. Nájera y Vásquez coinciden en que pagar por un servicio ambiental incrementa las problemáticas de equidad social en términos del acceso a los recursos naturales.

Otros autores han estudiado la gestión del recurso hídrico desde la administración del mismo, como es el caso de Carreón, García & Molaes (2014), Los autores, en su investigación argumentan que las políticas públicas referentes al abastecimiento de agua son desmedidas y no aportan a su administración, gestión y conservación. En este sentido, Carreón, García y Morales proponen que la administración del recurso hídrico se debe dar en espacios de discusión y construcción social, con el fin de crear ciudades sustentables y con mecanismo para la conservación del vital recurso. Con esta propuesta los autores quieren aportar a la construcción de políticas públicas que satisfagan las necesidades en materia de recurso hídrico.

Betancur, Campillo & García (2011), reafirman la necesidad y pertinencia de formular planes de ordenamiento del recurso hídrico –PORH-; las autoras muestran los resultados de un proyecto de investigación realizado por la Universidad de Antioquia por encargo de CORANTIOQUIA, en el cual se diseñó una propuesta metodológica para la formulación de los PORH y que posteriormente se aplicó en microcuencas de las direcciones territoriales. Como resultado, se obtuvo una herramienta fundamental para lograr la preservación de los cuerpos de agua. Además, una mejoría en el ámbito ambiental y en la conciencia de la población en el cuidado de los cuerpos de agua.

Siguiendo con la línea de conservar los cuerpos de agua desde la planeación, en su artículo Geopolítica y recursos hídricos, Procópio (2010) habla de las escasas medidas que existen desde la planeación en referencia a la deforestación, el autor habla de las consecuencias

que tiene la deforestación de la Selva Atlántica y Amazónica sobre el recurso hídrico del continente. El deshielo de los glaciares tropicales en los Andes, que en un inicio provocaron inundaciones, hoy provocan inusitadas sequías. Los intereses propios de algunos gobiernos, donde dan prioridad a la industria, y que van en contra del reparto equitativo en los recursos naturales, crecen de manera peligrosa y se convierten en problema de políticas públicas para poder atender todos los sectores de una sociedad, incrementando así el riesgo para la conservación de los cuerpos de agua.

Zamudio (2012), en su trabajo titulado: “Gobernabilidad sobre el recurso hídrico en Colombia: entre avances y retos”, muestra una revisión general sobre la gestión del agua en Colombia, donde la gobernabilidad juega un papel importante como elemento fundamental de este proceso. Como resultado de su revisión, encontró que existe una crisis de gobernabilidad sobre el agua y que esta está dada en términos del desconocimiento, la descoordinación, la dispersión y el desinterés por este tema de vital importancia. En su artículo hace un llamado a los entes gubernamentales para unir esfuerzos y trabajar en pro de la gestión del recurso hídrico, generando acciones descentralizadas que permitan tener una mayor gobernabilidad del agua desde el ámbito local.

Los indicadores de sostenibilidad del recurso hídrico son una forma de hacer seguimiento a la administración del mismo; los autores Loaiza, Reyes & Carvajal(2011), hablan de cómo un sistema de monitoreo y seguimiento permite identificar, por medio de indicadores e índices, la sostenibilidad del recurso hídrico en el sector agrícola de la microcuena Centella, ubicada en el Valle del Cauca (Colombia). Con este modelo, se logró verificar si se cumplen las metas propuestas en materia de sostenibilidad del recurso hídrico a nivel: biofísico, tecnológico, político, institucional, social y económico; estos indicadores ayudan a medir lo planeado en materia de conservación del recurso y se convierten en una herramienta esencial para conocer la evaluación de las metas propuestas.

Como se observa, son muchos los autores que estudian la gestión del recurso hídrico desde la administración de la misma y todos confluyen en que la intervención del estado y la creación de políticas públicas son fundamentales para preservar el agua. La gobernabilidad

del agua debe darse en cooperación entre el Estado y actores no estatales permitiendo así gestionar la conservación del recurso hídrico con la participación de todos los sectores sociales.

En esta revisión de antecedentes, también se exponen algunos aportes de la ingeniería a la gestión del recurso hídrico y se habla de la importancia del cambio climático respecto a la gestión del agua. Ocampo (2012), realizó un análisis de vulnerabilidad de la cuenca del río Chinchiná. En su estudio técnico de diagnóstico hace un aporte de información básica y estratégica para el plan de gestión integral del recurso hídrico. Este trabajo incluye una caracterización física, climática y de balance hidrológico de la cuenca. La investigación usa indicadores del régimen hidrológico, en la que el autor pudo identificar y corroborar aspectos críticos en cuanto a oferta y calidad del agua. Estos indicadores evidencian una alta vulnerabilidad hídrica de la cuenca. Sumado a esto, esta condición se incrementa por el cambio climático. Lo anterior puede resultar en una limitación de la oferta del recurso afectando la población que depende de esta cuenca.

Este trabajo se relaciona con el estudio que se quiere realizar en la cuenca del río Mulato, pues en él se identificaron los aspectos que amenazan la cuenca y se genera información importante para tomar acciones que permitan una gestión del recurso y su conservación, trabajo que se quiere hacer en la microcuenca del río Mulato.

Posada, Molina & Rebolledo( 2005), examinaron la función que tiene la ingeniería en la solución de problemas relacionados con la sostenibilidad y gestión del recurso hídrico y encontraron que desde la academia se hace necesario mejorar la estructura curricular con el fin de formar ingenieros más competentes en este tema. Su estudio les permitió inferir que la educación universitaria debe ser vista como parte de los elementos culturales del país, de tal modo que esta contribuya al patrimonio de la población y permee en el desarrollo social y aporte a temas tan importantes como la gestión del recurso hídrico en Colombia.

Por otra parte, están los sistemas de información geográfica- SIG, los cuales se convierten en herramientas útiles a la hora de trabajar con campos de agua. Giménez et al (2010) describen la puesta en marcha de una herramienta de información geográfica para la gestión

y planificación de recursos hídricos de Cataluña desarrollada en plataformas OpenSource. Este instrumento permitió dar respuesta a sucesos extremos como la sequía, permitiendo la generación de acciones de intervención de manera ágil para afrontar el suceso (Giménez, Cabezón, & Rendas da silva, 2010).

Por su parte, Ramírez, Monsalve, Lozano, & Osorio (2014) diseñaron una herramienta Web georreferenciada a través de la API de Google Maps, con el fin de administrar los recursos hídricos superficiales de la cuenca del río La Vieja en Colombia. Con esta herramienta, los autores crearon un sistema de integración de información de fácil acceso, que ofrece a las personas datos reales y actuales acerca del estado de los recursos hídricos. Esta aplicación empleó las metodologías SCRUM y Mpiua y generó como resultado una forma de administrar la información que genera el río, relevante para la toma de decisiones alrededor de la cuenca.

Estos dos grupos de autores abordaron problemáticas diferentes y encontraron en los SIG una herramienta oportuna para dar resultados de fondo frente a los inconvenientes con el monitoreo, información en tiempo real y estado del agua. Con la aplicación de estas herramientas los autores lograron generar datos importantes para la toma de decisiones. A continuación, se presentan los estudios en materia de calidad de agua.

La calidad del agua, por su parte, determina el nivel de riesgo sanitario que presenta el recurso y las respectivas medidas de saneamiento y reducción de emergencia por su posible consumo. El agua es la fuente principal que impulsa la mayoría de las actividades socioeconómicas de la humanidad y que, también, tiene gran impacto en los estándares de la salud ambiental, de ahí la importancia de conservarla y garantizar su calidad. Con el fin de conocer la calidad del agua existen una serie de indicadores que determinan sus características, para ello, Fernández, Ramos, & Solano (2004) diseñaron el Software ICATEST V 1.0 con el fin de facilitar a los investigadores el cálculo de la gran variedad y cantidad de índices de calidad del agua (ICA) e índices de contaminación que existen. La herramienta permite realizar estudios comparativos de calidad del agua y en su momento



fue empleada por entidades como el IDEAM, Corponor, Ecopetrol entre otras, que trabajan en temas de calidad de agua.

Respecto a la calidad de agua para el consumo, Torres, Hernán, & Patiño (2009) revisaron cómo el deterioro de las fuentes de abastecimiento de agua, incide directamente en el riesgo sanitario que presenta el consumo de agua bajo estas condiciones. Para conocer la calidad del agua y evaluar el riesgo al que estaban expuestas las personas, los autores emplearon el índice de calidad de agua - ICA; de igual forma, consideraron otros índices aditivos como los CCME – WQI y DWQI. Los investigadores infieren en que los ICA son una herramienta útil para la evaluación de la calidad del agua, comparados con los índices aditivos; además encontraron que los parámetros más usados para el cálculo de los ICA son: oxígeno disuelto y pH, seguido por la DBO, los nitratos, los coliformes fecales, la temperatura, la turbiedad y los sólidos disueltos totales.

Jiménez & Vélez (2006) al igual que los anteriores autores, trabajaron con indicadores de calidad de agua. Los investigadores realizaron un análisis comparativo de indicadores de la calidad de agua superficial, en la quebrada Doña María localizada en Antioquia (Colombia). En este estudio emplearon el índice de calidad de agua WQI NSF, propuesto por la National Sanitation Foundation (NSF) y el índice de contaminación ICO, ambos estimados de información primaria recolectada en 110 puntos de medición. Como resultado se obtuvo que el índice de contaminación ICO diferencia los procesos físicos y antrópicos que ejercen mayor presión sobre la calidad del agua de manera más fácil y además emplea un menor número de variables que el índice de calidad de agua WQI NSF.

Por su parte, González, Caicedo, & Ramirez(2013) evaluaron la calidad de agua de la quebrada la Ayurá en Envigado-Antioquia (Colombia), los autores emplearon los índices de la Fundación Nacional de Saneamiento (NSF) y el índice biótico BMWP/Col. Para la estimación, recolectaron información en tres puntos diferentes de muestreo, los cuales denominaron como estación 1, 2 y 3. Como resultado, lograron determinar las variables fisicoquímicas y microbiológicas, que caracterizan cada estación. En la primera estación se

obtuvo una buena calidad de agua, mientras que en las estaciones 2 y 3 el deterioro de la calidad de agua es progresivo en la medida en que la intervención antrópica crece.

Los autores Pinilla, Ramírez, & Gallego (2016) realizaron un estudio en los acueductos comunitarios de la ciudad de Ibagué (Colombia), los cuales suministran agua para consumo humano y doméstico. Con la investigación, los autores querían identificar las percepciones de los habitantes de la comuna 13 (Ibagué) sobre la calidad del agua que consumían.

Mediante la aplicación de un instrumento de recolección (cualitativo), en una muestra de n=16035 habitantes, los investigadores determinaron que el 62% de los habitantes encuestados tiene la percepción de que el agua que consumen es de calidad mala o regular; por su parte, el restante 38% considera que la calidad del agua es buena o excelente. Otro aspecto que lograron identificar fue la conciencia que tienen los encuestados sobre las posibles consecuencias negativas que para su salud tiene el consumo de agua en mala calidad.

Como se observa, la determinación de la calidad de un cuerpo de agua usualmente es realizada por medio del análisis de indicadores, cada uno de ellos expresados en diferentes rangos, unidades y variables. La gran variedad de condiciones y calidad de la información disponible, son los causantes de la inexistencia de una metodología general para evaluar la calidad del agua. Por ello, el uso de un indicador varía de acuerdo con el criterio de cada investigador. Tal y como se observó en los trabajos de los autores Jiménez & Vélez (2006) y González et al. (2013), donde emplearon el índice de calidad de agua WQI NSF e ICO y el índice biótico BMWP/Col respectivamente; ambos trabajos evaluaron la calidad de agua de una quebrada, pero bajo metodologías diferentes.

Por otra parte es posible realizar estudios cualitativos, tal como lo hicieron los autores Pinilla et al. (2016) con su trabajo en los acueductos comunitarios, donde determinaron la percepción de calidad de agua que tenían los habitantes de la zona por medio de una encuesta. De igual forma, fue posible observar que el indicador más empleado es el ICA, tal como lo confirman los autores Rodríguez, Serna y Sánchez (2016) en su trabajo titulado “Índices de calidad en cuerpos de agua superficiales en la planificación de los recursos

hídricos”, donde aplicaron una metodología exploratoria para concretar la conceptualización de cada índice y así determinar que los índices de calidad de agua ICA son los más empleados en los cuerpos de agua superficial.

Para finalizar esta revisión, se presentan de manera particular los trabajos investigativos |realizados en el municipio de Mocoa y que tienen relación con la gestión del recurso hídrico y la calidad del agua.

Bedoya, Riaño, Reyes, & Salazar (2016) abordaron la caracterización de las circunstancias socioeconómicas del municipio de Mocoa y realizaron un ejercicio de modelación de servicios ecosistémicos hidrológicos para la cuenca del río Mocoa. Con este ejercicio los autores obtuvieron dos resultados, el primero fue un panorama de servicios ecosistémicos hidrológicos para el afluente hídrico y el segundo resultado permitió conocer el comportamiento del río con el fin de pronosticar posibles tendencias que puedan afectar a los beneficiarios del recurso hídrico y que delimite la cantidad y calidad de agua para la ciudad de Mocoa.

Como se observa, la preocupación por la calidad de los recursos hídricos del municipio de Mocoa es compartida por otros investigadores y evidencia la importancia de generar acciones para garantizar la conservación del mismo.

Robertson & Castiblanco (2011) realizaron una investigación sobre las amenazas ambientales de origen fluvio- volcánico y torrencial, con alto potencial de amenaza sobre la población del piedemonte amazónico. Los investigadores desarrollaron un análisis geomorfológico regional de imágenes satelitales (Landsat) y de aerofotografías locales con el fin de identificar las geoformas principales y los procesos morfodinámicos asociados a eventos ambientales extremos. En este análisis se identificaron tres factores ambientales capaces de generar graves impactos en la región: las erupciones volcánicas, los terremotos fuertes y las lluvias torrenciales.

Este estudio se generó años atrás de la avenida torrencial que afectó a Mocoa el 31 de marzo de 2017, ciudad que se encuentra en el piedemonte amazónico. Lo que mostraba

que, por su ubicación, Mocoa estaba expuesta a sufrir lluvias torrenciales, evidenciado así la necesidad de generar estrategias de mitigación del riesgo y conservación de los afluentes hídricos. Necesidad que no fue atendida a tiempo.

(Vargas et al., 2019) evaluaron la susceptibilidad a avalanchas de escombros y deslizamientos de tierra mediante un enfoque estocástico. Los investigadores emplearon dos técnicas de modelado diferentes: la primera, Splines de regresión adaptativa multivariante (MARS) y la segunda, Regresión logística (LR). Tanto MARS como LR permiten calcular la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos de tierra mediante la construcción de relaciones estadísticas entre un conjunto de variables ambientales y la variable objetivo, es decir, presencia / ausencia del evento de deslizamiento. Las dos técnicas fueron aplicadas a la avenida torrencial ocurrida en Mocoa el 31 de marzo de 2017.

Los autores, durante el experimento, utilizaron tres conjuntos de datos de deslizamientos de tierra diferentes que contienen: el punto más alto de cada línea de corona de deslizamiento de tierra reconocida (LIP de conjunto de datos), el 10% más alto de celdas de cada área de deslizamiento de tierra (FUENTE de conjunto de datos), y las áreas completas de deslizamientos, que incluyen zonas de inicio y acumulación (conjunto de datos MASS). Los resultados de la validación del modelo, expresados en términos de Área bajo la curva ROC (AUC), demuestran un mejor desempeño predictivo de los modelos MARS con respecto a los modelos LR, para los tres conjuntos de datos de deslizamientos de tierra. La validación del modelo también muestra que la habilidad predictiva de los modelos es mejor cuando los datos de deslizamientos de tierra se muestrean de las partes más altas de los deslizamientos de tierra (fuente de conjunto de datos). Esta comparación también permitió evidenciar qué herramienta sirve mejor para predecir un evento de esta magnitud, dando como resultado el MARS como una mejor herramienta (Cuervo et al., 2019).

Prada, Cabrera, Camacho, Estrada, & Ramos (2019) estudiaron la serie de movimientos de masas que tuvieron lugar en Mocoa la noche del 31 de marzo de 2017. Dichos movimientos devastaron la parte noroeste del área urbana de la ciudad. Los movimientos masivos fueron provocados por una acumulación de lluvia de 4 días y altas intensidades de lluvia en la

noche del evento. Alrededor de 420 movimientos masivos transportaron materiales tales como, tierra y flujos de escombros a lo largo de las quebradas Taruquita y Taruca y los ríos Sangoyaco y Mulato. Los investigadores revisaron y evaluaron los movimientos de masas en un análisis estadístico. Como resultado de este estudio se obtuvo una comparación entre las características estadísticas de movimientos en masa y los mapas de amenazas existentes, proporcionando así información valiosa sobre el manejo de amenazas para las comunidades de la zona.

En la noche del 31 de marzo de 2017, se produjo un evento de deslizamiento de tierra inducido por la lluvia con más de 600 deslizamientos de tierra poco profundos en Mocoa. El evento flujo de escombros causó, según datos publicados por la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres - UNGRD, una consecuencia catastrófica donde 333 personas fallecieron. Con el fin de conocer las causas del evento catastrófico, los investigadores analizaron imágenes de satélite y drones de alta resolución, inventario de deslizamientos de tierra y datos de precipitaciones. Se encontró que las fuertes precipitaciones y precipitaciones anteriores fueron los factores desencadenantes asociados a los deslizamientos de tierra poco profundos. Otro hallazgo que presentan los investigadores es la relación entre los movimientos masivos, con la pobre cobertura vegetal y la intensa actividad antrópica, como la agricultura extensiva y la deforestación encontrada en las zonas aledañas a las cuencas de las quebradas y ríos involucrados (Prada et al., 2019).

Como se observa, los estudios realizados en Mocoa están relacionados con la gestión de riesgo y los eventos que pueden ocurrir en la zona dada su ubicación geográfica. Por otra parte, se tiene estudios del recurso hídrico, pero en otras cuencas de la zona, tal como lo es el río Mocoa. Lo que evidencian un vacío de conocimiento en estudios relacionados con el recurso hídrico y salud ambiental en la cuenca del río Mulato.

## 5.2 SALUD AMBIENTAL

La salud ambiental y la gestión ambiental están estrictamente relacionadas con la posibilidad de generar un desarrollo sostenible respetando la integridad de la naturaleza y el eficiente manejo y administración de los recursos que esta provee. A continuación, se exponen diferentes estudios que relacionan la incidencia de las variables ambientales sobre la salud de las personas, evidenciando que un inadecuado uso de los recursos y su mal manejo afectan de manera directa a las comunidades.

Los autores Andrade & Bermúdez (2010) estudiaron el análisis realizado por la Contraloría General de la República de Colombia sobre la gestión ambiental urbana que se ha implementado en los distritos y áreas metropolitanas del país. Los autores realizaron cuestionamientos a autoridades ambientales urbanas, basados en normatividad de medio ambiente urbano promulgada en el país, con el fin de conocer avances en los hechos relacionados con la sostenibilidad ambiental de las ciudades, donde se evidenció la carencia de objetivos comunes entre las políticas de desarrollo urbano, ordenamiento de uso del suelo, ambiente urbano, movilidad y salud ambiental, lo que refleja un enfoque de sostenibilidad parcial y desintegrado.

Delgado, Trujillo, & Torres (2013) afirman que la educación ambiental crea pensamientos más flexibles en torno al medio, además de crear escenarios y procesos orientados al cambio. Con el estudio realizado por los autores se quiere generar cambios en la percepción del consumo de agua en los hogares, empleando la educación ambiental y la metodología investigación-acción. Por medio de talleres participativos se calculó la huella hídrica indirecta por consumo de alimentos y se generaron propuestas para mejorar la relación con el recurso. Esta estrategia de educación ambiental permitió la apropiación por parte de las comunidades con respecto a la gestión del recurso.

Como se puede observar, las estrategias de sensibilización ambiental en las comunidades tienen gran acogida y se convierten en estrategias de intervención para mejorar la gestión por el medio ambiente e impactar de manera directa en la calidad de vida de los habitantes que participan en este tipo de actividades.

Franco (2006) analizó algunas teorías y modelos en salud pública y encontró que existen diferentes corrientes, cada una con sus propias ideas, políticas y creencias en torno a la salud pública y las enfermedades. El autor habla sobre la necesidad de crear modelos que articulen de manera estructural, integral y política la salud pública, donde confluyan métodos y técnicas de las ciencias biológicas, naturales, ciencias sociales y el razonamiento para generar un nuevo pensamiento en materia de salud ambiental y la medicina social.

Por su parte, los autores Ramírez & Uresti (2006) defienden la idea de que preservar la calidad del agua es preservar la salud. Analizan cómo el desarrollo tecnológico, económico y la superpoblación tienen consecuencias sobre el medio ambiente, siendo las sustancias químicas para el control de plagas los principales residuos que llegan a las fuentes de agua, dada su volatilidad para viajar por el medio. Los investigadores analizaron la presencia de PCB's en las principales especies de pescado que habitan las presas de Tamaulipas y la Laguna de Champayán, los cuales son de consumo humano y si están contaminados, representa problemas tóxicos para el ser humano. Con ello, resaltan la importancia de preservar las fuentes de agua y alimento con el fin de evitar enfermedades en las poblaciones aledañas a estas fuentes.

Idrovo (2011) analizó el ambiente colombiano y la salud ambiental; en su revisión, enfatiza que el ambiente es un determinante de la salud individual y poblacional. Colombia es uno de los países con infinidad de recursos naturales, pero el uso y desempeño que se les da no es el más óptimo. Si bien existe gran riqueza natural, aún existen problemas en relación con el acceso a agua segura, contaminación del aire y carga de la enfermedad asociada a factores del ambiente.

El autor recuerda sucesos importantes que nos anuncian que no somos inmunes a los efectos de la contaminación ambiental, por ejemplo: Las intoxicaciones masivas por consumo accidental de plaguicidas organofosforados en Chiquinquirá (1967), Puerto López, Meta (1970), y en Pasto (1977) o los diferentes desastres naturales, inundaciones, sismos, sequías, huracanes, que han ocasionado cambios súbitos en el ambiente con

repercusiones en la salud física y mental. Finalmente, el autor invita a extender la mirada al ambiente y entender que este es un determinante importante de la salud de las poblaciones (Idrovo, 2011).

García, Vaca, & García (2013) investigaron el comportamiento de los determinantes ambientales de la salud para Colombia. El estudio se enfoca en el análisis de tres aspectos básicos: condiciones de salud de la población, cuidado de los recursos naturales y mecanismos de crecimiento económico sostenible. Los autores buscan un punto focal que puede integrar estos tres desafíos y así enriquecer tanto la discusión como la práctica de la salud pública en el tema de los determinantes ambientales de la salud y la calidad de vida.

Otros autores resumieron los fundamentos de los estudios ecológicos, partiendo de la idea de que es posible hacerlos con métodos cuantitativos, cualitativos o mixtos, donde resalta la relevancia que tienen los estudios ecológicos cuantitativos y cualitativos en salud ambiental y sirven como una forma de superar el individualismo conceptual y metodológico hegemónico, que resulta insuficiente para el estudio de la salud en las poblaciones (Blanco, Pinzón, & Idrovo, 2015).

Guzmán, Nava, & Díaz (2015) estudiaron la asociación que tiene la calidad del agua para consumo humano con la aparición de diversas enfermedades, reflejando así el impacto que tiene la calidad del agua en las poblaciones y poder así desarrollar acciones de prevención y promoción en salud ambiental. Entre 2008 y 2012 los autores analizaron el consumo de agua y la relación con la morbimortalidad en Colombia, el estudio de calidad de agua revisó la presencia de coliformes totales, *Escherichia coli*, la turbiedad, color, pH, cloro residual libre e índice del riesgo del agua. Los resultados se correlacionaron con la mortalidad infantil y la morbilidad por enfermedad EDA. Como resultado obtuvieron que un alto porcentaje de municipios en los que el valor de potabilidad del agua no se ajustaba a lo establecido por la norma vigente presentaba tasas más altas de mortalidad infantil y morbilidad por enfermedades EDA.

Agudelo, García, Robledo, García, & Vaca, (2016a) realizaron una aproximación al análisis multidimensional de las capacidades funcionales en salud ambiental por parte del



Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Emplearon como fuente de información los resultados institucionales obtenidos por medio de encuestas, información secundaria y la rendición de cuentas. Como resultado encontraron que las acciones institucionales frente a los problemas ambientales del país muestran una diversidad importante y se concluye que se debe continuar con el fortalecimiento de estas capacidades para lograr avances importantes en temas ambientales para el país.

Estos mismos autores decidieron elaborar un diagnóstico de las capacidades que tienen las autoridades ambientales y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para asumir su rol en salud ambiental. Los autores revisaron documentos y aplicaron entrevistas a actores presentes en estas autoridades y encontraron que la gestión del conocimiento sobre los temas ambientales es precaria y que la valoración de capacidades frente al tema es deficiente o apenas aceptable, dando como resultado que las autoridades ambientales no conciben ni ponen en práctica las capacidades del modelo PNUD, generando atrasos en materia de respuesta a los temas ambientales (Agudelo, García, Robledo, García, & Vaca, 2016b).

Otros autores evaluaron las condiciones de salud ambiental de la subcuenca la Chaparrala, en Colombia, por medio de un estudio descriptivo de corte transversal, indagaron sobre las condiciones sanitarias y ambientales de las viviendas, en torno a la subcuenca. En total, evaluaron 117 familias donde se analizó calidad fisicoquímica del agua. El agua de la quebrada cumplió con los parámetros fisicoquímicos establecidos en el reglamento técnico, excepto los parámetros de Turbiedad y Nitritos. Además, hallaron ocurrencias y concurrencias sobre salud ambiental. Concluyen que la quebrada puede seguir siendo fuente de abastecimiento para consumo humano pero debe ser sometida a un tratamiento convencional para evitar eventos sobre la salud de las personas de esta población (Agudelo et al., 2016b).

La mayoría de los autores citados, coinciden en estudiar los factores ambientales como determinantes de la salud ambiental, dado que la alteración en estos determinantes afecta de manera directa la salud de las poblaciones. Coinciden, por ejemplo, en que existe una

relación directa entre los casos de intoxicación por alimentos y la contaminación de fuentes de agua que fueron usadas para la producción de dichos alimentos. Otros coinciden en que las EDA tienen relación con la calidad del agua y que analizar estos casos permite generar acciones en las fuentes contaminadas y así evitar la propagación de enfermedades de manera masiva.

## **6 REFERENTE TEÓRICO**

Es necesario estudiar los conceptos y definiciones referentes a los temas objeto de estudio de esta investigación, con el fin de fundamentar de manera teórica el trabajo a desarrollar. En este capítulo se abordan las definiciones teóricas de salud ambiental y sus componentes, en segunda instancia se presentan los temas de calidad de agua, las categorías que determinan su calidad y las diferentes enfermedades que son vehiculizada a través del agua. Seguido a esto, se presenta la definición de la gestión integral del recurso hídrico, concepto que nace como respuesta a la “crisis del agua” que se vive, por la presión insostenible sobre este recurso. Luego, se presentan los temas de gestión en salud ambiental y, finalmente, se enmarca el tema de vigilancia tecnológica, la cual, al ser incorporada a este tipo de investigaciones, ayuda en la consecución de mejores resultados en los procesos de análisis y apropiación de información para la toma de decisiones.

### **6.1 SALUD Y SALUD AMBIENTAL**

La salud se define como: “un estado completo de bienestar físico, mental y social, y no solamente como la ausencia de afecciones o enfermedades” (OMS, 2017). Teniendo en cuenta esta definición, se puede inferir que la salud es un recurso para la vida diaria, es el medio que permite a las personas llevar una existencia económicamente productiva y actúa como un reflejo positivo del individuo frente a la sociedad.

Por su parte León & Berenson (2013) proponen la siguiente definición de salud:

Un ser humano se encuentra sano cuando, además de sentirse bien física, mental y socialmente, sus estructuras corporales, procesos fisiológicos y comportamiento se mantienen dentro de los límites aceptados como normales para todos los otros seres humanos que comparten con él las mismas características y el mismo medio ambiente (León Baura & Berenson Seminario, 2013,p.2)

Como se observa, esta enunciación incorpora el aspecto de medio ambiente, lugar donde el ser humano interactúa y tiene contacto de manera directa con otros individuos que pueden influir de manera inmediata en su estado de salud.

Tradicionalmente, la salud y el ambiente se han estudiado por aparte y de forma totalmente independiente, generando confusión a la hora de definir si el espacio en el que un ser interactúa afecta o no su salud. Al abordar la salud y el ambiente de esta manera, la salud ha sido focalizada como el hecho de la prevención, o en su defecto, la implementación de tratamientos que contrarresten las patologías ya adquiridas por la población, mientras que el medio ambiente se estudia como un factor para tratar temas meramente de desarrollo sostenible (García, Vaca, & García, 2013).

Su tratamiento por separado es un error, dado que la salud y el ambiente tienen relación con los espacios en los que se desarrolla la vida de las personas, como ejemplo de ello está el espacio habitacional, centrado por supuesto en la vivienda y el hogar de los seres humanos; un inadecuado espacio de hábitat genera repercusiones para la salud de los individuos, puesto que las condiciones de insalubridad que se viven en el mismo están directamente relacionadas con las enfermedades que adquiere el tipo de población que las habita.

Otro espacio importante es el ocupacional, que incluye los lugares en los que se trabaja y se estudia, siendo estas dos ocupaciones los lugares donde más tiempo pasa un individuo al día y donde las largas jornadas se hacen idóneas para la propagación de virus y enfermedades, dado el largo tiempo que se comparte con otros individuos en un mismo espacio. Por otra parte está el espacio público, relacionado con los lugares de encuentro social, como las vías, las zonas de comercio, recreación, esparcimiento, lugares al aire libre, parques, entre otros espacios donde las personas confluyen y pueden adquirir alguna complicación en su salud, por escenarios inapropiados (García et al., 2013).

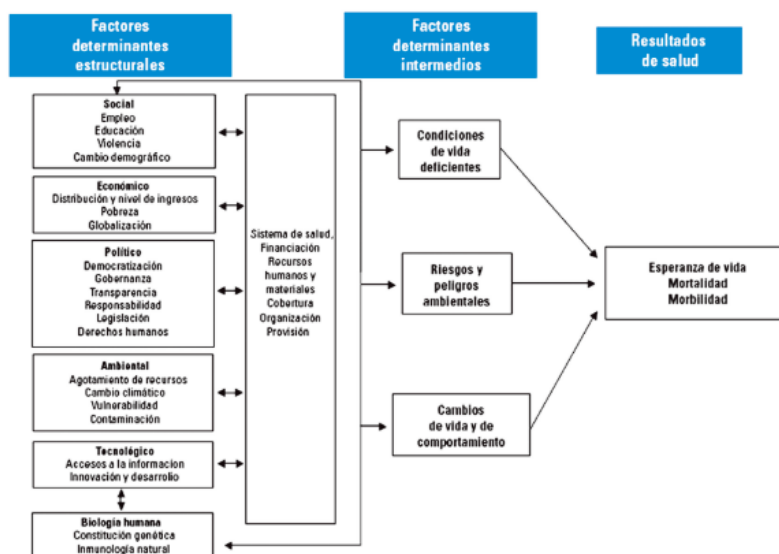
Por esta razón, la salud y ambiente se deben abordar de manera conjunta. Una de las definiciones más completas establece que: la salud ambiental es la interacción entre seres humanos y factores biológicos, físicos, químicos y sociales que se localizan en el medio que habitan. Por tanto, la noción de salud ambiental investiga las prácticas de uso, manejo,

apropiación y utilización de los componentes ambientales tales como flora, fauna, suelo, agua y atmósfera, puesto que una práctica inadecuada de estos componentes genera consecuencias negativas en la salud de las personas (Ministerio de Salud y Protección Social & Organización Panamericana de la Salud, 2014).

El CONPES 3550 brinda una definición de salud ambiental tomada de un informe de salud de las Américas en 2007, donde se expresa que la salud ambiental es el resultado de la interacción de elementos que operan en diferentes niveles de agregación y en el contexto de procesos complejos, los cuales van más allá de los mecanismos tradicionales (biológicos, físicos y químicos) del medio ambiente(Consejo Nacional de Política Económica y Social & Departamento Nacional de Planeación, 2008).

Esta definición también habla sobre los factores determinantes de la salud, que ayudan a entender de manera más precisa la definición de salud ambiental. De acuerdo con lo anterior, existen una sucesión de factores determinantes estructurales de carácter económico, social, ambiental, político, biológico y tecnológico que se relacionan entre sí y en importante interacción con el sistema de salud (Consejo Nacional de Política Económica y Social & Departamento Nacional de Planeación, 2008,p.27-28). En la figura 5 se presenta de manera gráfica la salud y sus factores determinantes.

**Figura 5** La salud y sus factores determinantes: Interacciones de salud y ambiente



**Fuente :** Tomado de Consejo Nacional de Política Económica y Social & Departamento Nacional de Planeación

Como se observa, la influencia de estos factores en la salud de las personas genera como resultado los niveles de esperanza de vida, mortalidad y morbilidad en las poblaciones. Estos factores se convierten entonces en focos estratégicos a desarrollar con el fin de disminuir el impacto en la salud.

En el Plan Decenal de Salud Pública (PDSP) 2012-2021 se define la salud ambiental como:

Conjunto de políticas, planificado y desarrollado de manera intersectorial, con la participación de los diferentes actores sociales, que buscan materializar el derecho a un ambiente sano, que favorezca y promueva la calidad de vida y salud de la población de presentes y futuras generaciones, a través de la transformación positiva de los determinantes sociales, sanitarios, laborales, ocupacionales y ambientales. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2012, p.77)

Esta definición enmarca temas tales como la vulnerabilidad de las poblaciones, el desarrollo sostenible, la participación comunitaria y nuevamente hace énfasis en factores determinantes que afectan la salud en las poblaciones. El PDSP establece la salud ambiental como una dimensión prioritaria a trabajar en el país y para ello desarrolla una serie de componentes que la conforman y son objeto de trabajo para Colombia.

## **6.2 CALIDAD DE AGUA**

El agua es esencial para la vida de todos los seres del planeta. Pese a que el 70% aproximadamente de su superficie se compone de agua, solo un 1% corresponde a agua potable. Debido al crecimiento poblacional y el desarrollo logrado por la humanidad en las últimas décadas, los ecosistemas acuáticos se han visto afectados por una serie de factores, provenientes de la contaminación antrópica. Los desechos de origen doméstico e industrial que tienen como destino los ríos y, en último término, el mar, han reducido considerablemente la calidad del agua para la subsistencia en la tierra (Serna & et, 2018).

Por su parte, el Sistema de Información Nacional de Colombia (SIAC) define el agua como un compuesto primordial e irremplazable de características únicas y de gran significación

para la vida, el cual es determinante en los procesos físicos, químicos y biológicos que gobiernan el medio natural (Sistema de Información Ambiental de Colombia, 2019)

La calidad del agua de los ríos y mares colombianos se ve afectada por cargas contaminantes arrojadas a los cuerpos de agua, que resultan de los procesos sociales y económicos del país. Estas acciones incrementan diariamente, debido al crecimiento de la población y de las actividades económicas. La carga orgánica biodegradable (DBO5) vertida a los sistemas hídricos de Colombia después de un previo tratamiento, alcanzó durante el año 2012: 756.945t t/año, que equivalen a 2.102 t/día. De este total, el sector doméstico aportó el 69%, seguido del sector industrial con un aporte del 28% y finalmente el sector cafetero con el 3% (Sistema de Información Ambiental de Colombia, 2019).

La Organización Mundial de la Salud afirma que la calidad del agua de consumo se puede controlar mediante la combinación de medidas tales como la protección a las fuentes de agua, el control en los tratamientos de vertimiento y una adecuada distribución del agua. Para ello, los gobiernos deben generar guías desde los ámbitos nacionales, regionales y locales, con el fin de garantizar la calidad del recurso. Desde la OMS, se establecen dos parámetros para medir la calidad el agua, estos son la calidad microbiológica del agua y la calidad química del agua (Organización Mundial de la Salud, 2006).

La calidad o deterioro del agua puede medirse mediante la aplicación de índices de calidad del agua tales como los que presenta la Fundación Nacional de Saneamiento (ICAs/NSF) o puede ser medida a través de índices biológicos. Los ICAs/NSF hacen una valoración de las condiciones fisicoquímicas del agua, con el fin de establecer valores críticos de concentraciones para algunas sustancias consideradas como tóxicas para los seres vivos. Por su parte, los índices biológicos trabajan en la detección de organismos como bacterias, protozoos, peces y macroinvertebrados; con el fin de medir la cantidad de vida de estas especies en un cuerpo de agua, la baja presencia de estos organismos genera alertas sobre la calidad del agua (Serna & et, 2018)

Los índices biológicos más ampliamente utilizados corresponden al índice biótico BMWP (Biological Monitoring Working Party), que para Colombia se ha modificado y adaptado

según las poblaciones de individuos en las diferentes regiones (BMWP/Col) y el índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera), que brindan información acerca de la calidad biológica del agua, otorgando una valoración según las familias de macroinvertebrados presentes en una zona (Serna & et, 2018).

La calidad microbiológica del agua en general incluye análisis microbiológicos, en donde se realiza un análisis de microorganismos indicadores de contaminación fecal, que también pueden incluir la determinación de las concentraciones de patógenos específicos. Se puede analizar el agua desde el origen, después de ser tratada, desde los sistemas de distribución o del agua almacenada en los hogares. En este estudio se verifica presencia de *Escherichia coli*, un indicador de contaminación fecal, el cual no debe estar presente en el agua de consumo (Organización Mundial de la Salud, 2006).

La evaluación de la calidad química del agua de consumo está dada por la comparación de los resultados de los análisis con los valores de referencia. El estudio se centra en controlar la cantidad de aditivos que afectan de manera directa la calidad del agua. La mayoría de los productos químicos que pueden estar presentes en el agua se consideran peligrosos si sobrepasan los niveles mínimos permitidos. Uno de los principales causantes de sustancias peligrosas en el agua es el uso de fertilizantes en la agricultura, que llegan de manera directa a las fuentes de agua. (Organización Mundial de la Salud, 2006).

### **6.2.1 Características para determinar la Calidad del Agua**

La calidad del agua es medida en variables físicas, químicas y microbiológicas, una desviación en los valores máximos aceptados genera alertas sobre la calidad del agua que se está analizando. A nivel internacional, la organización mundial de la salud OMS establece políticas generales para medir la calidad de este recurso, las cuales son adaptadas a cada país. Colombia, mediante la resolución 2115 de 2007, estableció las características que debe tener el agua para consumo humano. En la tabla 1, se presentan una serie de definiciones que permitirán contextualizar este tema y los parámetros establecidos por la ley colombiana para la calidad del agua.



**Tabla 1 Definiciones para la calidad del agua**

<b>DEFINICIONES</b>	
<b>Análisis microbiológico del agua</b>	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.
<b>Análisis básicos</b>	Procedimiento para determinar: turbiedad, color aparente, pH, cloro residual libre o residual de desinfectante usado, coliformes totales y Escherichia coli.
<b>Análisis complementarios:</b>	Procedimiento para las determinaciones físicas, químicas y microbiológicas no contempladas en el análisis básico.
<b>Análisis físico y químico del agua</b>	Procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para evaluar sus características físicas, químicas o ambas.
<b>Cloro residual libre</b>	Porción que queda en el agua después de un período de contacto definido, que reacciona química y biológicamente como ácido hipocloroso o como ion hipoclorito.
<b>Coliformes</b>	Son indicador de contaminación microbiológica del agua para consumo humano. Bacterias Gram Negativas en forma bacilar. No forman esporas y presentan actividad enzimática de la $\beta$ galactosidasa.
<b>Color aparente</b>	Color que presenta el agua en el momento de su recolección, sin haber pasado por un filtro de 0.45 micras.
<b>Dosis letal media - dl50</b>	Estimación estadística de la dosis mínima necesaria para matar el 50% de una población de animales de laboratorio bajo condiciones controladas. Se expresa en miligramos de tóxico por kilogramo de peso del animal.
<b>Escherichia coli - e-coli</b>	Bacilo aerobio Gram Negativo no esporulado Es el indicador microbiológico preciso de contaminación fecal en el agua para consumo humano.
<b>Población servida o atendida</b>	Es el número de personas abastecidas por un sistema de suministro de agua.
<b>Prevalencia de sustancias químicas</b>	Son las sustancias químicas presentes en el agua para consumo humano, que permanecen en forma periódica o continúa.
<b>Tratamiento o potabilización</b>	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.
<b>Valor aceptable</b>	Es el establecido para la concentración de un componente o sustancia, que garantiza que el agua para consumo humano no representa riesgos conocidos a la salud.

Fuente: Elaboración propia a partir de Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente

- **Características químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana:**

Las características químicas del agua para consumo humano de los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias que al sobrepasar los valores máximos aceptables tienen reconocido efecto adverso en la salud humana, deben enmarcarse dentro de los valores máximos aceptables que se señalan en la tabla 2.

**Tabla 2 Características químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana**

Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias	Expresados como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Antimonio	Sb	0,020
Arsénico	As	0,010
Bario	Ba	0,700
Cadmio	Cd	0,003
Cianuro libre y disociable	CN-	0,050
Cobre	Cu	1,000
Cromo total	Cr	0,050
Mercurio	Hg	0,001
Níquel	Ni	0,020
Plomo	Pb	0,010
Selenio	Se	0,010
Trihalometanos Totales	THMs	0,200
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	HAP	0,010

**Fuente:** Elaboración propia a partir de Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente

- **Características químicas de sustancias que tienen implicaciones sobre la salud humana**

Las características químicas del agua para consumo humano en relación con los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana se señalan en la tabla 3.

**Tabla 3 Características químicas de sustancias que tienen implicaciones sobre la salud humana**

Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana	Expresados como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Carbono orgánico total	COT	5,00
Nitritos	NO <sub>2</sub>	0,10
Nitratos	NO <sub>3</sub>	10,0
Fluoruros	F	1,00

**Fuente:** Elaboración propia a partir de Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente

- **Características químicas que tienen consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana**

Las características químicas del agua para consumo humano en relación con los elementos y compuestos químicos que tienen consecuencias económicas e indirectas sobre la salud se señalan en la tabla 4.

**Tabla 4 Características químicas que tienen consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana**

Elementos y compuestos químicos	Expresados como	Valor máx. aceptable (mg/L)
Calcio	Ca	60,0
Alcalinidad total	CaCO <sub>3</sub>	200
Cloruros	Al <sup>3+</sup>	250
Aluminio	F	0,20
Dureza total	CaCO <sub>3</sub>	300
Hierro total	Fe	0,30
Magnesio	Mg <sup>3</sup>	36,0
Manganeso	Mn	0,10
Molibdeno	Mo	0,07
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2</sup>	250
Zinc	Zn	3,00
Fosfatos	PO <sub>4</sub> <sup>3</sup>	0,50

Fuente: Elaboración propia a partir de Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente

- **Características físicas**

El agua para consumo humano no podrá sobrepasar los valores máximos aceptables para cada una de las características físicas que se señalan en la tabla 5.

**Tabla 5 Características Físicas**

Características físicas	Expresadas como	Valor máximo aceptable
Color aparente	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	15
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de turbiedad (UNT)	2,0

Fuente: Elaboración propia a partir de Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente

- **Características Microbiológicas:**

Las características microbiológicas del agua para consumo humano deben enmarcarse dentro de los valores que presenta la tabla 6, los cuales son establecidos teniendo en cuenta los límites de confianza del 95% y para técnicas con habilidad de detección desde 1 Unidad Formadora de Colonia (UFC) o 1 microorganismo en 100 cm<sup>3</sup> de muestra.

**Tabla 6 Características Microbiológicas**

Técnicas utilizadas	Coliformes totales	Escherichia coli
Filtración por membrana	0 UFC/100 cm <sup>3</sup>	0 UFC/100 cm <sup>3</sup>
Enzima sustrato	< de 1 microorganismo en 100 cm <sup>3</sup>	< de 1 microorganismo en 100 cm <sup>3</sup>
Sustrato Definido	0 microorganismo en 100 cm <sup>3</sup>	0 microorganismo en 100 cm <sup>3</sup>
Presencia – Ausencia	Ausencia en 100 cm <sup>3</sup>	Ausencia en 100 cm <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia a partir de Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente

La resolución 2115 de 2007 definió también la medición del índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano – IRCA, el cual, se calcula mediante una media ponderada, donde se atribuyen puntajes de riesgo a cada característica (física, química, microbiológica) según su impacto en la calidad del agua y el riesgo para la salud. En la ecuación 1 se presta la fórmula del indicador.

$$\text{IRCA(\%)} = \frac{\sum \text{Puntaje de riesgo asignado a las características no aceptables}}{\sum \text{Puntaje de riesgo asignado a las características analizadas}} * 100 \quad [\text{EC.1}]$$

Cuando el valor del IRCA toma el valor de cero (0) puntos, significa que cumple con los valores aceptables para cada una de las características analizadas, si, por el contrario, toma el valor de cien puntos (100) indica un alto riesgo y no cumple. En la tabla 7 se presentan los niveles de riesgo que puede tomar el indicador.

**Tabla 7 Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra y el IRCA mensual y acciones que deben adelantarse**

Clasificación IRCA (%)	Nivel de Riesgo	Escala de Colores	IRCA por muestra (Notificaciones que adelantará la autoridad sanitaria de manera inmediata)	IRCA mensual (Acciones)
80,1 -100	Inviabile Sanitariamente	<b>Rojo</b>	Informar a la persona prestadora, al COVE, alcalde, gobernador, SSPD, MPS, INS, MAVDT, Contraloría General y Procuraduría General.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo con su competencia de la persona prestadora, alcaldes, gobernadores y entidades del orden nacional.
35,1 - 80	Alto	<b>Naranja</b>	Informar a la persona prestadora, COVE, alcalde, gobernador y a la SSPD.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo con su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores respectivos.
14,1 – 35	Medio	<b>Amarillo</b>	Informar a la persona prestadora, COVE, alcalde y gobernador.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de la persona prestadora.
5,1 - 14	Bajo	<b>Verde</b>	Informar a la persona prestadora y al COVE.	Agua no apta para consumo humano, susceptible de mejoramiento.
0 - 5	sin riesgo	<b>Azul</b>	Continuar el control y la vigilancia.	Agua apta para consumo humano. Continuar la vigilancia.

**Fuente:** Elaboración propia a partir de Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente

### 6.2.2 Síntesis de la Evaluación Nacional del Agua en Colombia – ENA

En Colombia, la Evaluación Nacional del Agua es liderada por el IDEAM y tiene como modelo básico el ciclo del agua y las interacciones de este con el medio ambiente y la sociedad. La evaluación, también analiza la incidencia de las actividades humanas en el comportamiento del agua del país. En la figura 6, se muestra el modelo básico de evaluación, el cual parte de las características de los procesos que se dan en el ciclo del agua, seguido a este, se encuentran las fases de presión sobre el agua, efectos e impactos y políticas de gestión (IDEAM, 2019).

Figura 6 Modelo básico de evaluación



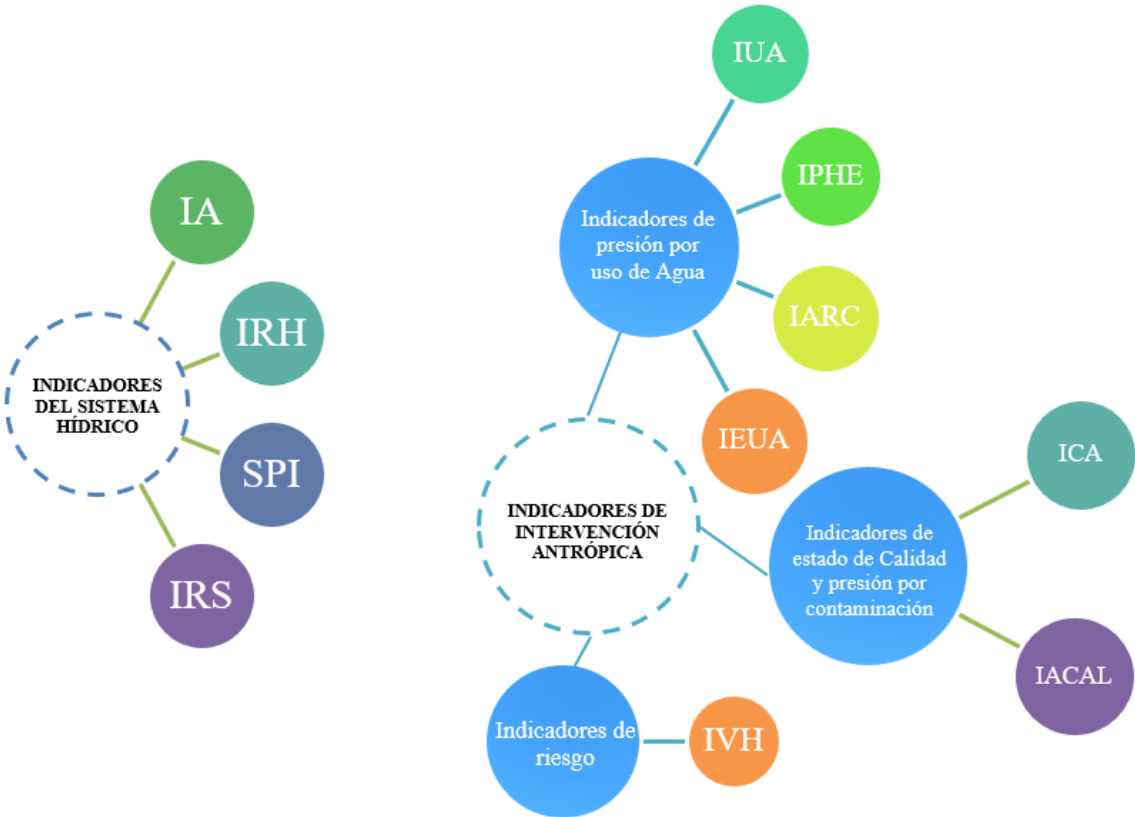
Fuente: Elaboración propia a partir de Estudio Nacional del Agua 2018

El estudio nacional de agua - ENA, trabaja con dos grupos de indicadores, el primero da cuenta de las condiciones del sistema hídrico natural y el segundo mide lo relacionado con la intervención antrópica que tienen efectos sobre la calidad, cantidad y variabilidad del agua.

En la figura 7, se muestra el conjunto de indicadores e índices que integran los dos grupos (IDEAM, 2019).

Los índices que caracterizan el sistema hídrico permiten analizar el estado del agua superficial. El índice de aridez (IA) mide la disponibilidad de agua y energía para evapotranspiración, por su parte el índice de regulación hídrica (IRH) muestra el estado de las condiciones del régimen natural de la cuenca, mientras que el índice de sequía y precipitación (SPI) caracteriza los períodos donde se presentaron condiciones secas. Finalmente el índice de rendimiento de sedimentos evalúa los procesos de producción y transporte de sedimentos en los cuales el agua es el agente erosivo (IDEAM, 2019)

**Figura 7 Sistema de indicadores ENA**



**Fuente:** Elaboración propia a partir de Estudio Nacional del Agua 2018

Los indicadores de intervención antrópica representan la relación entre el medio natural, el grado de utilización del recurso y la vulnerabilidad del mismo. Para efectos de esta investigación se trabajará con el indicador ICA. El índice de calidad del agua expresa la

calidad del recurso hídrico superficial. Para Colombia, el ICA se puede calcular mediante un conjunto de cinco variables: oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales, demanda química de oxígeno, conductividad eléctrica y pH total.

Los valores calculados del indicador se revisan de acuerdo con lo estipulado en la tabla 8, en ella se presentan cinco categorías descriptivas: buena, aceptable, regular, mala o muy mala. Que a su vez se asocian a un determinado color: azul, verde, amarillo, naranja y rojo, respectivamente (IDEAM, 2011).

La fórmula de cálculo del indicador es:

$$ICA_{njt} = \left( \sum_{i=1}^n W_i * I_{ikjt} \right) \text{ [EC. 2]}$$

Donde:

- **ICA<sub>njt</sub>**: Es el índice de calidad del agua de una determinada corriente superficial en la estación de monitoreo de la calidad del agua j, en el tiempo t, evaluado con base en n variables.
- **W<sub>i</sub>**: Es el ponderador o peso relativo asignado a la variable de calidad.
- **I<sub>ikjt</sub>**: Es el valor calculado de la variable i (obtenido de aplicar la curva funcional o ecuación correspondiente), en la estación de monitoreo j, registrado durante la medición realizada en el trimestre k, del período de tiempo t.
- **n**: Es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador; para este caso n es igual a 5.

**Tabla 8** Calificación de la calidad del agua según los valores que tome el ICA

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

**Fuente:** Elaboración propia a partir de lo consultado en IDEAM, 2011

### 6.2.3 Enfermedades Vehiculizadas por El Agua

Un inadecuado saneamiento básico, el consumo de agua no potable y la falta de higiene, forman una fuente directa para la propagación de enfermedades. Los países en vía de desarrollo se ven afectados por la cantidad de enfermedades presentes en la población vinculadas con la calidad del agua, lo que afecta el crecimiento económico de las regiones e impone mayores costos a los sistemas de salud (Consejo Nacional de Política Económica y Social & Departamento Nacional de Planeación, 2008).

La calidad del agua está directamente relacionada con la salud y la vida de las personas. El agua no potable es considerada un vehículo transmisor de enfermedades con alto impacto para la salud pública. Enfermedades como: la Hepatitis A, el cólera, Fiebre tifoidea, Paratifoidea, entre otras, son transmitidas a través del consumo de alimentos contaminados o por la ingesta de agua de mala calidad. Se estima que el agua en condiciones inadecuadas de potabilidad y un inadecuado saneamiento cobra más de 1,7 millones de muertes en el mundo, principalmente a través de enfermedades diarreicas agudas (Instituto Nacional de Salud, 2015), a continuación, se describen las principales enfermedades vehiculizadas por el agua y que fueron analizadas en esta investigación:

- **Hepatitis A:** El virus de la Hepatitis A es del tipo RNA, de la familia Picornaviridae, género Hepatovirus, Especie: Hepatitis A virus. Se transmite comúnmente por vía fecal-oral, a través del contacto entre personas o por ingestión de agua o alimentos contaminados. En la mayoría de casos, las personas se recuperan completamente. Sin embargo, existen casos letales por Hepatitis A.
- **Enfermedades diarreicas agudas - EDA:** Una Enfermedad Diarreica aguda es un síndrome causado por bacterias, virus y parásitos, cuya manifestación predominante es el incremento de deposiciones líquidas. Por lo general, se acompaña de fiebre, dolor abdominal y vómitos. La enfermedad varía de leve a grave y puede durar entre 2 y 14 días. Según estimaciones de la Organización Mundial de la Salud, las enfermedades diarreicas agudas son uno de los eventos más relevantes en términos de morbilidad y mortalidad en el mundo. Solo en 2014 se reportaron 4,000 millones de casos en todo el planeta, afectado en su mayoría a la población menor de cinco años. El cólera es la



enfermedad diarreica aguda más grave, se disemina rápidamente causando epidemias. Se presenta en forma grave con diarrea acuosa profusa, con o sin vómitos, dolor y calambres. Cuando no se trata oportunamente suele evolucionar a acidosis, colapso circulatorio y a insuficiencia renal.

- **Enfermedades transmitidas por alimentos - ETA:** La enfermedad transmitida por alimentos es el síndrome originado por el consumo de alimentos y/o agua que contiene agentes etiológicos capaces de afectar la salud del consumidor. Las ETA pueden presentarse de dos maneras: la primera, como infección alimentaria, producida por consumo de alimentos y/o agua contaminados de bacterias, virus, hongos, parásitos, que en la luz intestinal pueden multiplicarse y producir toxinas. El segundo caso se da como intoxicaciones alimentarias, producidas por ingesta de toxinas formadas en tejidos de plantas, animales o producidas por microorganismos, sustancias químicas y sustancias radioactivas que se incorporan a los alimentos y al ser ingeridos producen intoxicación en humanos.
- **Fiebre tifoidea y paratifoidea:** La fiebre tifoidea es transmitida por la bacteria *Salmonella typhi*, mientras que la fiebre paratifoidea es causada por la *Salmonella paratyphi*. Se propaga fácilmente en espacios con mala higiene y saneamiento inadecuado y es transmitido por ingesta de agua y alimentos contaminados con heces u orinas de portadores del virus. También se puede contraer al consumir mariscos de fuentes de agua contaminadas o al consumir alimentos contaminados por el virus. Generalmente se presenta con malestar general, fiebre alta, dolor de cabeza, bradicardia relativa, manchas rosadas en el tronco, tos seca y estreñimiento o diarrea. La mortalidad está asociada principalmente al desarrollo de complicaciones gastrointestinales como hemorragias intestinales.

Otra enfermedad relacionada con el agua es el Cáncer Gástrico, el cual surge como un tumor maligno de las células de alguna de las capas del estómago. Por lo general se origina en la mucosa, siendo el adenocarcinoma el tipo histológico más frecuente (90% de los casos). Cuando se habla de cáncer gástrico se hace referencia, en general, al adenocarcinoma gástrico mientras que si el tumor es de otro tipo se denomina linfoma

gástrico. Las causas exactas no se conocen, aunque se sabe que existen unos factores de riesgo que favorecen su aparición (SEOM, 2020).

La mala alimentación es uno de los factores que favorece la aparición de este cáncer, una dieta bajas en frutas y en verduras frescas, y el alto consumo de alimentos con grandes concentraciones de nitratos contribuyen a la aparición del cáncer gástrico. Por otra parte, están los factores ambientales, la mala preparación de los alimentos, la falta de refrigeración y el consumo de agua en mal estado favorecen el desarrollo de este tumor. El tabaco también aumenta el riesgo de desarrollar muchos cánceres, incluido el de estómago, el padecimiento de algunas enfermedades como gastritis, reflujo y anemia también influyen en la aparición de este cáncer (SEOM, 2020).

### **6.3 GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO**

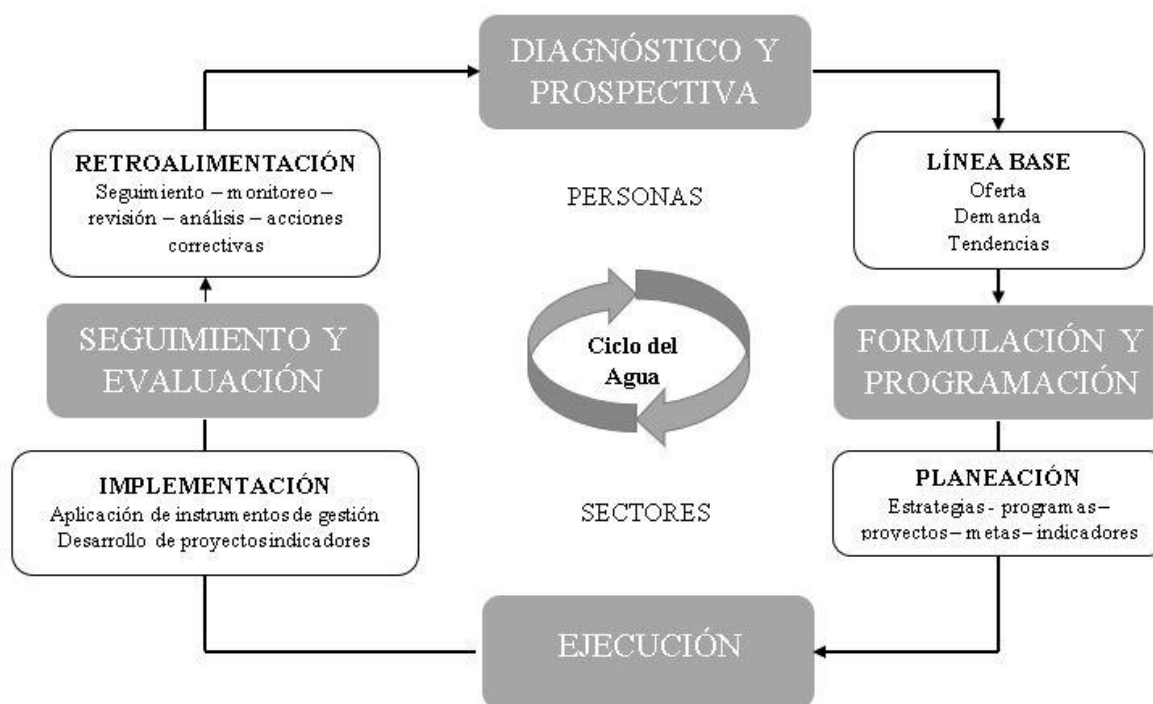
La Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico define que: la gestión integral del recurso hídrico- GIRH, pretende orientar el desarrollo de políticas públicas en materia de recursos hídricos, a través de una armonía entre el desarrollo económico, social y la protección de los ecosistemas. La GIRH es un proceso que promueve la gestión y el aprovechamiento coordinado del agua, la tierra y los recursos naturales, con el fin de extender el bienestar social y económico de manera equitativa sin afectar la sostenibilidad de los mismos (Ministerio de Ambiente, 2010).

El concepto de gestión del recurso hídrico nace como respuesta a la “crisis del agua” que se vive por la actual presión insostenible que existe sobre el recurso hídrico. Actualmente, la demanda de consumo de agua crece junto con el incremento de las poblaciones y la industria. Se ha observado que el centro del problema radica en la inadecuada gestión y gobernabilidad del recurso; para ello se debe trabajar en armonizar los diversos usos (presentes y futuros) que se le dan al agua, con el fin de conservar este recurso a través del tiempo (Ministerio de Ambiente, 2010).

Con el fin de conservar el recurso hídrico, la Política Nacional plantea un ciclo de mejoramiento continuo, el cual parte de un diagnóstico del estado y gestión del recurso que proporciona una línea base para la formulación de los objetivos, principios, estrategias,

líneas de acción y metas nacionales en temas de gestión del recurso hídrico. El ciclo continúa con la ejecución, implementación y seguimiento de las metas establecidas. Finalmente, se espera una retroalimentación de este proceso para mejorar la gestión de manera continua. Con este ciclo se quiere garantizar el uso sostenible del agua y contribuir a la calidad de vida de la población y al desarrollo unido de las actividades del país (Ministerio de Ambiente, 2010). En la figura 8 se presentan las fases del ciclo.

**Figura 8** Ciclo de la gestión integral del recurso hídrico



**Fuente:** Elaboración propia a partir de los consultado en Ministerio de Ambiente ,2010

**Diagnóstico y prospectiva:** En este paso se diagnostica el estado actual del recurso hídrico y se analiza su futuro. Se determina la oferta y demanda de agua en detalle, con el fin de asignar un uso, de igual forma se buscan conflictos de uso, con el fin de ajustarlos según la reglamentación vigente, de tal manera que se garantice un uso correcto y se mejore la administración del recurso hídrico.

**Formulación y programación:** Para este paso se establecen lineamientos específicos a nivel de la cuenca hidrográfica, para orientar la gestión y el uso sostenible del agua, teniendo en cuenta las dinámicas de ocupación del territorio.

**Ejecución:** En esta fase se coordinan los recursos necesarios que permitan implementar las herramientas, instrumentos o aplicaciones para la gestión del recurso hídrico. De este modo, se garantizan los medios y materiales para el proyecto, se controla el riesgo de la implementación y se entrega la solución o producto que resulta de esta fase.

**Seguimiento y evaluación:** Finalmente, se mide el impacto de las acciones sobre el recurso hídrico y el cumplimiento de los objetivos o metas propuestos en la fase de ejecución. Esto permite tener un seguimiento y monitoreo del recurso; de igual forma, garantiza información actualizada sobre la cuenca.

La gestión del recurso hídrico está integrada por aspectos clave tales como la oferta, la demanda, la calidad y los riesgos que afectan el agua. Con el fin de mitigar el riesgo en estos aspectos, el gobierno nacional ha establecido cuatro metas: la primera es asegurar la oferta del recurso hídrico; la segunda está dada en términos de optimización de la demanda del agua; el tercer objetivo apunta a la minimización de la contaminación hídrica y, finalmente se establece prevenir los riesgos asociados a la oferta del agua (Ministerio de Ambiente, 2010).

La oferta hídrica puede ser vista desde dos enfoques. El primero está dado por la cantidad del recurso existente en las diversas formas del ciclo hidrológico, es decir, agua marina, superficial, subterránea o meteórica. El segundo enfoque se da desde el sistema natural que la contiene, como las cuencas hidrográficas, provincias hidrogeológicas, mares, humedales, glaciares, entre otros (Ministerio de Ambiente, 2010).

Por su parte, la demanda se evalúa desde el uso que se le da, es decir, a qué sector de la población va: sectores agrícola, doméstico, industrial, pecuario o de servicios. Sin duda alguna, la demanda más importante está dada por la cantidad de agua necesaria para

mantener los ecosistemas, sin los cuales no será posible sobrevivir (Ministerio de Ambiente, 2010).

Para la calidad del agua se han definido cinco grupos de contaminantes: materia orgánica, sólidos y sedimentos, patógenos, nutrientes y sustancias de interés sanitario que afectan de manera directa la calidad del recurso hídrico (Ministerio de Ambiente, 2010,p.88).

Finalmente, los riesgos estas asociados directamente con aquellos eventos de origen natural o antrópico que limiten la oferta de agua (Ministerio de Ambiente, 2010).

La OMS define la gestión del recurso hídrico como un componente integral para garantizar la calidad del agua. La GIRH debe prevenir la contaminación microbiana y química del agua de consumo que supone un peligro para la salud pública. La gestión de los recursos hídricos y las actividades humanas potencialmente contaminantes en la cuenca de captación influirán en la calidad del agua aguas abajo y en los acuíferos. La gestión de los recursos hídricos debe comprender la evaluación del efecto de los usos de la tierra en la calidad del agua y tener en cuenta: las actividades mineras, la modificación de la cubierta vegetal; la construcción o modificación de vías fluviales; la densidad ganadera, la aplicación de fertilizantes, herbicidas, plaguicidas u otros productos químicos; las diversas actividades recreativas; el desarrollo residencial y otras actividades humanas potencialmente contaminantes (Organización Mundial de la Salud, 2006).

#### **6.4 GESTIÓN AMBIENTAL**

La gestión ambiental se entiende como el conjunto de labores emprendidas por una sociedad, o parte de ella, con el fin de proteger el medio ambiente. Tiene como propósito modificar una situación actual a otra deseada, de acuerdo con la percepción que sobre ella tengan los actores involucrados. La gestión ambiental es un proceso permanente en el cual diferentes actores públicos y privados de la sociedad unen esfuerzos con el fin de conservar, preservar, restaurar y utilizar de manera sustentable el medio ambiente (Rodríguez, Espinoza, & Wilk, 2002,p.5).

Bajo diversas perspectivas, la gestión ambiental puede ser abordada. Por ejemplo, se puede centrar en el ámbito urbano, donde se genere una política para mitigar la contaminación en

el aire de un centro urbano. Otro ámbito en el que se desarrolla la G.A. es el de las mediciones del impacto ambiental de una actividad económica específica como la minería o la agricultura. De igual forma, la G.A. se aborda desde los diferentes estamentos del gobierno, partiendo desde lo nacional hasta un espacio local. (Rodríguez et al., 2002).

Por otra parte, la Red de Desarrollo Sostenible define la gestión ambiental como un proceso orientado a mitigar, prevenir y/o resolver los conflictos de carácter ambiental, encaminado de este modo al hombre, a lograr un desarrollo sostenible que le permita conservar su patrimonio biofísico y cultural, garantizando así su permanencia en el tiempo y en el espacio (Red de Desarrollo Sostenible, 2012).

Desde el CONPES 3550 se aborda la gestión ambiental relacionada con la carga en salud atribuible a las condiciones del medio Ambiente. Se estima que el número de defunciones a nivel mundial atribuible a las condiciones del ambiente es del 23%. Para los países en desarrollo, este nivel alcanza el 25%, mientras que en los países desarrollados se estima en un 17%. Para Colombia, este porcentaje está en el 17,33%, el cual se presume está relacionado con la inequidad en el acceso a servicios públicos, la falta de ingresos y el crecimiento acelerado del sector industrial. Estos factores contribuyen al incremento de los niveles de vulnerabilidad y exposición de la población colombiana. Su impacto negativo genera significativos niveles de carga de enfermedad en las poblaciones del país (Consejo Nacional de Política Económica y Social & Departamento Nacional de Planeación, 2008).

Se habla también de los factores ambientales que más contribuyen a muertes prematuras en Colombia como lo son: la contaminación del aire en exteriores e interiores, la calidad del agua y el saneamiento básico e higiene. La identificación, diagnóstico y tratamiento de los eventos en salud relacionados con el deterioro de las condiciones ambientales, dependen de las diferencias sociales y económicas del país, además de localización geográfica, donde las zonas urbanas presentan una mayor cantidad de información que las zonas rurales del país (Consejo Nacional de Política Económica y Social & Departamento Nacional de Planeación, 2008).

## **6.5 GESTIÓN TECNOLÓGICA**

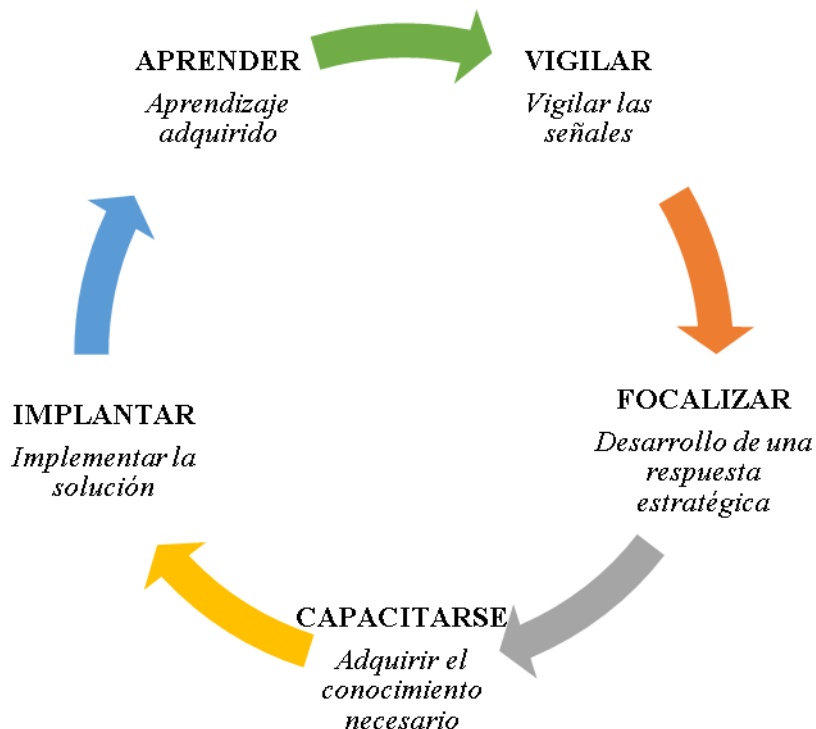
Se define como Gestión Tecnológica (G.T.) a la representación serial de acciones, técnicas y herramientas que permiten integrar la ciencia, los negocios, la ingeniería, el personal y los procesos organizacionales que trabajan por el fortalecimiento de una empresa y, a su vez, buscan corregir las debilidades en la misma. Lo anterior se hace con el fin de incrementar la competitividad de la organización (Jaimes, Ramírez, Vargas, & Carrillo, 2011).

Los pilares de la gestión tecnológica son la investigación, el desarrollo y la innovación; para lo cual se requiere la gestión de la información y la gestión del conocimiento; su integración permite alcanzar mejores resultados y dar solución a problemáticas o necesidades considerando las partes interesadas. El análisis de casos de estudio que incorporan la gestión tecnológica para lograr sus objetivos, evidencia mejores resultados en procesos de análisis, apropiación y difusión de información y su uso para la toma de decisiones.

La incorporación de la gestión tecnológica, como una herramienta del análisis estratégico, permite encontrar respuesta a las problemáticas sociales relacionadas con el desarrollo sostenible, en especial, facilita la articulación y gestión entre los actores. En este sentido, uno de los mayores retos para el desarrollo sostenible es garantizar el acceso al agua potable segura y asequible para todos. Para ello, se deben superar las fallas relacionadas con la inadecuada gestión y gobernabilidad del recurso hídrico y, por tanto, es necesario armonizar los diversos usos (presentes y futuros) del agua en el territorio.

La gestión de la tecnología también significa una eficaz gestión del cambio tecnológico, la cual trata de gestionar de forma más eficaz el proceso de cambio, producción y distribución de los productos o servicios de una organización. La COTEC propone un modelo sistemático, estructurado y en el cual se identifican las fases básicas para la implementación de los modelos de gestión. Este va desde hacer una vigilancia al entorno externo o interno, hasta lograr un nuevo aprendizaje o experiencias que permitan una mejora continua de la G.T (Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica, 2000). En la figura 9 se observa el modelo propuesto por la fundación COTEC.

Figura 9 Modelo de gestión tecnológica



Fuente: Elaboración propia a partir de lo consultado en COTEC, 2000

**Vigilar las señales:** Explorar y buscar en el entorno interno y externo señales o indicios de cambio. Estos pueden derivar de actividades investigativas, comportamiento de los competidores y demás señales que evidencien oportunidades para un ente u organización.

**Focalizar:** Seleccionar estratégicamente aquellos aspectos en los que la organización o institución decide trabajar y se compromete a asignar recursos. Por lo tanto, el desafío reside en orientar el trabajo sobre aquellos focos de acción que ofrecen una mayor ventaja competitiva.

**Capacitarse:** Dedicar recursos para adquirir conocimiento; bien sea creándolos mediante investigación y desarrollo (I+D) o mediante transferencia de tecnología, dichos conocimientos deben ser puestos en práctica.

**Implantar la solución:** Lanzar el producto o servicio final al mercado externo, o como un nuevo proceso o método dentro de la organización.



**Aprender:** Reflexionar y revisar las experiencias de éxito o fracaso, para poder captar el conocimiento pertinente de la vivencia.

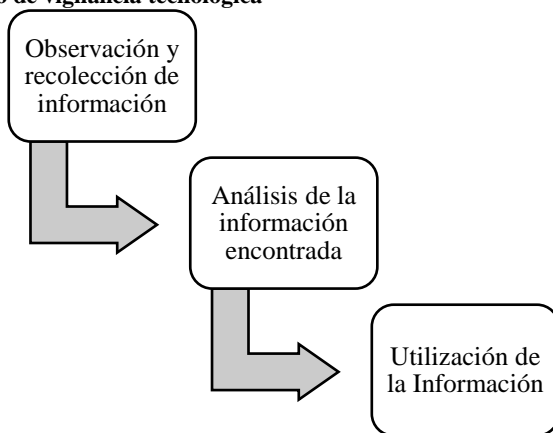
Estas definiciones permiten entender qué es la gestión tecnológica y dan paso a la contextualización del concepto de vigilancia tecnológica, herramienta que hace parte del objeto de estudio de esta investigación.

### 6.5.1 Vigilancia tecnológica

La Guía Técnica Colombiana GTC 186, define la Vigilancia Tecnológica – VT, como una herramienta fundamental, dentro de los sistemas de gestión tecnológica, por medio de la cual se generan ideas para ser aprovechadas en los proyectos, procesos y sistemas de investigación y desarrollo, tanto en un ámbito académico como organizacional (ICONTEC GTC186, 2009).

La Vigilancia Tecnológica de manera sistemática detecta, analiza, difunde y comunica información útil para una organización o una investigación. Se caracteriza porque sus procesos están encaminados a obtener información del entorno, iniciando así con una fase de observación y captación de información, seguida por el análisis de la misma y finalizando con difusión y utilización de los elementos encontrados. Su principal uso se da en la toma de decisiones y generación de alertas sobre comportamiento o tendencias del entorno (ICONTEC GTC186, 2009). En la figura 10 se ilustran los pasos sistémicos para la V.T.

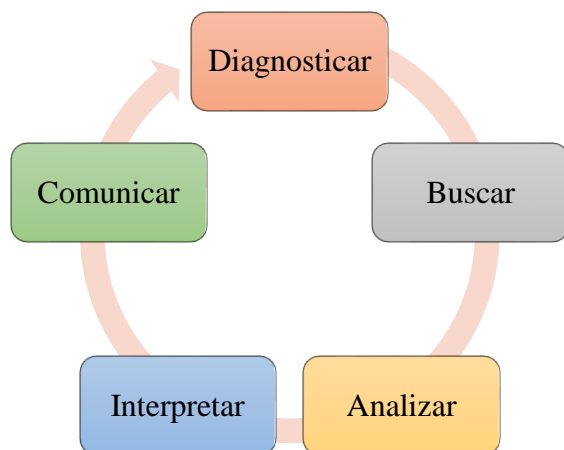
**Figura 10** Modelo de vigilancia tecnológica



**Fuente:** Elaboración propia a partir de lo consultado en ICONTEC, 2009

El libro Vigilancia tecnológica y competitividad sectorial concuerda con la definición de vigilancia tecnológica descrita anteriormente, pero define cinco pasos para la V.T expresados como el ciclo de la vigilancia tecnológica, descritos a continuación e ilustrados en la figura 11 (Colciencias et al., 2007).

**Figura 11** Ciclo de la Vigilancia Tecnológica



**Fuente:** Elaboración propia a partir de lo consultado en Colciencias, 2007

- 1. Diagnóstico:** Fase para identificar las necesidades de información y los factores clave a vigilar.
- 2. Búsqueda y captación de información:** En esta fase se definen los objetivos de la búsqueda de información y se elabora una estrategia para captarla. Creación de palabras clave para la búsqueda.
- 3. Análisis:** Momento en el que se procesa la información obtenida de las fuentes ya establecidas.
- 4. Inteligencia (interpretación de los resultados):** En esta etapa se interpreta y genera valor agregado a la información procesada, mediante la identificación de tendencias del entorno.
- 5. Comunicación:** Finalmente, se difunden los resultados de la información analizada para la toma de decisiones.

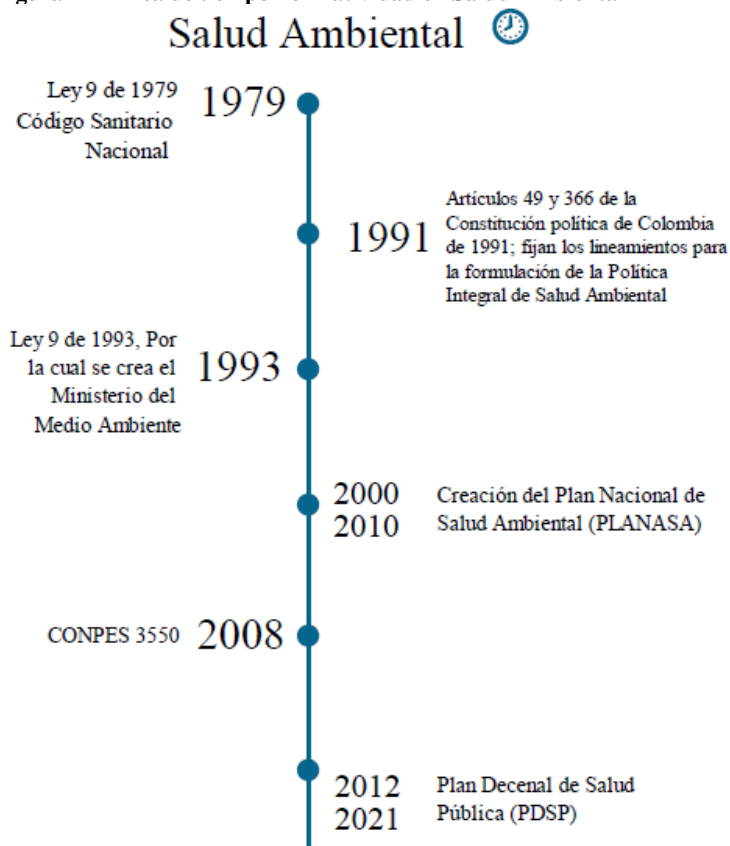
## 7 REFERENTE NORMATIVO Y LEGAL

La salud, la preservación del agua y el cuidado del medio ambiente son temas de interés y preocupación mundial. Los distintos gobiernos trabajan en estas problemáticas y para ello han diseñado, establecido e implementado, políticas, normas, planes, leyes y demás estrategias que les permitan contribuir a la conservación del medio ambiente y a la reducción del impacto sobre la salud de las personas. A continuación, se presenta la normatividad consultada en materia de salud ambiental y recurso hídrico.

### 7.1 NORMATIVIDAD SALUD AMBIENTAL

Se consultaron diferentes normas, políticas, guías técnicas, planes y programas para esta investigación, los cuales aplican en Colombia y tienen vigencia. En la figura 12 se presenta una línea de tiempo que muestra el avance de normatividad en materia de salud ambiental.

Figura 12 Línea de tiempo normatividad en Salud Ambiental



Fuente: Elaboración propia a partir de la normatividad consultada.

- Ley 9 de 1979 por medio de la cual se crea el Código Sanitario Nacional, el cual da inicio a la adopción de los aspectos que intervienen en la salud humana tales como el medio ambiente, la relación del ser humano con su entorno ambiental y las condiciones de calidad de vida que afectan la salud. Este código a su vez permitió la reglamentación del agua potable (Decreto 2105/83) y en su momento se consideró el soporte que permitió controlar la contaminación ambiental en el ámbito de la salud.
- Artículos 49 y 366 de la Constitución política de Colombia de 1991; fijan los lineamientos para la formulación de la Política Integral de Salud Ambiental:
  - Artículo 49: La atención de la salud y el saneamiento ambiental son servicios públicos a cargo del Estado. Se garantiza a todas las personas el acceso a los servicios de promoción, protección y recuperación de la salud (Constitución política de 1991, P.30).
  - Artículo 366: El bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población son finalidades sociales del Estado. Será objetivo fundamental de su actividad la solución de las necesidades insatisfechas de salud, de educación, de saneamiento ambiental y de agua potable (Constitución política de 1991, P.188).
- Ley 9 de 1993, Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones. El Ministerio Ambiental debe regular las actividades que puedan afectar la salud humana, función ejercida en consulta con el Ministerio de Salud. Esta doble administración ha ocasionado una fragmentación en los avances alcanzados hasta el momento en el tema de salud ambiental y desde la época ha limitado el crecimiento del tema en el país.
- 2000-2010, El Plan Nacional de Salud Ambiental (PLANASA) se elaboró con la cooperación técnica de la OPS/OMS, dentro de la programación conjunta entre el Ministerio de Salud y la OPS para el año 2000, en la cual se establece como prioritario

la formulación de planes integrados de acción sectorial para aumentar la calidad del agua y su abastecimiento, ampliar los servicios de eliminación de desechos y excretas y mejorar la calidad ambiental y la salud ocupacional. Este plan es un gran avance en materia de salud ambiental, pues ya se tiene una visión integral entre los problemas del medio ambiente y las afectaciones en la salud humana.

- 2008, CONPES 3550: este documento da los 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. Es de particular interés dentro del diagnóstico que hace este Conpes, la carga en Salud Atribuible a la Calidad del Agua. En el cual se relaciona que el abastecimiento de agua no potable y una inadecuada higiene y saneamiento son una fuente directa de enfermedades y problemas en la salud de las poblaciones.
- 2012-2021, Plan Decenal de Salud Pública (PDSP). Busca la reducción de la inequidad en salud planteando los siguientes objetivos: garantizar el goce efectivo del derecho a la salud para todos, mejorar las condiciones de vida que modifican la situación de salud y disminuyen la carga de enfermedad existente manteniendo cero tolerancias frente a la mortalidad, la morbilidad y la discapacidad evitables. Este plan busca los cimientos de prosperidad para todos en ocho grandes pilares: convergencia y desarrollo regional, crecimiento y competitividad, igualdad de oportunidades, consolidación de la paz, innovación, sostenibilidad ambiental, buen gobierno y relevancia internacional. Este plan se encuentra en vigencia y gracias a sus lineamientos, permite avanzar en el tema de salud ambiental.

Como se observa, Colombia a lo largo de su historia ha evolucionado en el desarrollo de normas que permitan una regulación del tema de salud ambiental. De igual forma, esta evolución muestra cómo la salud ambiental pasó de ser un concepto, a ser parte de un sistema que involucra el medio, los seres humanos y los demás factores con que interactúan y que pueden estar relacionados con causas de enfermedades.

### **7.1.1 Componentes de la Salud Ambiental**

Los componentes de la salud ambiental fueron abordados desde dos enfoques, el primero visto desde los componentes de salud ambiental definidos por el Plan Decenal de Salud 2012-2021 y el segundo enfoque enmarcado por los componentes que define el CONPES 3550.

#### **Plan Decenal de Salud 2012-2021**

En el Plan Decenal de Salud 2012-2021, una de sus dimensiones prioritarias es la salud ambiental. Al priorizar esta dimensión, se busca promover la salud de las poblaciones con condiciones sociales vulnerables. Con lo anterior se logran afectar de manera positiva los determinantes sociales, sanitarios y ambientales, que pueden afectar la salud de las personas. El PDSP define tres componentes: hábitat saludable, situaciones en salud relacionadas con condiciones ambientales y protección de la salud en los trabajadores (Ministerio de Salud y Protección Social, 2012,p.75-76). A continuación, se describe cada uno de ellos.

**Situaciones en salud relacionadas con condiciones ambientales:** Son todas aquellas acciones sectoriales e intersectoriales de orden nacional que inciden en las situaciones de interés en salud pública, mediante la intervención positiva de los factores, riesgos y daños de orden social, sanitario y ambiental que permitan modificar la carga ambiental de la enfermedad. Este componente pretende identificar, abordar y establecer eventos de interés en salud pública relacionados con factores ambientales en el territorio nacional, con el fin de aportar en la prevención y disminución de la carga de enfermedades ambientales (Ministerio de Salud y Protección Social, 2012).

**Protección de la salud en los trabajadores:** Son todas las operaciones sectoriales e intersectoriales del orden nacional que permitan incidir positivamente en las situaciones y condiciones de la salud de los trabajadores de los sectores formales e informales de la economía. Con este componente se quieren caracterizar las poblaciones laborales vulnerables, identificar sus condiciones de salud y los riesgos a los que están expuestos al ejercer. De igual forma, busca la ejecución de un plan de acción que impacte directamente

en la promoción y prevención de enfermedades en estas comunidades. Lo anterior apalancado en la optimización de los recursos técnicos y financieros nacionales (Ministerio de Salud y Protección Social, 2012)

**Hábitat Saludable:** Definida en el PDSP como un conjunto de políticas públicas, estrategias y acciones intersectoriales e interdisciplinarias, enfocadas a optimizar la calidad de vida y salud de la población, impactando positivamente los determinantes ambientales y sanitarios de la salud, en los entornos donde las personas nacen, crecen, viven, trabajan y envejecen (Ministerio de Salud y Protección Social, 2012,p.76). Este componente se desarrolla a través de una serie de entornos, relacionados en la tabla 9.

**Tabla 9 Entornos del Hábitat Saludable**

<b>Entorno</b>	<b>Definición</b>
<b>Vivienda Saludable</b>	Espacio de residencia caracterizado por condiciones que influyen de manera favorable en los procesos de restauración, protección y promoción de la salud e incentiva la actividad creadora y el aprendizaje de sus moradores.
<b>Entornos Educativos Saludables</b>	Espacios geográficos en donde habita la comunidad educativa (Jardines, Colegios, Universidades); donde se construye y reproduce la cultura, el pensamiento, la afectividad y los comportamientos básicos para producir nuevos conocimientos.
<b>Entornos Comunitarios Saludables</b>	Constituido por un conjunto de escenarios en los cuales los individuos y los grupos sociales ejercen su autonomía funcional y política, enmarcados en relaciones sociales que pueden proteger o deteriorar su salud.
<b>Entornos de Trabajo Saludables</b>	Espacio del territorio donde las personas y los grupos sociales se organizan para producir bienes y servicios. Donde el individuo se ve expuesto a condiciones ocupacionales que pueden afectar su salud.
<b>Procesos Productivos Sostenibles</b>	Es la base del desarrollo sostenible y busca la promoción de técnicas de producción limpia que protejan los recursos naturales en todos los sectores de la economía del país.
<b>Ecosistemas Estratégicos Saludables</b>	La mayor parte del territorio nacional ha sido sometida a usos no sostenibles, dando como resultado una disminución de la capacidad productiva de los ecosistemas por destrucción de los recursos naturales. En conjunto, estos procesos han tenido un impacto importante en la salud pública de los territorios, por lo que requieren una intervención urgente.

**Fuente:** Elaboración propia a partir de Ministerios de salud y protección social, 2012

## CONPES 3550

Desde la perspectiva del CONPES 3550, se presentan los diferentes componentes de salud ambiental con base en la propuesta del autor, Ordoñez (2000). En la tabla 10 se listan los 17 componentes propuestos:

**Tabla 10 Componentes de salud ambiental desde el CONPES 3550**

<b>Componente</b>	<b>Definición</b>
<b>Agua potable, saneamiento básico en higiene</b>	Fuentes de agua superficial, transporte y almacenamiento, agua subterránea, tratamiento de agua, desinfección, distribución de agua, calidad de agua, agua para industrias, gestión y tecnología, políticas de tarifa, recolección y transporte de aguas residuales, eliminación de excretas, recolección y manejo de aguas lluvias.
<b>Recursos hídricos y contaminación</b>	Manejo de cuencas, hidrogeología, contaminación de aguas, tratamiento y eliminación de aguas residuales, efluentes industriales; conservación, reciclaje y reutilización de agua, tarifas.
<b>Desechos sólidos y protección del suelo</b>	Normas; recolección y transporte de desechos sólidos; tratamiento y eliminación de desechos sólidos; manejo de desechos sólidos industriales; reciclaje, reducción, reutilización y contaminación del suelo.
<b>Contaminación atmosférica</b>	Normas, monitorización, contaminación de aire exterior, controles de las emisiones de fuentes fijas y móviles y contaminación del aire interior.
<b>Inocuidad de los alimentos</b>	Normas, higiene de los alimentos, enfermedades producidas por los alimentos, uso de plaguicidas y control de mataderos.
<b>Salud y seguridad ocupacional</b>	Toxicología ocupacional, peligros y riesgos ocupacionales, contaminantes del lugar de trabajo, ergonomía, seguridad industrial y agroindustrial.
<b>Seguridad química y desechos peligrosos</b>	Toxicología ambiental, manejo de sustancias químicas peligrosas, plaguicidas, residuos peligrosos, residuos hospitalarios.
<b>Entornos de vivienda y espacios saludables</b>	Higiene en la vivienda, de edificios públicos y áreas recreativas, reparación, desarrollo.
<b>Control de vectores y salud pública veterinaria</b>	Manejo de vectores en la salud pública, artrópodos y roedores, control de zoonosis.
<b>Radiación ionizante y no ionizante</b>	Manejo de desechos radioactivos; fuentes radioactivas en servicios de salud, industriales; campos electromagnéticos y salud.
<b>Contaminación por ruido</b>	Ruido industrial, por transporte, y por otras fuentes
<b>Turismo y salud ambiental</b>	Playas, alojamiento de turistas, piscinas de natación y controles portuarios de salud.
<b>Planificación urbana y uso del suelo</b>	Políticas de desarrollo urbano y rural, evaluación de impacto ambiental.
<b>Seguridad en el transporte</b>	Prevención de accidentes.
<b>Calidad de medicamentos</b>	Bioseguridad en los laboratorios.
<b>Aspectos ambientales globales</b>	Cambio climático, energía y ambiente, contaminación transfronteriza, y gestión ambiental.
<b>Desastres naturales</b>	Prevención y mitigación de desastres tecnológicos y naturales.

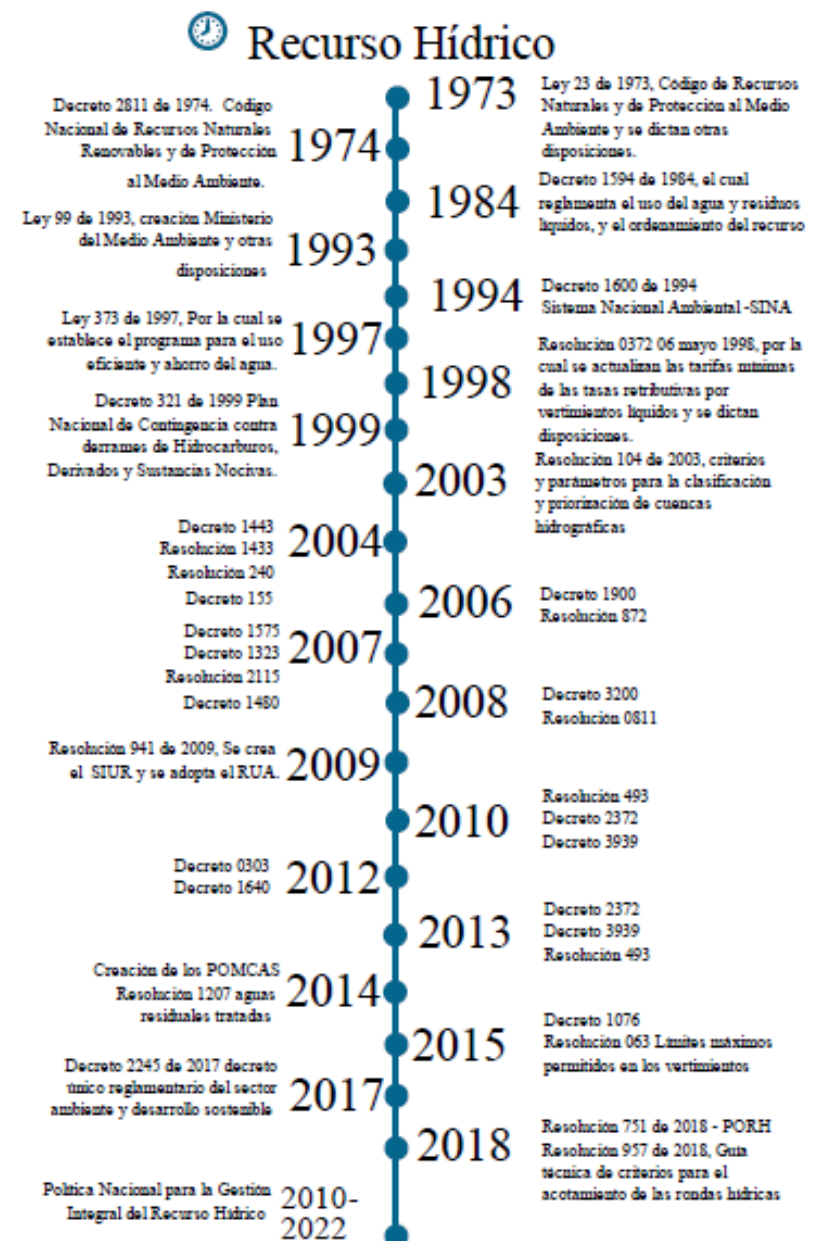
Fuente: Elaboración propia a partir de lo consultado en CONPES3550



## 7.2 NORMATIVIDAD RECURSO HÍDRICO

A continuación, se citan políticas, normas, guías técnicas, planes y programas que regulan el tema de la gestión del recurso hídrico y que fueron consultados para la elaboración de este trabajo. En la figura 13 se muestra una línea de tiempo que relaciona la normatividad de gestión del recurso hídrico consultada.

Figura 13. Línea de tiempo, normatividad Gestión del Recurso Hídrico



Fuente: Elaboración propia a partir de la normatividad consultada

- Ley 23 de 1973, por la cual se conceden facultades extraordinarias al Presidente de la República para expedir el código de recursos naturales y de protección al medio ambiente y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 2811 del 18 de diciembre de 1974, por el cual se dicta el código nacional de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente.
- Decreto 1594 de 1984, el cual reglamenta el uso del agua y residuos líquidos, y el ordenamiento del recurso.
- Ley 99 de 1993, por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el sistema nacional ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 1600 de 1994, por el cual se reglamenta parcialmente el sistema nacional ambiental –SINA, en relación con los sistemas nacionales de investigación ambiental y de información ambiental.
- Ley 373 de 1997, por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua. Todo plan ambiental regional y municipal debe incorporar obligatoriamente un programa para el uso eficiente y ahorro del agua
- Resolución 0372 06 mayo 1998, por la cual se actualizan las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos y se dictan disposiciones.
- Decreto 321 de 1999, por el cual se adopta el plan nacional de contingencia contra derrames de hidrocarburos, derivados y sustancias nocivas y que pongas en riesgo los recursos naturales.
- Resolución 104 de 2003, por la que se establecen los criterios y parámetros para la clasificación y priorización de cuencas hidrográficas
- Decreto 1443 de 2004, por el cual se reglamenta parcialmente el Decreto-ley 2811 de 1974, la ley 253 de 1996, y la ley 430 de 1998 en relación con la prevención y control de la contaminación ambiental por el manejo de plaguicidas y desechos o residuos peligrosos provenientes de los mismos, y se toman otras determinaciones.

- Resolución 1433 de 2004 de MAVDT, la cual reglamenta los planes de saneamiento y manejo de vertimientos - PSMV18.
- Resolución 240 de 2004, por la cual se definen las bases para el cálculo de la depreciación y se establece la tarifa mínima de la tasa por utilización de aguas.
- Decreto 155 de 2004, por el cual se reglamenta el artículo 43 de la ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones.
- Resolución 872 de 2006, por la cual se establece la metodología para el cálculo del índice de escasez para aguas subterráneas a que se refiere el Decreto 155 de 2004 y se adoptan otras disposiciones
- Decreto 1900 de 2006, todo proyecto que involucre en su ejecución el uso del agua tomada directamente de fuentes naturales y que esté sujeto a la obtención de licencia ambiental, deberá destinar el 1% del total de la inversión para la recuperación, conservación, preservación y vigilancia de la cuenca hidrográfica que alimenta la respectiva fuente hídrica; de conformidad con el parágrafo del artículo 43 de la Ley 99 de 1993.
- Decreto 1575 de 2007, por el cual se establece el sistema para la protección y control de la calidad de agua para consumo humano.
- Decreto 1323 de 2007, por medio del cual se crea el sistema de información de recurso hídrico – SIRH.
- Resolución 2115 de 2007 del MAVDT y MPS, 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 1480 de 2007, por el cual se priorizan a nivel nacional el ordenamiento y la intervención de algunas cuencas hidrográficas y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 3200 de 2008, por el cual se dictan normas sobre planes departamentales para el manejo empresarial de los servicios de agua y saneamiento y se dictan otras disposiciones.
- Resolución 0811 de 2008 de MAVDT y MPS la cual define 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.

- Resolución 941 de 2009, por la cual se crea el subsistema de información sobre uso de recursos naturales renovables – SIUR y se adopta el registro único ambiental – RUA.
- Resolución 493 de 2010, por la cual se adoptan medidas para promover el uso eficiente de ahorro del agua potable y desincentivar su consumo excesivo.
- Decreto 2372 de 2010, por el cual se reglamenta el decreto Ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el decreto Ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 3939 de 2010, por el cual se reglamenta parcialmente el título I de la Ley 9 de 1979, así como el capítulo 11 del título VI-parte 11I- libro 11 del decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 0303 de 2012, por 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.
- Decreto 1640 de 2012, por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones.
- Resolución 1907 de 2013, por el cual se expide la guía técnica para la formulación de los planes de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas.
- 2014, Guía Técnica para la formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas hidrográficas POMCAS. Esta Guía establece los criterios, procedimientos y metodologías para orientar a las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible en la formulación de planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas, buscando así una adecuada gestión del recurso hídrico. Esta guía es de gran importancia para el desarrollo de esta investigación, pues da un panorama de cómo se debe gestionar el recurso hídrico de manera general. Con las acciones programáticas que se buscan se quiere complementar y mejorar esta gestión.

- Resolución 1207 de 2014 por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas.
- Decreto 1076 de 2015, por medio del cual se expide el decreto único reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible.
- Resolución 0631 de 2015, en esta resolución se establecen los parámetros y los valores límites máximos permitidos en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales. Los valores máximos aquí consignados nos permitirán evaluar si la cuenca del Río Mulato cumple con esta disposición de la ley o si por el contrario se está viendo afectada.
- Decreto 2245 de 2017, por el cual se reglamenta el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011 y se adiciona una sección al decreto 1076 de 2015, Decreto único reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible, en lo relacionado con el acotamiento de rondas hídricas.
- Resolución 751 de 2018, por la cual se adopta la Guía técnica para la formulación de Planes de Ordenamiento del Recurso hídrico continental superficial – PORH y se dictan otras disposiciones
- Resolución 957 de 2018, por la cual se adopta la guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia y se dictan otras disposiciones.
- 2010-2022, Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Esta política fue proyectada como el instrumento guía de la gestión integral del recurso, incluyendo las aguas subterráneas, establece los objetivos y estrategias del país para el uso y aprovechamiento eficiente del agua; el manejo del recurso por parte de autoridades y usuarios; los objetivos para la prevención de la contaminación hídrica, considerando la armonización de los aspectos sociales, económicos, ambientales y el desarrollo de los respectivos instrumentos económicos y normativos. Para efecto de este trabajo se tuvieron en cuenta los siguientes objetivos estratégicos :
  - Objetivo 1. OFERTA: Conservar los ecosistemas y los procesos hidrológicos de los que depende la oferta de agua para el país.
  - Objetivo 3. CALIDAD: Mejorar la calidad y minimizar la contaminación del recurso hídrico.

- Objetivo 4. RIESGO: Desarrollar la gestión integral de los riesgos asociados a la oferta y disponibilidad del agua.

Para lograr el desarrollo económico que el país quiere, debe trabajar en temas de planificación, ordenamiento, conservación de recursos no renovables y gestión del riesgo. Como se observó, el país ha desarrollado normatividad propia en el tema que le permita regular y lograr el escenario propicio para el desarrollo. Los POMCAS son la herramienta más importante que el país tiene para garantizar el manejo adecuado del recurso hídrico, generando así una fuerte línea base para trabajar en este tema. A este plan se le suma la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, la cual, junto con el POMCA fueron revisados para esta investigación.

## 8 REFERENTE CONTEXTUAL

Este capítulo, describe el lugar donde se realizó la investigación, una cuenca hidrográfica. En primera instancia se definió de manera general el concepto de cuenca u hoya hidrográfica, seguido por la contextualización de las cuencas que tiene establecido el territorio colombiano. Finalmente, se ubica el río Mulato, cuenca objeto de estudio.

### 8.1 CUENCA HIDROGRÁFICA

También denominada hoya hidrográfica, es el área de aguas superficiales o subterráneas que vierten a una malla hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, donde su caudal puede ser continuo o intermitente. La cuenca es por excelencia la unidad de medida para la planificación ambiental del territorio, puesto que sus límites fisiográficos se mantienen un mayor tiempo respecto a otras unidades de análisis (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014,p.10-12). La cuenca se divide en subcuenca y microcuenca. La subcuenca está delimitada por la división de agua del afluente, que a su vez forma parte de otra cuenca, la cual da al cauce principal de las aguas. Por su parte, la microcuenca se denomina como pequeñas agrupaciones de agua dentro de una subcuenca (Ramakrishna, 1997)

Figura 14 La Cuenca Hidrográfica como Sistema



Fuente: Elaboración propia, Adaptado del POMCA.

La cuenca considerada como sistema comprende factores y elementos tanto espaciales como sociales, lo que permite una comprensión integral de la realidad del territorio. Si alguno de sus elementos sufre un daño, todo el sistema de la cuenca se verá afectado (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014). En la figura 14 se ilustra un esquema de la cuenca como sistema.

## 8.2 CUENCAS EN COLOMBIA

Colombia está conformado por cinco áreas hidrográficas: Caribe, Magdalena -Cauca, Orinoco, Amazonas y Pacífico, las cuales a su vez están divididas en Zonas Hidrográficas y subdivididas en Subzonas Hidrográficas (IDEAM, 2013). En la tabla 11 se muestran las áreas y zonas hidrográficas:

**Tabla 11 Áreas y zonas hidrográficas de Colombia**

A.H. / Z.H.	Nombre Área Hidrográfica				
	1. Caribe	2. Magdalena -Cauca	3. Orinoco	4. Amazonas	5. Pacífico
<b>Nombre Zona Hidrográfica</b>	Atrato-Darién Caribe-Litoral Sinú Caribe-La Guajira Catatumbo Islas del Caribe	Alto Magdalena Saldaña Medio Magdalena Sogamoso Bajo Magdalena-Cauca-San Jorge Cauca Nechí Cesar Bajo Magdalena	Inírida Guaviare Vichada Tomo Meta Casanare Arauca Orinoco Directos Apure	Guainía Vaupés Apaporis Caquetá Yarí Caguán Putumayo Amazonas Directos Napo	Mira Patía Tapaje-Dagua-Directos San Juan Baudó-Directos Pacífico Pacífico-Directos Islas del Pacífico

**Fuente:** Elaboración propia a partir de la información consultada en IDEAM, 2013

**Caribe:** Caracterizada por la heterogeneidad en su relieve, en esta se encuentra la Sierra Nevada de Santa Marta con valores de escorrentía de 1000 mm; en esta región también se ubica el departamento de La Guajira que en contraste presenta valores desde 25 mm (en la media y alta Guajira) hasta 200 mm en el piedemonte de la Sierra Nevada. Hacia el sur de la región, la cuenca hidrográfica del Catatumbo cuya escorrentía oscila entre 750 mm para la parte alta y 2700 mm en la media (Ministerio de Ambiente, 2010).

**Magdalena – Cauca:** Esta región se caracteriza por presentar valores de escorrentía media de 1000 mm, donde se recalca hidrográficamente la Sabana de Bogotá con una baja oferta hídrica entre 400 y 700 mm al año; sin embargo, es la zona del país que tiene mayor



presión antrópica. De otro lado, el medio y bajo Magdalena alcanzan valores medios de escorrentía de 1100 mm y 450 mm, respectivamente, mientras que el alto Cauca presenta valores medios de escorrentía de 1000 mm, el medio Cauca alcanza 1500 mm y el bajo Cauca en su desembocadura en el río Magdalena llega a los 1700 mm (Ministerio de Ambiente, 2010).

**Orinoco:** Esta región está representada por las cuencas altas de los ríos Arauca y Casanare donde se registran escorrentías medias en la parte alta de 4400 mm; por su parte, en la sabana araucana desciende a los 1400 mm, en la zona central alcanza valores entre los 2200 mm y 2400 mm y en las laderas de la cordillera Oriental presenta valores entre 1400 mm y 1700 mm (Ministerio de Ambiente, 2010).

**Amazónica:** Conformada por las cuencas de los ríos Caquetá, Putumayo, Vaupés y Guanía, la escorrentía media en la zona de pie de monte oscila entre los 3000 y 4200 mm, mientras que el área selvática presenta 1500 y 3000 mm y en las zonas fronterizas del oriente colombiano fluctúa entre 1700 y 1900 mm (Ministerio de Ambiente, 2010)

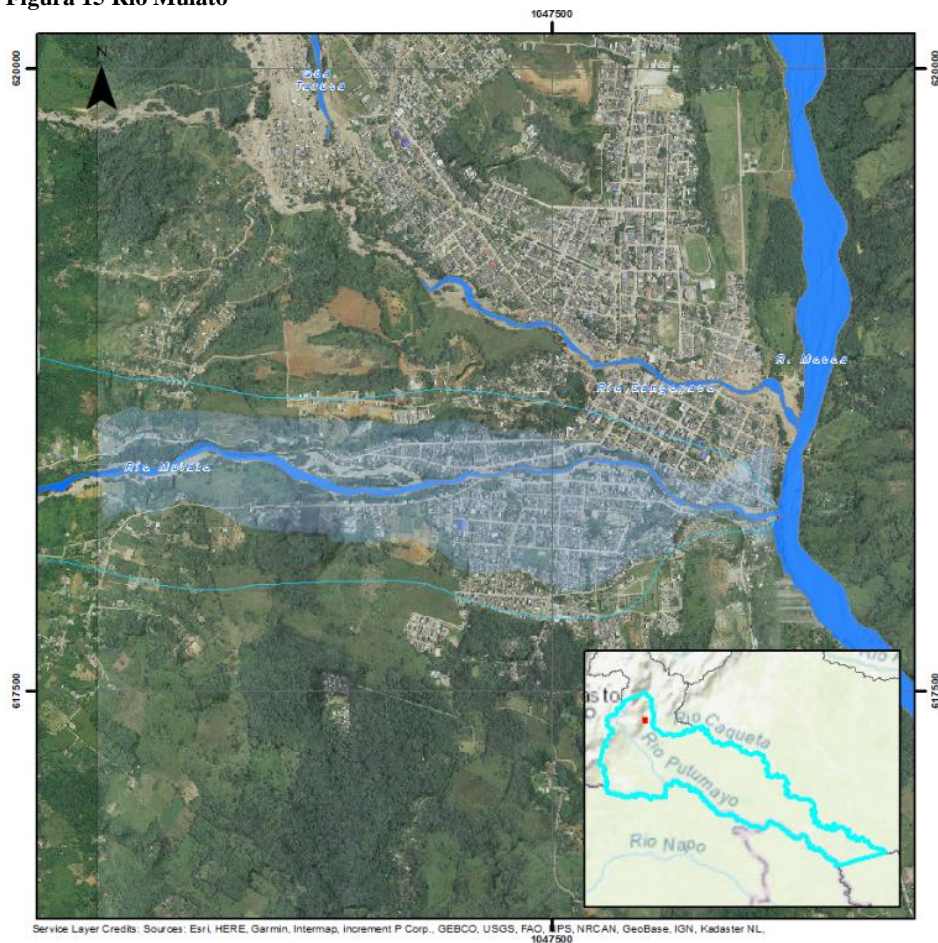
**Pacífico:** Caracterizada principalmente por las cuencas de los ríos: Patía, San Juan, Micay, Baudó y Atrato, la escorrentía en esta región varía entre los 3000 y 5200 mm, a excepción del río Patía que presenta en la parte alta 1100 mm y en la baja 2500 mm (Ministerio de Ambiente, 2010).

Estas cinco áreas hidrográficas hacen parte del crecimiento del país, sobre ellas se desarrollan actividades económicas importantes para Colombia como: pesca, agricultura, ganadería, extracción de recursos para la construcción, industrias entre otros. Con el fin de preservar estos recursos y darle un uso adecuado, el país inicialmente priorizó 17 ríos, los más importantes, los cuales, para el año 2018, cuentan con una zonificación ambiental y un marco programático de gestión a diez años. Lo que significa 17 Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas (POMCA). Esto permitirá un avance en materia de gestión del recurso hídrico para Colombia, trabajando así en la conservación del vital recurso y mitigando el impacto ambiental que se genera por los focos de desarrollo asentados alrededor de estas cuencas.

### 8.3 CUENCA DEL RÍO MULATO

La cuenca del río Mulato está localizada hacia el Occidente del área urbana de la ciudad de Mocoa, en el departamento del Putumayo. Tiene una extensión de 1761,1 ha y se caracteriza por presentar un régimen torrencial alto, dadas las condiciones de precipitación, pendiente y forma del canal del cauce de la cuenca. El río Mulato se sitúa en el piedemonte amazónico sobre el costado oriental de la Cordillera Oriental y limita al norte con la cuenca del río Sangoyaco y al sur con la cuenca del río Rumiyo. A nivel local hace parte de la cuenca del río Caquetá y a nivel nacional de la gran cuenca del río Amazonas (Universidad Nacional de Colombia sede Amazonia y Corpoamazonia, 2018). En la figura 15 se muestra la localización del río Mulato dentro de la ciudad de Mocoa.

Figura 15 Río Mulato



Fuente: Elaboración propia usando ArcGIS.

El departamento del putumayo, en su totalidad, se encuentra dentro de la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT). Lo anterior se debe a que Colombia presenta una posición geográfica en la zona ecuatorial bajo la influencia de los vientos Alisios del Noreste y Sureste, lo que genera una serie de condiciones especiales en cuanto a clima, vegetación, suelos y regulación hídrica de la cuenca del río Mulato (Universidad Nacional de Colombia sede Amazonia y Corpoamazonia, 2018).

#### **8.4 PLAN DE ORDENAMIENTO Y RECONSTRUCCIÓN DEL MUNICIPIO DE MOCOA**

Las administraciones municipales y departamentales deben formular sus propios planes de desarrollo y ordenamiento territorial, con el fin generar un instrumento de planeación que les permita definir una ruta de trabajo y así lograr los objetivos y metas trazados en pro del desarrollo de cada región. Para efecto de este trabajo se revisó el Plan de Desarrollo Municipal Alcaldía de Mocoa (2016-2019), dado que el Plan de Desarrollo (2020-2023) se encuentra en revisión por parte de Concejo municipal del municipio(Alcaldía de Mocoa, 2016).

El plan (2016-2019), fue construido bajo 3 pilares, el primero denominado educación para la vida, se centra en trabajar bajo una dimensión social, con componentes de educación, cultura, deporte y recreación. El segundo pilar se titula, desarrollo integral y trabaja bajo las dimensiones: social, económica, ambiental, paz y equidad. Finalmente, se tiene el pilar buen gobierno el cual se desarrolla en dos dimensiones; institucional y participación ciudadana. (Alcaldía de Mocoa, 2016). En la tabla 12 se relacionan los pilares, dimensiones y componentes que se revisaron para esta investigación.

**Tabla 12 Pilar - Dimensión – Componente**

<b>Pilar</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Componente</b>
Desarrollo Integral	Social	Salud Integral
		Agua potable y saneamiento básico
	Ambiental	Ordenamiento territorial

**Fuente:** Elaboración propia a partir de plan de desarrollo consultado

Por otra parte, se tiene el CONPES 3904, el cual define el Plan para la Reconstrucción del Municipio de Mocoa que se llevará a cabo entre 2017 y 2022. Luego de la avenida torrencial en marzo de 2017, por el desbordamiento de los diferentes ríos que pasan por el casco urbano del municipio de Mocoa, entre ellos el río Mulato. El gobierno Nacional emitió este CONPES 3904, el cual tiene como objetivo mejorar la situación socioeconómica, de vivienda e infraestructura del municipio, la calidad de vida de sus habitantes y las capacidades de planificación, ordenamiento territorial y gestión del riesgo de la administración local, frente a la situación previa al desastre (CONPES 3904, 2017).

El documento propone seis líneas de acción estratégicas para la restauración del municipio. Para cada una de ellas las entidades encargadas deben gestionar y priorizar recursos con el fin de llevarlas a cabo. Las líneas son:

- Ordenamiento territorial, ambiente y gestión del riesgo
- Infraestructura social
- Conectividad e integración regional
- Desarrollo económico
- Desarrollo social
- Desarrollo institucional

## **9 METODOLOGÍA**

Este capítulo describe el conjunto de procedimientos estructurados que se llevaron a cabo para alcanzar el objetivo principal de esta investigación, caracterización de la gestión integral del recurso hídrico en la cuenca del río Mulato, teniendo en cuenta el contexto de salud ambiental. En este apartado, se presenta el tipo de estudio y enfoque, el área de estudio, la unidad de análisis, las fuentes de información y una descripción detallada de los pasos empleados para lograr cada uno de los objetivos específicos.

### **9.1 TIPO DE ESTUDIO Y ENFOQUE**

Por su enfoque metodológico esta investigación fue de tipo mixta. Cuantitativa por la forma en que se recopilaron, estructuraron y analizaron los datos numéricos que permitieron el cálculo de los diferentes indicadores empleados en esta investigación y cualitativa dado el análisis e interpretación que se le dio a la información recolectada por medio de registros, encuestas, informes y demás datos recopilados. De igual forma, esta investigación se realizó con un enfoque de estudio ecológico dadas las variables climáticas y ambientales analizadas en la cuenca del río Mulato.

### **9.2 ÁREA DE ESTUDIO**

Cuenca del río Mulato: ubicada en la parte noroccidental del municipio de Mocoa, con una extensión de 1761,1 ha, su cauce principal recorre aproximadamente 12.25 Km.

Coordenadas de nacimiento: 622.370 m N 1.038.000 m E. Coordenadas de desembocadura: 618.220 m N 1.048.850 m E. El río bordea 11 barrios y 2 veredas del municipio de Mocoa, en la figura 16 se observa el área de estudio (Universidad Nacional de Colombia sede Amazonia y Corpoamazonia, 2018).

**Figura 16 Área de Estudio**



**Fuente:** Área de Estudio río Mulato. Tomado de Acotamiento de la Ronda Hídrica del Río Mulato, 2018.

### **9.3 UNIDAD DE ANÁLISIS Y FUENTE DE INFORMACIÓN**

Dado el enfoque ecológico de este estudio, se relacionaron las estadísticas municipales de morbilidad y mortalidad por enfermedades diarreicas agudas, hepatitis A, fiebre tifoidea y paratifoidea con las variables ambientales de la cuenca del río Mulato. Por tanto, la unidad de análisis fue la cuenca del río y el municipio de Mocoa.

Para la investigación, se recopiló información epidemiológica estadística del Instituto Nacional de Salud, desde el Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública –SIVIGILA con el que cuenta esta entidad. De igual forma, se consultó el sistema SISPRO, de donde se obtuvieron los cubos de datos con información de las principales causas de consulta por enfermedad en el municipio y departamento.

El estudio contempló una caracterización ambiental en la cuenca del río Mulato, relacionada con el componente de calidad de agua. Para ello se incluyeron los indicadores hídricos del Estudio Nacional de Agua 2018 y específicamente se amplió la información

para los indicadores ICA e IRCA que muestran el estado en que se encuentra el agua. Los valores del IRCA, municipal y departamental fueron tomados del estado de la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en Colombia – SIVICAP. Los valores de IRCA en la cuenca del río Mulato se calcularon a partir de información secundaria de muestras tomadas en el río y analizadas en laboratorio.

Los ICA, por su parte se tomaron de los informes técnicos de caracterización fisicoquímica y microbiológica de los vertimientos y de las fuentes hídricas receptoras de las cabeceras municipales ubicadas en el departamento del Putumayo, que elabora Corpoamazonia en la región. El censo DANE 2018, proporcionó información referente a demografía, calidad de vida y servicios públicos, consultados para el municipio y el departamento.

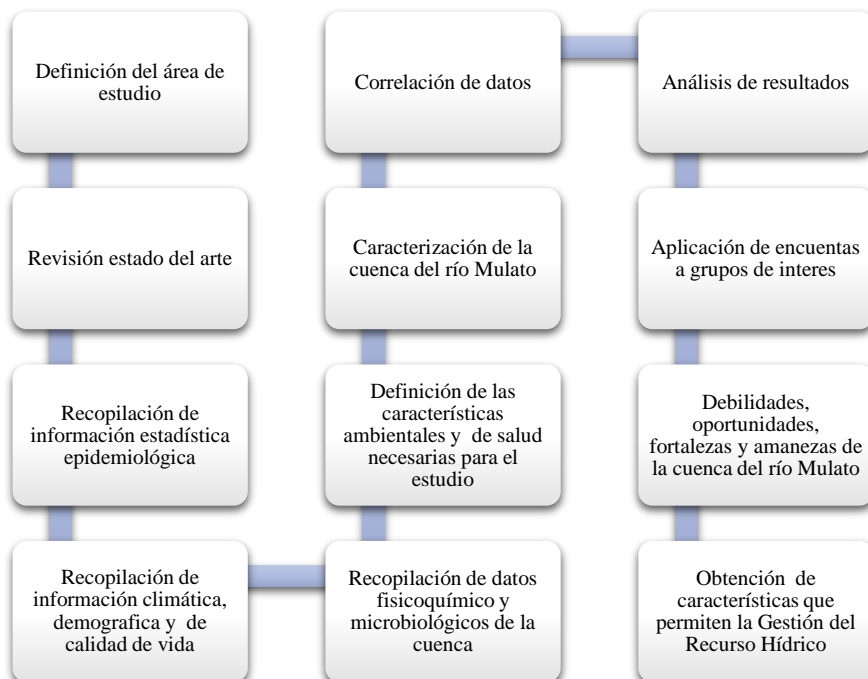
Las variables climáticas por su parte, fueron obtenidas del IDEAM, mediante lo reportado por la estación acueducto Mocoa. Donde se analizó una serie de tiempo de n=30 años, comprendida desde 1987 hasta 2007. Las variables analizadas fueron: temperatura, humedad y precipitación. Para el análisis de estas variables se usó el software R.

Finalmente, se realizó una correlación de todas estas variables en el programa SPSS con el fin de establecer una relación entre las características ambientales y los eventos en salud relacionados con calidad de agua.

#### **9.4 DISEÑO METODOLÓGICO**

El diseño metodológico inició con la definición del área de estudio y una revisión del Estado del Arte, en segunda instancia se recopiló la información estadísticas epidemiológicas, las series de tiempo de las variables climáticas y demás información e indicadores que permitieron la caracterización de la cuenca objeto de estudio. Finalmente, se analizó y correlacionó la información con el fin de dar respuesta a los objetivos propuestos para esta investigación. El esquema del diseño metodológico se muestra en la figura 17.

**Figura 17 Esquema metodológico de la investigación**



**Fuente:** Elaboración propia.

## 9.5 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA METODOLÓGICA POR OBJETIVOS

A continuación, se presenta una descripción detallada de la metodología empleada, la cual permitió obtener las variables necesarias para este estudio y para la generación de datos cuantitativos y cualitativos que dieron lugar a la solución de los objetivos propuestos en esta investigación.

### 9.5.1 Determinar las características ambientales en la cuenca del río Mulato, relacionadas con el componente de calidad de agua

En primera instancia, se recopiló toda la información referente a: generalidades de la cuenca, variables climatológicas, demografía, calidad de vida, cartografía, vivienda, hábitat, servicios públicos, datos fisicoquímicos y microbiológicos del agua, eventos de interés en salud, morbilidad y mortalidad. Esta información se tomó del departamento del Putumayo, el municipio de Mocoa y la cuenca del río Mulato. En la tabla 13, se presentan de manera detallada las variables, su definición, unidades de medida, la fuente de donde fueron tomadas y la técnica como se obtuvo la información.



**Tabla 13 Variables metodológicas para el objetivo 1**

<b>Variable</b>	<b>Definición</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Tipo de Información y Fuente</b>	<b>Técnica</b>
Generalidades de la cuenca	Datos básicos de la cuenca: extensión, ubicación, límites, mapa de localización.	Datos	<p>Información: Secundaria</p> <p>Fuente: Universidad Nacional del Colombia sede Amazonia &amp; Corpoamazonia</p> <p>Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres &amp; Pontificia Universidad Javeriana</p>	<p>Se revisaron y analizaron los trabajos publicados en el año 2018:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acotamiento de la Ronda Hídrica del Río Mulato en la zona urbana del municipio de Mocoa (Putumayo), capítulo 4.</li> <li>• Diagnostico Socioterritorial de las Microcuencas de los Ríos Mulato y Sangoyaco y las Quebradas la Taruca y Taruquita del municipio de Mocoa-Putumayo, capítulo 2.</li> </ul> <p>Luego de la revisión se procedió a construir las generalidades de la cuenca, de acuerdo a la información consultada.</p>
Precipitación en la cuenca	La precipitación es cualquier producto de la condensación del vapor de agua atmosférico que se deposita en la superficie de la Tierra.	mm	<p>Información: Secundaria</p> <p>Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM</p> <p>Estación acueducto Mocoa</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se creó un registro en la página del IDEAM, por medio del cual fue posible solicitar la información oficial de las estaciones que se encuentran el departamento del Putumayo.</li> <li>• Se determinó trabajar con la estación acueducto Mocoa, dada su cercanía a la cuenca objeto de estudio.</li> <li>• Se revisaron y analizaron los datos de la estación acueducto Mocoa desde el año 1987 hasta 2017.</li> <li>• Se construyeron gráficos de cajas con ayuda de R y gráficos de líneas en Excel. A fin de ilustrar los datos y presentar la información obtenida.</li> </ul>
Temperatura en la cuenca	Magnitud referida a la noción de calor medible mediante un termómetro	°C		
Humedad relativa en la cuenca	Relación entre la presión parcial del vapor de agua y la presión de vapor de equilibrio del agua a una temperatura dada	%		

Variable	Definición	Unidad de medida	Tipo de Información y Fuente	Técnica
Calidad de Agua del Río Mulato	Características químicas, físicas, y biológicas del agua, que dan cuenta del estado del agua.	ICA IRCA	Información: Secundaria  Fuentes: Sistema de Información de la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano – SIVICAP  Informes técnicos de caracterización fisicoquímica y microbiológica de Corpoamazonia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se visitó la página <a href="https://www.ins.gov.co/sivicap/Paginas/sivicap.aspx">https://www.ins.gov.co/sivicap/Paginas/sivicap.aspx</a>, se descargaron los informes de vigilancia del agua disponibles desde 2010 hasta 2018.</li> <li>Se revisó la web y se encontró informes técnicos de caracterización fisicoquímica y microbiológica de la cuenca.</li> <li>Se analizaron los datos encontrados y se tomaron los indicadores ICA e IRCA.</li> <li>Se revisó la metodología establecida en el formato común hoja metodológica del IDEAM y la resolución número 2115 de 2007 para entender el cálculo de los indicadores.</li> <li>Se realizó el cálculo del IRCA específicamente en la cuenca del río Mulato de acuerdo con la información encontrada.</li> </ul>
Cartografía	Técnica de representar en forma convencional la superficie terrestre sobre un plano, utilizando un sistema de proyección y una relación en proporcionalidad (Escala) entre el terreno y el mapa.	Mapas	Información: Secundaria  Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se descargaron las capas cartográficas del área de estudio y se realizaron los mapas empleando ArcGis.</li> </ul>

Variable	Definición	Unidad de medida	Tipo de Información y Fuente	Técnica
Mortalidad	Número de defunciones en un grupo poblacional, en determinado período	U	<p>Información: Secundaria</p> <p>Fuente: Ministerio de Salud y Protección Social : Análisis de Situación de Salud -ASIS</p> <p>Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública –SIVIGILA</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se visitó la página <a href="https://www.minsalud.gov.co/salud/publica/epidemiologia/Paginas/analisis-de-situacion-de-salud.aspx">https://www.minsalud.gov.co/salud/publica/epidemiologia/Paginas/analisis-de-situacion-de-salud.aspx</a>, se descargó la base de datos con información de morbilidad y mortalidad (2009 – 2017)</li> <li>Se visitó la página <a href="http://portalsivigila.ins.gov.co/sivigila/documentos/Docs_1.php">http://portalsivigila.ins.gov.co/sivigila/documentos/Docs_1.php</a>, se descargaron los informes de vigilancia rutinaria para el evento 998 y los informes de vigilancia rutinaria historia disponibles</li> <li>Se revisaron y analizaron los datos de mortalidad y morbilidad referentes a las enfermedades vehiculizadas por el agua reportadas en Mocoa.</li> <li>Se construyeron gráfico de líneas, frecuencia y estacionalidad en Excel. A fin de ilustrar los datos y presentar la información obtenida.</li> </ul>
Morbilidad	Cantidad de personas que enferman en un lugar y un período de tiempo determinados en relación con el total de la población.	U		
Calidad de vida y pobreza	concepto de bienestar en las personas, asociado a la percepción que se tiene respecto a la cobertura de necesidades básicas	%	<p>Información: Secundaria</p> <p>Fuente: Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas - DANE</p> <p>Información: Secundaria</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se visitó la página del DANE: <a href="https://www.dane.gov.co/">https://www.dane.gov.co/</a>, donde se tomaron los datos del censo 2018 para el municipio de Mocoa y el departamento del Putumayo.</li> <li>Se revisaron y analizaron las bases de datos extraídas.</li> <li>Se construyeron gráficos en Excel. A fin de ilustrar los datos y presentar la información obtenida.</li> </ul>
Demografía	Estudio estadístico de las poblaciones humanas según su estado y distribución en un momento determinado.	%		
Hábitat y vivienda saludable	Condiciones de las vivienda y acceso a servicios públicos	%		

Fuente: Elaboración propia

Se detalla la metodología de cálculo que la fuente secundaria empleó para la obtención de los indicadores IRCA e ICA a nivel departamental y municipal. Con los datos obtenidos fue posible calcular el valor del IRCA, para los años 2009, 2010, 2012 y 2015, específicamente en la cuenca del río Mulato, Para ello, se aplicó la metodología de cálculo descrita a continuación.

### **Metodología para el cálculo del índice de calidad de agua – ICA:**

Para el cálculo del índice de calidad de agua – ICA, en el caso del río Mulato, se empleó un sistema de cinco (5) variables, en la tabla 14 se registran las ponderaciones que hacen parte de la fórmula para el cálculo del indicador.

**Tabla 14 Variables y ponderaciones para el caso de cinco (5) variables**

<b>Variable</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Ponderación</b>
Oxígeno Disuelto, OD	% Saturación	0,2
Sólidos Suspendidos Totales, SST	mg/L	0,2
Demanda Química de Oxígeno, DQO	mg/L	0,2
Conductividad Eléctrica, C.E.	μS/cm	0,2
pH	Unidades de pH	0,2

**Fuente:** Elaboración propia a partir de lo consultado en IDEMAN, 2011

Para calcular el ICA con un sistema de cinco (5) variables, primero fue necesario determinar el subíndice de cada variable, a continuación, se explica el cálculo realizado en cada una.

**Oxígeno Disuelto (OD):** Esta variable biológica es fundamental para definir la presencia o ausencia de especies acuáticas. Para su cálculo, inicialmente se obtuvo el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto  $PS_{OD}$  empleando la ecuación 3 (IDEAM, 2011).

$$PS_{OD} = \frac{Ox * 100}{C_p} \quad [EC. 3]$$

Donde:

**Ox:** Es el oxígeno disuelto medido en campo (mg/l) asociado a la elevación, caudal y capacidad de reoxigenación.

**C<sub>p</sub>**: Es la concentración de equilibrio de oxígeno (mg/l), a la presión no estándar, es decir, oxígeno de saturación.

La concentración de equilibrio de oxígeno (**C<sub>p</sub>**), también se debe calcular, para ello se empleó la ecuación 4 establecida por el Centro de investigaciones en Hidroinformática del IDEAM.

$$\ln C^* = -139.3441 + (157570.1 / TE) - (66423080 / TE^2) + (12438000000 / TE^3) - (862194900000 / TE^4) \quad [\text{EC. 4}]$$

Dónde, TE= Temperatura (°K)

Una vez se obtuvo el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto PS<sub>OD</sub>, fue posible calcular el valor para el oxígeno disuelto I<sub>OD</sub> empleando la ecuación 5.

$$I_{OD} = 1 - (1 - 0,01 * PS_{OD}) \quad [\text{EC. 5}]$$

**Sólidos Suspendedos Totales (SST)**: Esta variable indica cambios en el estado de las condiciones hidrológicas de la corriente. Su presencia puede estar dada por procesos erosivos, vertimientos industriales, extracción de materiales y disposición de escombros. Los SST se determinaron mediante la aplicación de la ecuación 6.

$$I_{SST} = 1 - (-0,02 + 0,003 * SST) \quad [\text{EC.6}]$$

Si  $SST \leq 4,5$ ; Entonces  $I_{SST} = 1$

Si  $SST \geq 320$ ; Entonces  $I_{SST} = 0$

**Demanda Química de Oxígeno (DQO)**: Permite establecer la presencia de sustancias químicas susceptibles a la oxidación en condiciones ácidas y de altas temperaturas, en materia orgánica e inorgánica. Los DQO se determinan en el momento de análisis, para ello, se emplearon las siguientes reglas:

Si  $DQO \leq 20$ ; Entonces  $I_{DQO} = 0,91$

Si  $20 < DQO \leq 25$ ; Entonces  $I_{DQO} = 0,71$

Si  $25 < DQO \leq 40$ ; Entonces  $I_{DQO} = 0,51$

Si  $40 < DQO \leq 80$ ; Entonces  $I_{DQO}=0,26$

Si  $DQO > 80$ ; Entonces  $I_{DQO}=0,125$

**Conductividad Eléctrica (C.E.):** Esta variable está íntimamente relacionada con la suma de cationes y aniones determinados de forma química. Se calculó mediante el uso de la ecuación 7.

$$I_{C.E.}=1-10^{(-3,26+1,34\text{Log}10C.E.)} \quad [\text{EC. 7}]$$

Cuando el  $I_{C.E.} < 0$ , Entonces  $I_{C.E.}=0$

**pH:** En valores extremos esta variable puede afectar la flora y fauna acuática. Para su cálculo se emplearon las siguientes reglas y ecuaciones:

Si  $pH < 4$ ; Entonces  $I_{pH}=0,1$

Si  $4 \leq pH \leq 7$ , Entonces  $I_{pH}=0,02628419 e^{(pH-5,20025)}$  [EC. 8]

Si  $7 < pH \leq 8$ ; Entonces  $I_{pH}=1$

Si  $8 < pH \leq 11$ ; Entonces  $I_{pH}=1 * e^{((pH-8)-0,5187742)}$  [EC. 9]

Si  $pH > 11$ ; Entonces  $I_{pH}=0,1$

El índice de calidad de agua – ICA se calculó mediante la ecuación 2 , su cálculo fue posible una vez se calcularon las 5 variables resultado de la aplicación de las ecuaciones 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9.

$$ICA_{njt} = \left( \sum_{i=1}^n W_i * I_{ikjt} \right) [\text{EC. 2}]$$

### **Metodología para el cálculo del índice de riesgo de la calidad del agua para el consumo humano - IRCA:**

Para el cálculo del IRCA se asignó un puntaje de riesgo a cada una de las características físicas, química y microbiológica analizadas, este puntaje de riesgo se fijó a las variables que

sobrepasaron los valores máximos permitidos y establecidos en el artículo 12 del Decreto 1575 de 2007. Los valores asignados se presentan en la tabla 15.

**Tabla 15 Puntaje de riesgo asignado**

<b>Variables</b>	<b>Puntaje de riesgo</b>
Color Aparente	6,0
Turbiedad	15
pH	1,5
Cloro Residual Libre	15
Alcalinidad Total	1,0
Calcio	1,0
Fosfatos	1,0
Manganeso	1,0
Molibdeno	1,0
Magnesio	1,0
Zinc	1,0
Dureza Total	1,0
Sulfatos	1,0
Hierro Total	1,5
Cloruros	1,0
Nitratos	1,0
Nitritos	3,0
Aluminio (Al <sup>3+</sup> )	3,0
Fluoruros	1,0
Carbón Orgánico Total	3,0
Coliformes Totales	15
Escherichia Coli	25

**Fuente:** Elaboración propia a partir de la normatividad consultada

Las variables identificadas con riesgo se sumaron y se ubicaron en el numerador de la ecuación 1, las cuales fueron divididas entre el sumatoria del total de variables analizadas que conforman el denominador de la ecuación. La aplicación de esta fórmula dio como resultado el valor del IRCA.

$$\text{IRCA(\%)} = \frac{\sum \text{Puntaje de riesgo asignado a las características no aceptables}}{\sum \text{Puntaje de riesgo asignado a las características analizadas}} * 100 \quad [\text{EC.1}]$$

### 9.5.2 Establecer la relación entre las características ambientales y los eventos en salud relacionados con calidad de agua

El objetivo 1, permitió conocer las características de salud de la población del municipio de Mocoa, los aspectos demográficos y las características ambientales de la cuenca del río Mulato. En la tabla 16 se presenta la escala de tiempo que se encontró y se tomó para el análisis de cada una de las variables y los resultados obtenidos del análisis.

**Tabla 16 Escalas de tiempo y resultados obtenidos de cada variable**

<b>Variable</b>	<b>Escalas de tiempo</b>	<b>Resultado por variable</b>
Generalidades de la cuenca	Datos básicos de la cuenca de la última década	Datos contextuales de la cuenca
Precipitación en la cuenca	Serie de tiempo comprendía entre los años 1987-2017	Cifras precipitación anual y mensual
Temperatura en la cuenca	Serie de tiempo comprendía entre los años 1987-2017	Cifras temperatura anual y mensual
Humedad relativa en la cuenca	Serie de tiempo comprendía entre los años 1987-2017	Cifras humedad anual y mensual
Calidad de Agua	Serie de tiempo comprendía entre los años 2009-2019	Índices IRCA e ICA
Cartografía	Mapas de la última década	Mapas
Mortalidad	Serie de tiempo comprendía entre los años 2005-2016	Cifras de mortalidad por EDA, hepatitis A
Morbilidad	Serie de tiempo comprendía entre los años 2009-2018	Cifras de morbilidad por EDA, hepatitis A
Demografía	Último censo realizado , 2018	Número de habitantes (Población)
Calidad de vida y pobreza	Último censo realizado , 2018	Índices de NBI, IDH, ECV
Hábitat y vivienda saludable	Último censo realizado , 2018	Cobertura de servicios básicos públicos

**Fuente:** Elaboración propia

Dadas las diferentes escalas de años en la que se encontró la información, se decidió homologar una escala que contenga todas las variables y que sea representativa a su vez. El año más antiguo de información encontrado fue 1987 y el más reciente 2019. Tan solo 3 variables contenían información desde 1987, mientras que el total de ellas presentaban información a partir de 2009, lo que permito establecer a este año como el inicio del periodo de tiempo para el análisis. De igual forma, todas las variables presentaron información hasta 2019.



Una vez definida la escala de tiempo para la relación entre las variables salud – ambiente, se procedió a seleccionar las variables a correlacionarse, por ejemplo la variable cartografía no fue tenida en cuenta para esta relación, pues su información es de tipo gráfica y se usó para dar contexto visual de la cuenca. Una vez seleccionadas las variables a relacionarse, se organizaron las mismas en dos bases de datos, una con datos mensuales y otra con datos anuales. Esta precisión, se hizo con el fin de aprovechar los datos mensuales que contenía cada variable y así observar su comportamiento. En la tabla 17, se presenta el orden de los datos que conforman las bases de datos

**Tabla 17 Bases de datos**

<b>Base de datos anual</b>	<b>Base de datos mensual</b>
Año	Año
Población anual	Mes
IRCA anual para Mocoa y Putumayo	Población
ICA anual para Mocoa	IRCA mensual para Mocoa y Putumayo
Casos mortalidad EDA putumayo anual	Casos mortalidad EDA Mocoa mensual
Casos mortalidad EDA Mocoa anual	Casos morbilidad EDA Mocoa mensual
Casos morbilidad EDA Mocoa anual	Casos morbilidad Hepatitis A mensual
Casos morbilidad Hepatitis A anual	Precipitación dato mensual
Precipitación dato anual	Temperatura dato mensual
Temperatura dato anual	Humedad dato mensual
Humedad dato anual	

**Fuente:** Elaboración propia

La relación se llevó a cabo por medio de un análisis de estadística descriptiva empleando Excel y SSPS. La correlación en SSPS empleó el coeficiente de correlación de Spearman, este permitió determinar si existía una relación lineal entre las variables a nivel ordinal, es decir, validar si la relación era estadísticamente significativa. En la tabla 18 se resume el plan de análisis para el objetivo 2.

**Tabla 18 Plan de análisis objetivo 2**

<b>Plan de análisis</b>	<b>Variables</b>
Análisis de estadística descriptiva empleando el coeficiente de correlación Spearman en SSPS	Base de datos anual y mensual
Análisis de los resultados obtenidos luego de la correlación	

**Fuente:** Elaboración propia

### 9.5.3 Definir las acciones programáticas para mejorar la gestión en salud ambiental

Para este objetivo, fue necesario conocer las perspectivas de actores clave de la región que trabajen con la cuenca del río Mulato, para ello se aplicó un instrumento a modo de encuesta, dividió en dos secciones. La primera enmarcó preguntas referentes a las metas de salud ambiental y la segunda estableció preguntas respecto a las estrategias de salud ambiental. El instrumento se aplicó en la Secretaria Departamental de Desarrollo Agropecuario y Medio Ambiente del Putumayo, la Secretaria de Salud, Aguas Mocoa, Secretaria de medio ambiente del municipio de Mocoa y Corpoamazonia. En la tabla 19 se exponen las preguntas de las dos secciones.

**Tabla 19 Encuesta**

<b>Sección</b>	<b>Preguntas</b>
<b>Metas salud ambiental</b>	Se han creado, mantenido y/o fortalecido los diferentes espacios de gestión intersectorial en Salud ambiental en el departamento, municipios y en la Corporación Autónoma Regional
	El talento humano que desarrolla los procesos de salud ambiental, a nivel departamental y municipal, se ha certificado en competencias laborales.
	Las entidades territoriales de salud (departamental y municipal), así como la Corporación Autónoma Regional, se han fortalecido orgánica y funcionalmente, en cuanto a infraestructura, talento humano, recursos.
	Las entidades territoriales de salud, departamental y municipales, así como las Corporaciones Autónomas Regionales CAR han gestionado la inclusión del componente de salud ambiental en los Planes de Desarrollo Territorial PDT y en los de Ordenamiento Territorial POT.
	Se ha diseñado y está en desarrollo el programa orientado al suministro del agua apta para consumo humano al 100% de la población, articulando las políticas nacionales, tales como la Política Nacional de Agua y Saneamiento para las Zonas Rurales, la PGRH, y estrategias, tales como la de Producción más Limpia, Educación en Salud Ambiental y Vigilancia Sanitaria, entre otras
	El 100% de las direcciones territoriales de salud cuentan con mapas de riesgo y vigilancia de la calidad del agua para consumo humano.
	Los mapas de riesgo de calidad de agua para consumo humano elaborados cuentan con los planes de trabajo correctivos para reducir el riesgo sanitario encontrado.
	Se cuenta con estudios de la carga ambiental de la enfermedad y costos en salud de los eventos priorizados relacionados con el agua y estrategias de intervención en el ámbito territorial.
	Se han creado, mantenido y/o fortalecido los diferentes espacios de gestión intersectorial
<b>Estrategia en salud ambiental</b>	Se evidencia articulación interinstitucional para incorporar la salud ambiental en la formulación de políticas, planes y programas de los diferentes sectores, buscando mejorar la eficiencia, reducir las superposiciones y duplicaciones innecesarias y mejorar la coordinación
	Se evidencian Alianzas entre los sectores público y privado para el fomento de la corresponsabilidad social empresarial, y la participación activa de la sociedad civil en la protección de la salud humana, el mejoramiento de las condiciones de calidad de vida y el desarrollo sostenible.
	La Atención Primaria en Salud Ambiental APSA busca definir la participación e intervención conjunta de los niveles territoriales con competencias en salud ambiental, en la implementación, posicionando la gestión intersectorial y la participación social en la intervención de los determinantes sanitarios y ambientales.

	Se evidencia promoción del Consumo responsable que incluye promoción social y comunitaria relacionada con hábitos de consumo que reduzcan el impacto en el ambiente, con el fin de promover la salud humana y preservar los ecosistemas que prestan bienes y servicios ambientales
--	--

**Fuente:** Elaboración propia, a partir de la encuesta elaborada por el grupo de investigación de salud ambiental de la Universidad Autónoma de Manizales.

Al responder las preguntas, los encuestados calificaron cada una de las preguntas de 1 a 5. Siendo 1 la calificación más baja, dado que estaban totalmente en desacuerdo con el enunciado y 5 cuando estaban totalmente de acuerdo con el ítem.

Los objetivos 1 y 2 proporcionaron una línea base sobre el estado actual de la cuenca del río Mulato y la aplicación de la encuesta permitió saber los trabajos que los entes gubernamentales adelantan sobre el tema. Con lo anterior, se creó un DOFA con el fin de identificar debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas para la cuenca del río Mulato. Con la matriz DOFA se realizó un cruce entre las variable identificadas en ella (Ponce, 2007), la forma como se realizó se presenta en la tabla 20.

**Tabla 20 Metodología para el cruce de variables DOFA**

CRUCE DE VARIABLES		FACTORES INTERNOS	
		Lista de Fortalezas F1 F2 ... Fn	Lista de Debilidades D1 D2 ... Dn
<b>FACTORES EXTERNOS</b>	Lista de Oportunidades O1 O2 ... On	(F-O): Incluyen las Fortalezas para aprovechar las Oportunidades	(D-O): Estas estrategias pretenden superar las Debilidades aprovechando las Oportunidades
	Lista de Amenazas A1 A2 ... An	(F-A): Usan las Fortalezas para evitar las Amenazas	(D-A): Reducir las Debilidades y evitar las Amenazas

**Fuente:** Elaboración propia, a partir de lo consultado en Ponce, 2007

Finalmente, se realizó una revisión del actual ciclo para la gestión del recurso hídrico y se identificaron carencias de elementos de innovación. Desde esta investigación se construyó una propuesta que puede contribuir a mejorar este ciclo, la propuesta consiste en una integración entre el sistema de vigilancia tecnológica y el ciclo del agua.

## 10 RESULTADOS

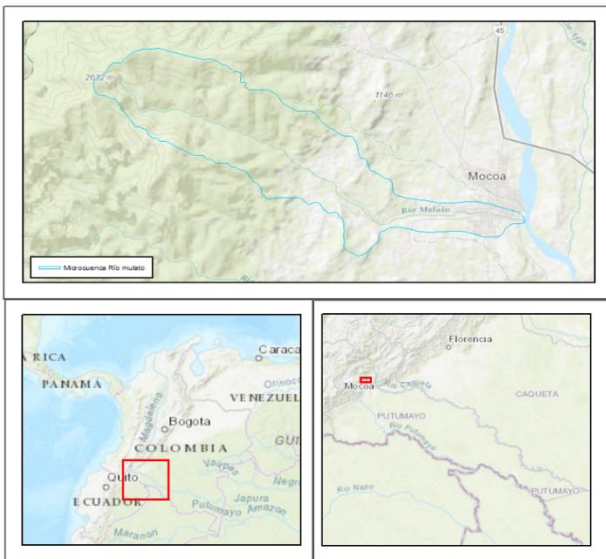
El capítulo expone la caracterización de la cuenca del Río Mulato, en segunda instancia, se encuentran los componentes de salud ambiental del municipio por donde pasa el río. Luego, están las estadísticas de morbilidad y mortalidad de enfermedades vehiculizadas por el agua en el departamento y municipio objeto de estudio. Finalmente, se presta la relación entre las variables ambientales y de salud relacionadas con el componente de calidad de agua, que dan origen a una línea base que se empleó para la construcción de acciones programáticas. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en este proceso.

### 10.1 CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO MULATO

#### 10.1.1 Generalidad de la cuenca

La cuenca del río Mulato hace parte de la subcuenca del río Mocoa; esta última tributa en la Macrocuenca del río Caquetá, la cual está dentro de la zona hidrográfica de la Amazonia. Tiene una extensión de 1761,1 ha y está ubicada al occidente del área urbana de la ciudad de Mocoa, Putumayo. La localización se presenta en la Figura 18

Figura 18 Localización río Mulato



Fuente: Elaboración propia usando ArcGIS.

La cuenca se localiza en el piedemonte amazónico sobre el costado oriental de la Cordillera Oriental, limita al norte con la cuenca del río Sangoyaco y al sur con la cuenca del río Rumiayaco y se destaca por su alto régimen torrencial propio de las condiciones de precipitación, pendiente y forma del canal del cauce. En la parte alta de la cuenca predominan zonas de bosque natural, donde la intervención antrópica es mínima, dadas las altas pendientes y escarpadas unidades fisiográficas que han limitado el uso del suelo para actividades humanas. Contribuyendo así a la preservación del ecosistema en esta aparte de la cuenca (Universidad Nacional de Colombia sede Amazonia y Corpoamazonia, 2018).

Hacia la parte media de la cuenca la intervención antrópica y los asentamientos humanos son más evidentes donde predominan las viviendas rurales y los bosques secundarios. Finalmente, la parte media baja de la cuenca del río Mulato transita por el área urbana de la ciudad de Mocoa interactuando con 10 barrios de la ciudad, en este espacio la contaminación antrópica es alta debido a que todos los residuos de las viviendas son arrojados de manera directa al paso del río (Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres & Pontificia Universidad Javeriana, 2018)

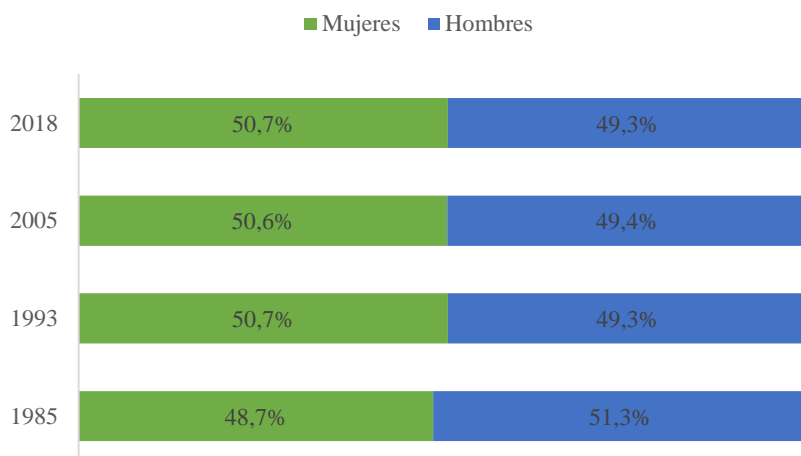
La vegetación dentro de la cuenca de río Mulato presenta las características propias del piedemonte andino-amazónico, reconocida por sus bosques húmedos tropicales. En el área de la cuenca se observan bosques de tierra firme con diferentes grados de intervención, los cuales se han visto sometidos a la extracción selectiva de variedades forestales maderables y no maderables. Tal como es el caso de la palma *Iriartea deltoidea* Ruiz & Pav., conocida popularmente como bombona o chonta. Alrededor de esta palma se genera una pequeña industria en la ciudad de Mocoa, donde su madera sirve para crear productos de ebanistería y artesanías (Universidad Nacional de Colombia sede Amazonia y Corpoamazonia, 2018,p.34)

### **10.1.2 Aspectos demográficos**

El análisis demográfico parte de la población total del municipio de Mocoa, la información se tomó del censo 2018, llevado a cabo por Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas - DANE. Para el año 2018, la población de Mocoa ascendió a 48.422 personas,

respecto al censo de 2005 donde eran 36.185 personas. En la figura 19 se presenta la distribución de la población del municipio por sexo, en los últimos 4 censos.

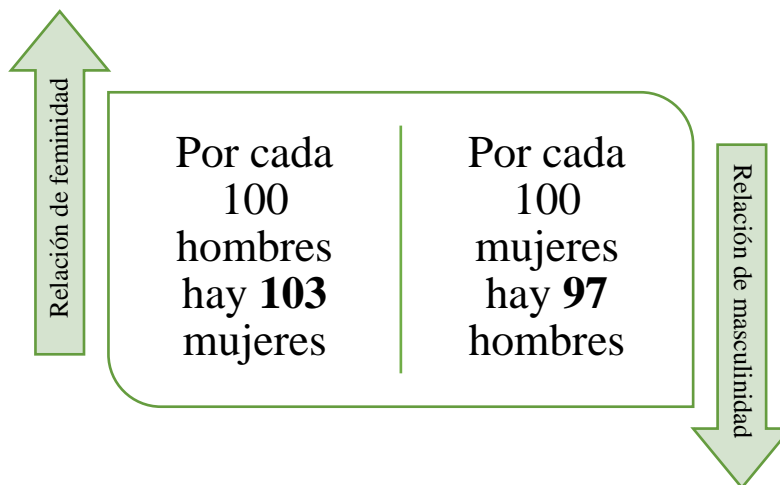
**Figura 19 Distribución de la población por sexo**



**Fuente:** Elaboración propia a partir de lo consultado en DANE ,2018

De la figura 19, fue posible inferir que la población de hombres disminuye, mientras que el número de mujeres en el municipio crece. El DANE, tomó los índices de masculinidad y feminidad, publicados el 30 de agosto de 2019 y los multiplicó por 100 con el objetivo de presentar correctamente la relación entre hombres y mujeres del municipio (DANE, 2018a). En la figura 20, se presentan los resultados.

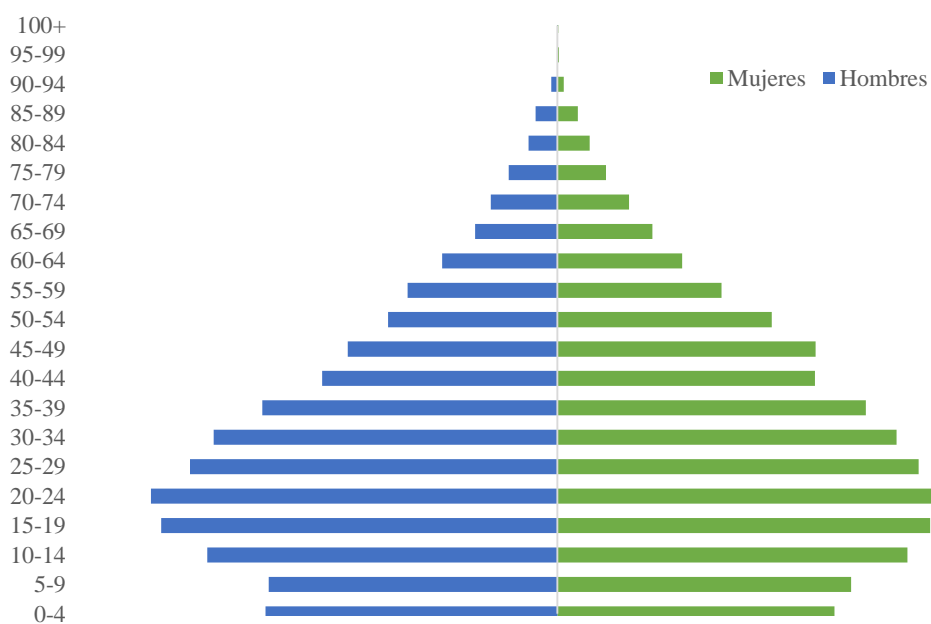
**Figura 20 Índice de masculinidad y feminidad**



**Fuente:** Elaboración propia a partir de lo consultado en DANE ,2018

La pirámide poblacional para el municipio de la cuenca, según la información del censo DANE (2018) se presenta en la figura 21, donde el 52,7% de la población está entre el rango de edad de 0 a 29 años, lo que corresponde a infantes, adolescentes y jóvenes adultos. De esta población, los infantes de 0 a 5 años, el 7,25% de la población, son quienes más suelen verse afectados por las enfermedades vehiculizadas por el agua.

**Figura 21 Pirámide poblacional 2018**



**Fuente:** Elaboración propia a partir de lo consultado en DANE ,2018

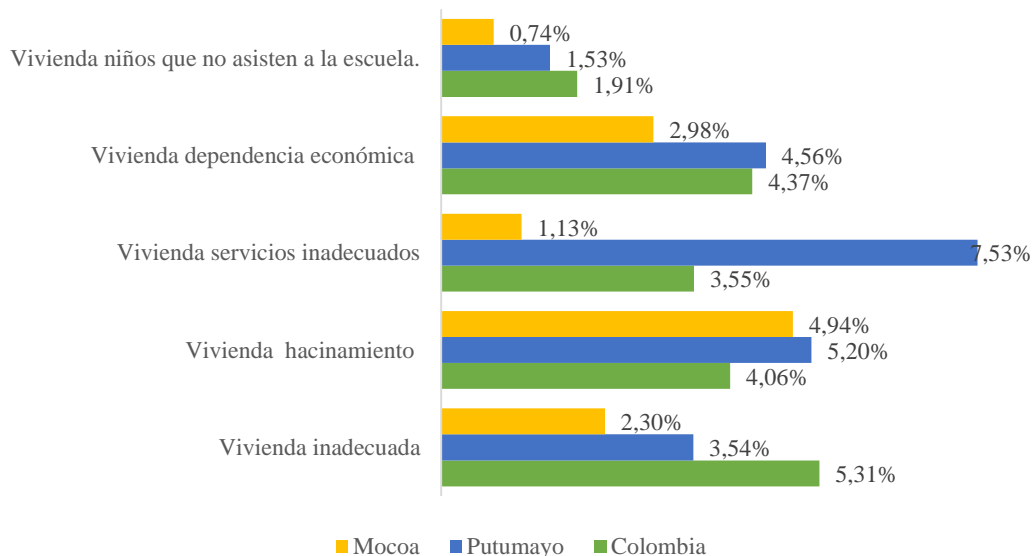
### 10.1.3 Calidad de vida y pobreza

Para medir la calidad de vida y el nivel de pobreza, existen diferentes indicadores y encuestas que permiten conocer las condiciones de vida de las personas. Un indicador es el Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas –NBI, el cual evidencia el porcentaje de población que no ha cubierto al menos una de las cinco necesidades definidas como básicas. Los datos del NBI fueron tomados del Censo Nacional de Población y Vivienda (CNPV) 2018.

En Colombia el 14,13% de la población del país presentó Necesidades Básicas Insatisfechas, 3,74% vive en la miseria. El 5,31% habitó una vivienda inadecuada para el alojamiento humano. El 4,06% presentó una vivienda con hacinamiento crítico. El 3,55% de la población presentó viviendas con servicios inadecuados, el 4,37% tuvo viviendas con alta dependencia económica y el 1,91% presentó viviendas con niños en edad escolar que no asisten a la escuela.

En el departamento del Putumayo el 18,41% de la población presentó Necesidades Básicas Insatisfechas y el 3,34% vive en la miseria. En Mocoa, el 10,27% de la población presentó NBI y el 1,60% vive en la miseria. En la figura 22 se presenta el porcentaje de los cinco indicadores simples que conforman el NBI de Colombia, el departamento del Putumayo y el municipio de Mocoa.

**Figura 22 % de los indicadores que conforman el NBI**



**Fuente:** Elaboración propia a partir de lo consultado en DANE ,2018

El Índice de Desarrollo Humano – IDH, es otro indicador que mide la pobreza y calidad de vida. El IDH resume el impacto que ha tenido la actividad productiva y social sobre el nivel de desarrollo humano de una comunidad, parte de la medición de tres indicadores: el índice de logro educativo, el índice de longevidad y el PIB. En 2018, Colombia obtuvo el mayor puntaje en el Índice de Desarrollo Humano, desde que la ONU creó esta medición, pasando



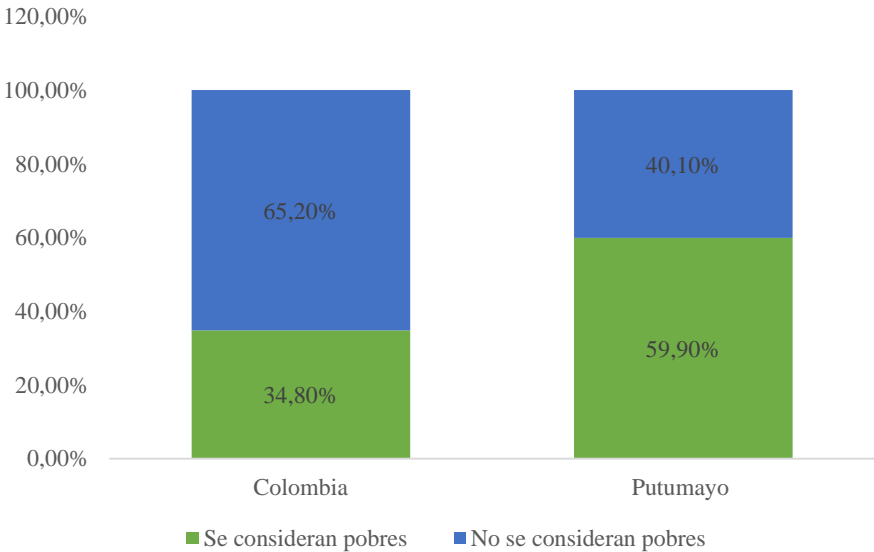
así, del puesto 95 al 79 de una medición que se les hace a 189 países. Para 2018 el IDH de Colombia fue de 0,761. incrementando 15 puntos respecto a 2013 donde el IDH fue del 0,746 (Presidencia de la república de Colombia, 2018)

El IDH, se comporta en una escala entre 0 y 1, entre más se acerque a uno, mejores son las condiciones del desarrollo humano. Para 2018, el departamento del Putumayo presentó un IDH del 0,699 ubicado por debajo del nivel nacional.

El DANE, aplicó en 2018 la encuesta nacional de calidad de vida – ECV, la cual investigó, cuantificó y caracterizó las condiciones de vida de los colombianos. En este trabajo se incluyeron variables relacionadas con la vivienda, la educación, la salud, el cuidado de los niños, la fuerza de trabajo, los gastos e ingresos, entre otras variables. Además, se tuvo cuenta la percepción de calidad de vida del jefe del hogar.

Los datos de la ECV, arrojaron que el 34,8% de los hogares colombianos se consideraron pobres, respecto a un 65,2% que no se consideraron en esta situación. Para el departamento del Putumayo el 59,9% de los hogares se clasificaron como pobres y el 40,1% restante no. En la figura 23 se presenta gráficamente los datos.

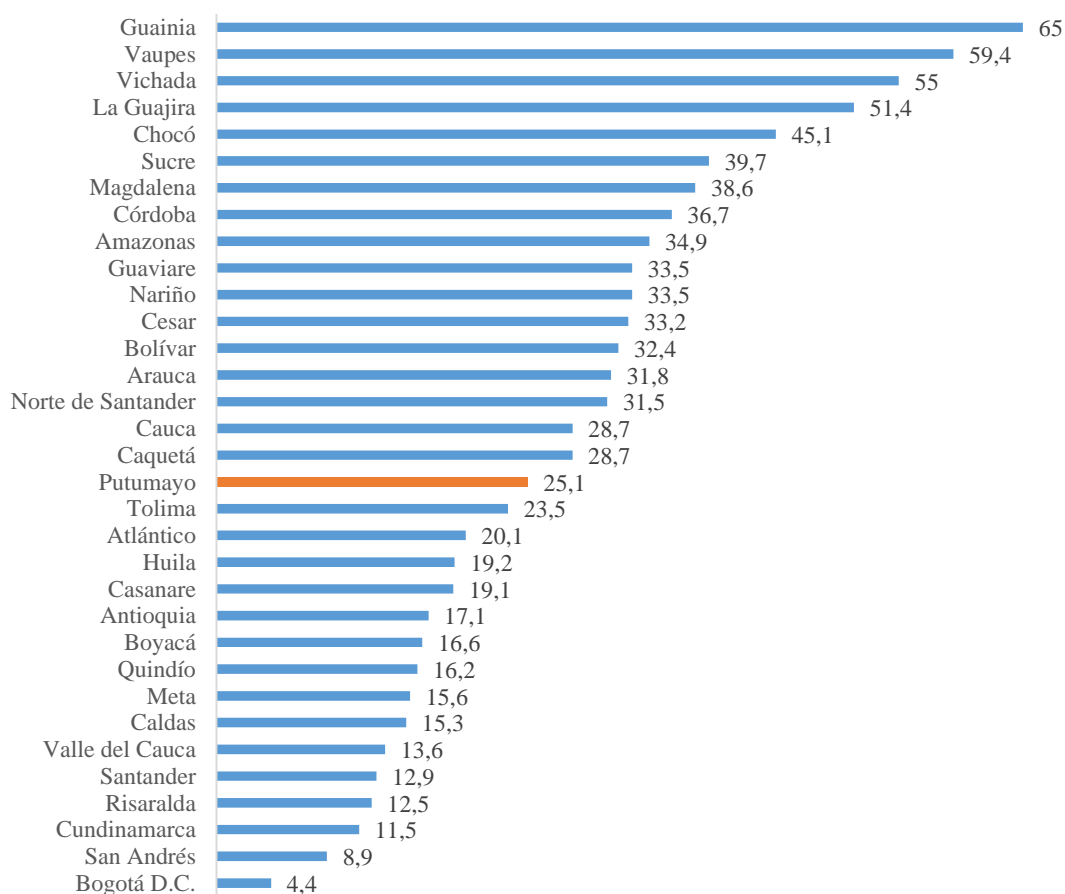
**Figura 23** Percepción de la pobreza en Colombia y el Putumayo



**Fuente:** Elaboración propia a partir de lo consultado en DANE ,2018

Con los datos censales de 2018, Colombia midió también el índice de pobreza multidimensional - IPM. Este índice está conformado por cinco dimensiones: condiciones educativas del hogar, condiciones de la niñez y la juventud, salud, trabajo y condiciones de la vivienda y acceso a servicios públicos domiciliarios; que a su vez, involucran 15 indicadores (DANE, 2018b). En la figura 24 se presentan el IPM para cada departamento de Colombia.

**Figura 24 Índice de Pobreza Multidimensional**



**Fuente:** Elaboración propia a partir de lo consultado en DANE ,2018

De los 32 departamentos medidos y el Distrito Capital, el departamento del Putumayo se encuentra en el puesto número 16 de 33, con un IPM de 25,1. Entre más alto sea este índice mayor es la pobreza (DANE, 2018b). En la tabla 21, se presentan los valores para los 15 indicadores que conforman el Índice de Pobreza Multidimensional medidos en el departamento del Putumayo.

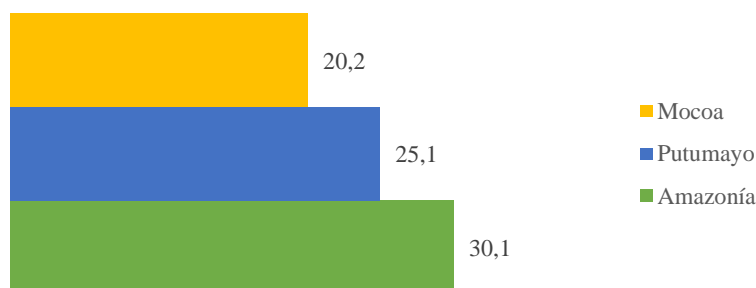
**Tabla 21 Indicadores que conforman el IPM**

Variable	Estimación
Analfabetismo	10,4
Bajo logro educativo	61,9
Barreras a servicios para cuidado de la primera infancia	7,00
Barreras de acceso a servicios de salud	5,70
Desempleo de larga duración	11,9
Hacinamiento crítico	11,3
Inadecuada eliminación de excretas	12,8
Inasistencia escolar	5,90
Material inadecuado de paredes exteriores	10,2
Material inadecuado de pisos	2,30
Rezago escolar	30,4
Sin acceso a fuente de agua mejorada	50,3
Sin aseguramiento en salud	6,70
Trabajo infantil	3,00
Trabajo informal	91,2

**Fuente:** Elaboración propia a partir de lo consultado en DANE ,2018

Para el municipio de Mocoa, la media de pobreza en la cabecera municipal fue de 20,2 y en los centros poblados y rurales que hacen parte del municipio fue de 37,3 (DANE, 2018b).

En la figura 25, se relacionan los IPM de la región Amazónica, el departamento y el municipio.

**Figura 25 IPM Región - Departamento – Municipio**

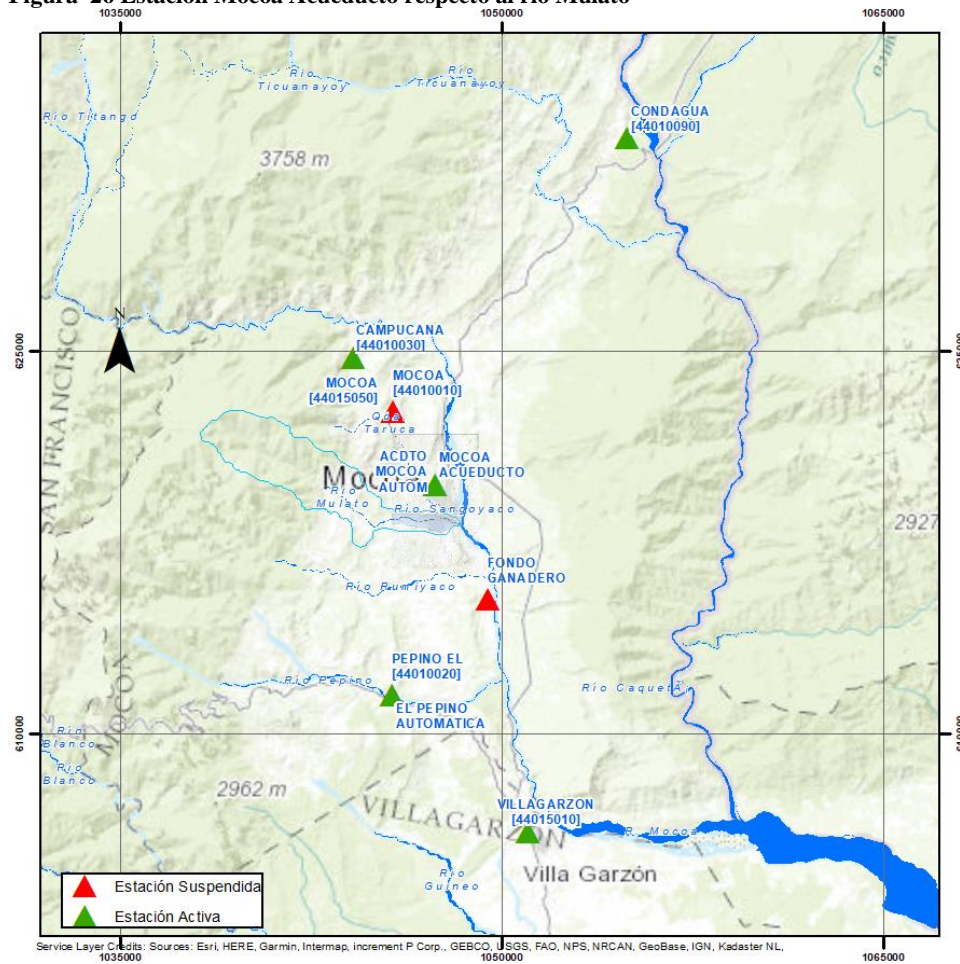
**Fuente:** Elaboración propia a partir de lo consultado en DANE ,2018

## 10.2 COMPONENTES DE LA SALUD AMBIENTAL

### 10.2.1 Variables climatológicas

**Precipitación en la cuenca del río Mulato:** La precipitación ocurre cuando la atmósfera se satura con vapor de agua, dicho vapor de agua se condensa y cae, es decir, se precipita. Los datos de precipitación de la cuenca del río Mulato se obtuvieron mediante el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, el cual estableció estaciones meteorológicas en todo el país. En Putumayo existen diferentes estaciones, para este estudio los datos de precipitación se tomaron de la estación Acueducto Mocoa, seleccionada por su cercana ubicación a la cuenca respecto a otras estaciones del departamento. En la figura 26 se observa la distancia de la estación con respecto al polígono del río Mulato.

Figura 26 Estación Mocoa Acueducto respecto al río Mulato

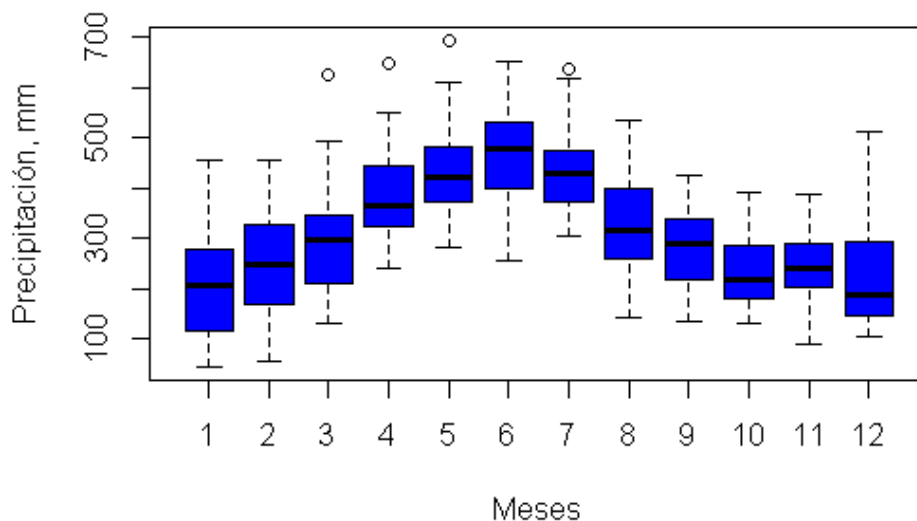


Fuente: Elaboración propia empleando ArcGIS

La estación Acueducto Mocoa proporcionó información de precipitaciones desde el año 1987 hasta 2017. Con los datos recopilados fue posible construir un serie de tiempo de  $n = 30$  años. De lo datos recolectados, fue posible inferir que: los picos de lluvias ocurren entre los meses de abril, mayo, junio y julio, siendo mayo el mes con mayores valores de precipitación los cuales oscilan entre 280 y 694 mm.

El incremento en las lluvias en el período abril – agosto, se relaciona principalmente con la ubicación de la cuenca dentro de la zona de convergencia intertropical. Sumado a lo anterior, en ese período inicia la influencia de los sistemas sinópticos de la Amazonia, generando así un incremento en las precipitaciones de la zona. Por su parte, en los meses de enero, febrero, octubre y noviembre las precipitaciones disminuyen, oscilando entre 44 y 390 mm. En la figura 27 se observa el comportamiento de la precipitación mensual multianual para la normal climatológica 1987-2017.

**Figura 27** Precipitación mensual multianual para la normal climatológica 1987-2017



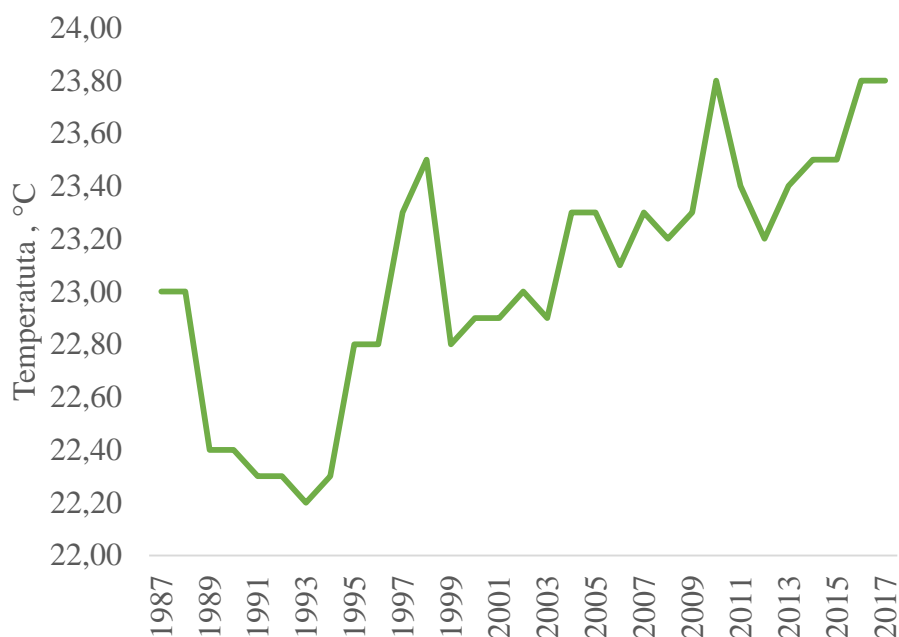
**Fuente:** Elaboración propia en software R Studio, a partir de valores registrados por la estación acueducto Mocoa.

**Temperatura en la cuenca del río Mulato:** La temperatura es una magnitud referida a la noción de calor medible mediante un termómetro. La temperatura da idea de cuán caliente o frío está un entorno, a partir de una escala numérica, que para este caso serán los grados centígrados. Para esta investigación se analizaron los datos de temperatura mínima y

máxima recolectada por la estación Acueducto Mocoa en una serie de tiempo de  $n=30$  años, comprendidos entre 1987 y 2017.

La temperatura media en el municipio de Mocoa tiene un valor casi constante de  $23^{\circ}\text{C}$  a lo largo de todo el año, tal como lo reflejan los datos registrados en la estación Acueducto Mocoa para la temperatura media interanual en el período 1987 – 2017, los cuales oscilan entre  $22,2 - 23,8^{\circ}\text{C}$ . Ilustrados en la figura 28.

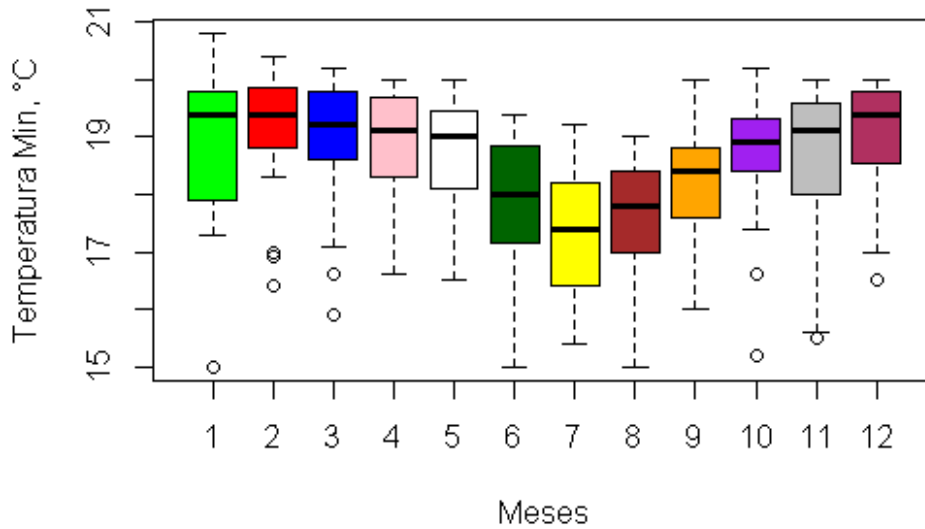
**Figura 28** Temperatura media interanual 1987-2017



**Fuente:** Elaboración propia, a partir de valores registrados por la estación acueducto Mocoa

La temperatura mínima en Mocoa oscila entre los  $15$  y  $21^{\circ}\text{C}$ , siendo junio, julio y agosto los meses que registran la temperatura mínima más baja. En la figura 29 se graficaron los valores mensuales interanuales para una serie de 30 años.

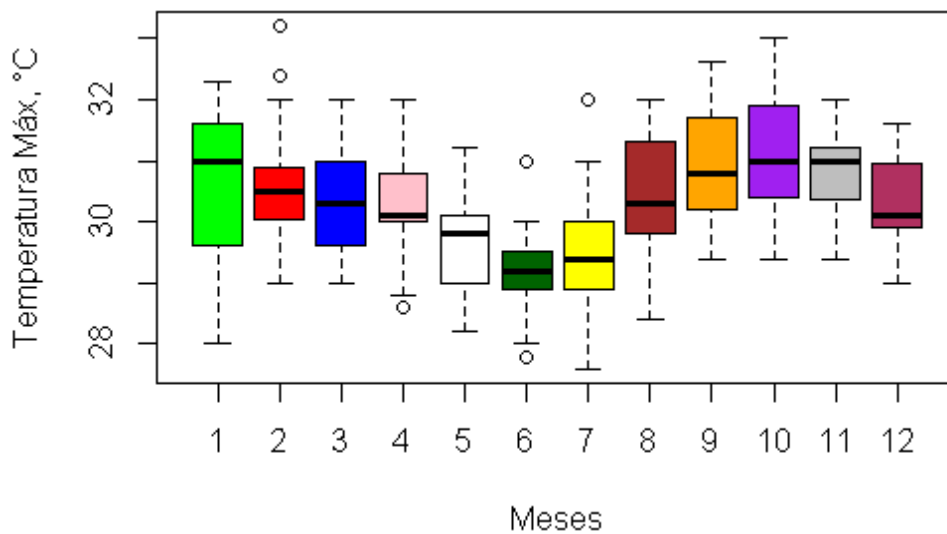
**Figura 29** Temperatura mínima mensual interanual 1987-2017



**Fuente:** Elaboración propia en software R Studio, a partir de valores registrados por la estación acueducto Mocoa.

La temperatura máxima, por su parte, oscila entre los 28 y 33 °C, siendo enero, febrero, marzo, abril, septiembre, octubre y noviembre, los meses que registran las temperaturas más altas. En la figura 30 se graficaron los datos mensuales para una serie de 30 años. De igual forma, se infiere que los meses donde las precipitaciones disminuyen las temperaturas incrementan.

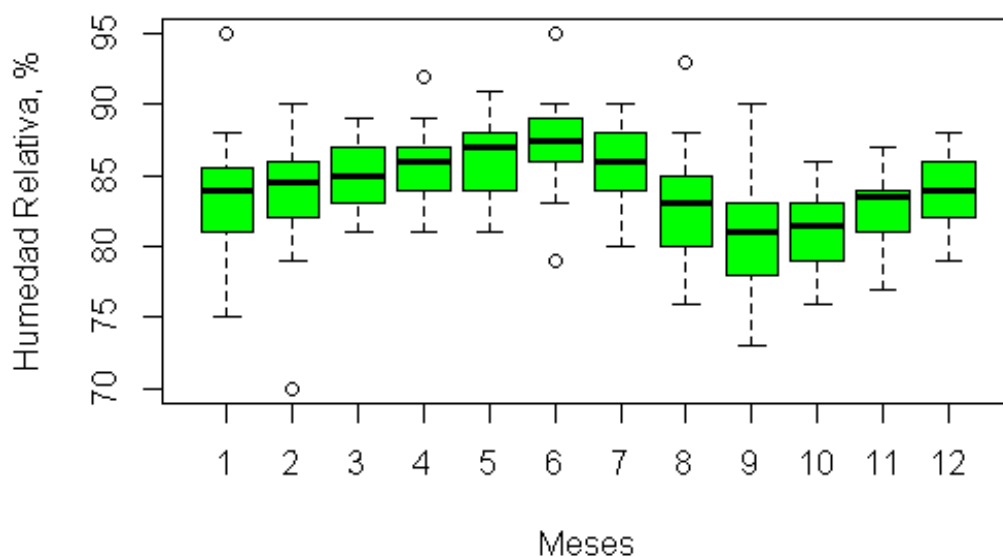
**Figura 30** Temperatura máxima mensual interanual 1987-2017



**Fuente:** Elaboración propia en software R Studio, a partir de valores registrados por la estación acueducto Mocoa

**Humedad relativa en la cuenca del río Mulato:** La humedad relativa media mensual multianual para el municipio de Mocoa, en el periodo 1987-2017 (n=30 años) oscila entre el 75 y 90%. En la figura 31 se observan los valores de humedad relativa media mensual multianual.

**Figura 31** Humedad Relativa media mensual multianual 1987-2017



**Fuente:** Elaboración propia en software R Studio, a partir de valores registrados por la estación acueducto Mocoa

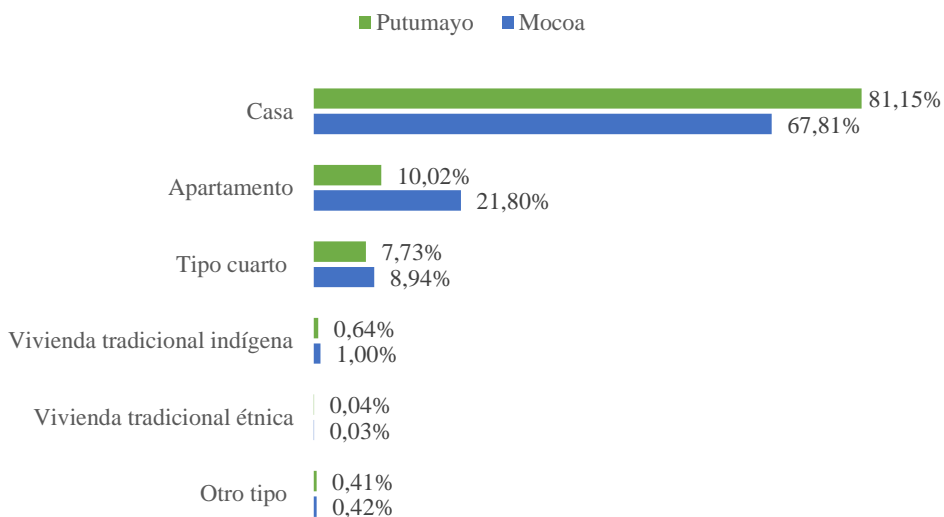
### 10.2.2 Hábitat y vivienda saludable

De acuerdo con la información reportada por el Censo DANE 2018, el Putumayo cuenta con 110.853 unidades de vivienda para 107.053 hogares del departamento. Esta cifra para el Municipio de Mocoa fue de 18.576 unidades de vivienda para 18.556 hogares. El tipo de unidad de vivienda que predomina son las casas, seguido por los apartamentos y viviendas tipo cuarto.

En La figura 32, se presenta los 6 tipos de vivienda identificados por el DANE, en los que habitan las personas residentes en el departamento del Putumayo y el municipio de Mocoa donde se encuentra la cuenca del río Mulato.



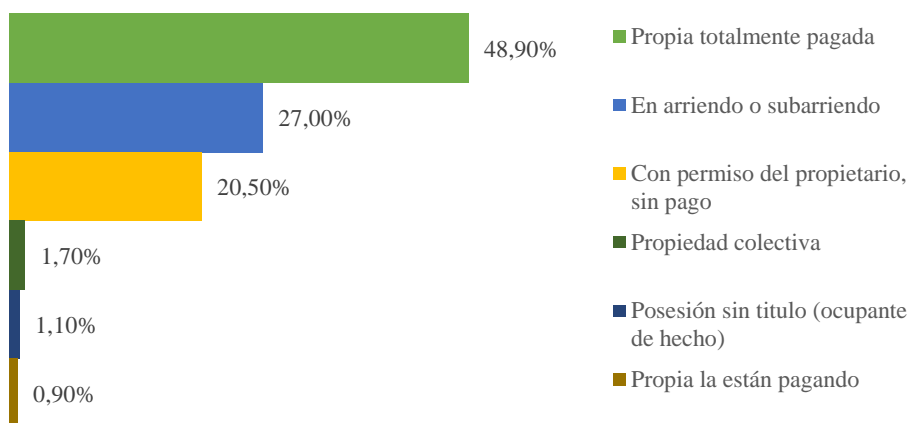
**Figura 32 características de las viviendas**



**Fuente:** Elaboración propia a partir de lo consultado en DANE ,2018

Las viviendas en el departamento del Putumayo, en su mayoría son propias totalmente pagadas 48.90%, un 27% de los habitantes ocupan viviendas arrendadas y el 0,90% de la población está pagando su vivienda propia. En la figura 33 se presenta cómo está distribuida la tenencia de vivienda en el departamento.

**Figura 33 Tenencia de vivienda**

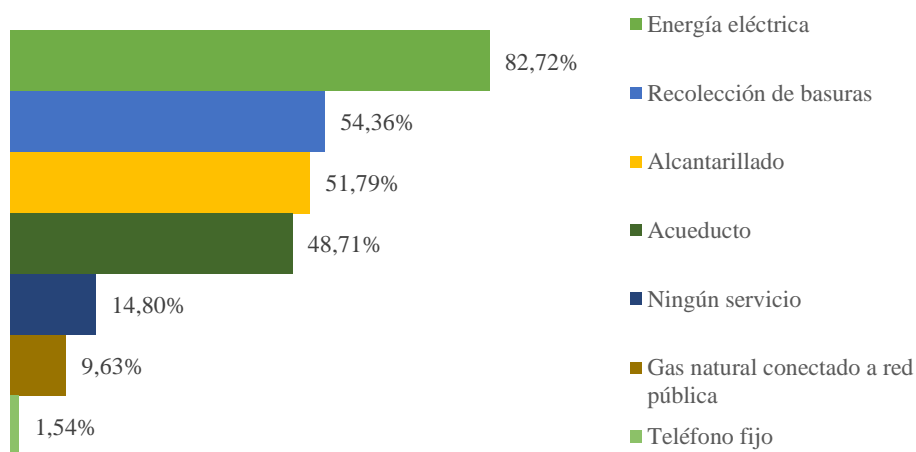


**Fuente:** Elaboración propia a partir de lo consultado en DANE ,2018

### 10.2.2.1 Servicios públicos

Los servicios públicos domiciliarios están íntimamente ligados con la noción de satisfacción de necesidades colectivas. El estado colombiano definió de carácter esencial los servicios de energía eléctrica, acueducto, alcantarillado, aseo, distribución de gas y telefonía fija. Los datos para los servicios antes mencionados, en el departamento del Putumayo fueron tomados del Censo DANE 2018. En la figura 34 se presentan el porcentaje de los hogares con acceso a servicios públicos.

Figura 34 Servicios públicos



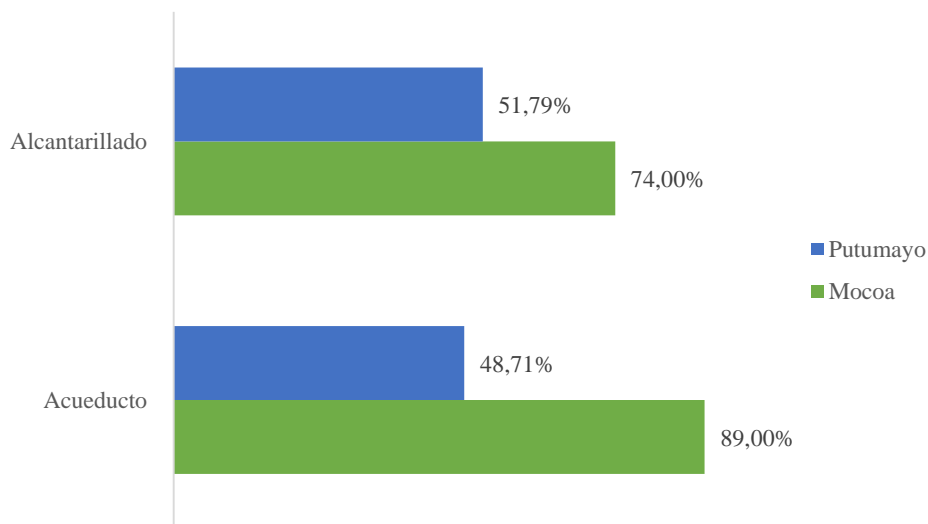
Fuente: Elaboración propia a partir de lo consultado en DANE ,2018

Menos de la mitad de la mitad de la población cuentan con el servicio de acueducto y tan solo la mitad tiene acceso al servicio de alcantarillado (51,79%). Un 14,80% de la población no presenta ningún servicio público, lo que representa que unas 41.913 personas no tienen acceso a ningún servicio. En el departamento del Putumayo la energía más usada para preparar alimentos es el gas lo que explica por qué el porcentaje de gas natural es tan bajo.

El municipio de Mocoa se abastece de dos fuentes que le permiten prestar el servicio de acueducto, el río Mulato que abastece el sur occidente y centro del municipio y la Quebrada el Almorzadero que abastece la parte noroccidente del municipio de Mocoa (Aguas Mocoa,

2020). Al ser la capital del departamento, Mocoa presenta una mayor cobertura en los servicios de acueducto y alcantarillado, respecto a los demás municipios de la región. Los valores de cobertura se presentan en la figura 35.

**Figura 35 Cobertura Acueducto y Alcantarillado**

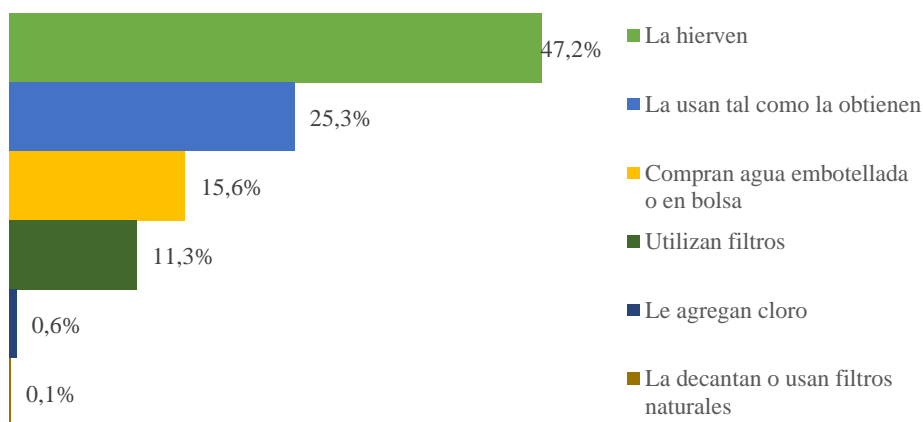


**Fuente:** Elaboración propia a partir de lo consultado en DANE ,2018 y Aguas Mocoa, 2020

Se evidencia que, tanto en el departamento como el municipio de Mocoa, el servicio de alcantarillado tiene una mayor cobertura. Si bien la cobertura de acueducto es alta, el municipio debe hacer un esfuerzo mayor para cubrir toda la ciudad. Cabe resaltar que Mocoa no cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales.

La baja cobertura del servicio de acueducto representa un riesgo en el incremento de problemas de salud, dado que la higiene y el saneamiento básico se dificultan al no contar con suministro de agua. Por otra parte, las personas que cuentan con el servicio de acueducto en el departamento, toman ciertas medidas antes de consumir el agua, lo que puede indicar que no confían en la calidad del agua que reciben; en la figura 36 se presentan los datos de estas medidas.

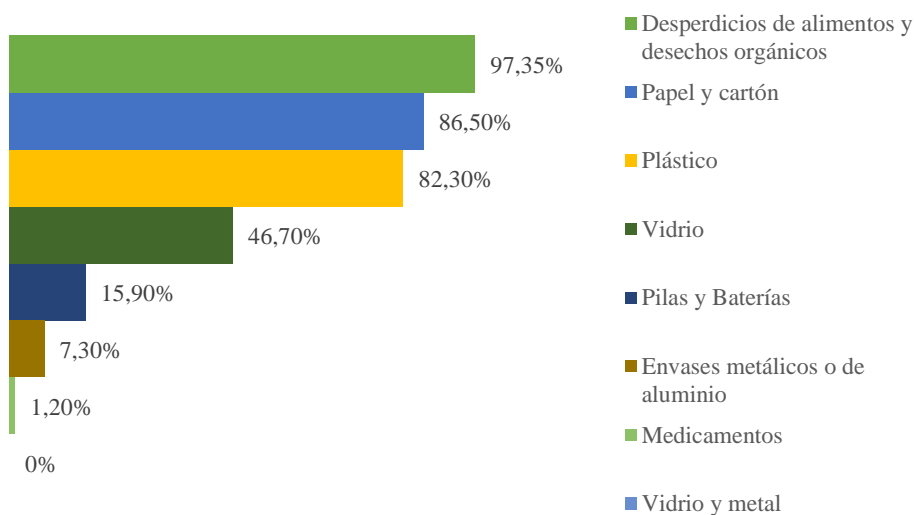
**Figura 36 Medidas antes de consumir el agua**



**Fuente:** Elaboración propia a partir de lo consultado en DANE ,2018

El censo DANE 2018 permitió conocer también como las personas clasifican los desechos que generan. Aproximadamente el 98% de los habitantes de Putumayo separan los desperdicios de alimentos y desechos orgánicos del resto de las basuras. El papel, cartón y plástico también es separado y clasificado. En la figura 37 se presenta los datos de cómo los hogares del departamento del putumayo clasifican las basuras.

**Figura 37 Clasificación de basuras**

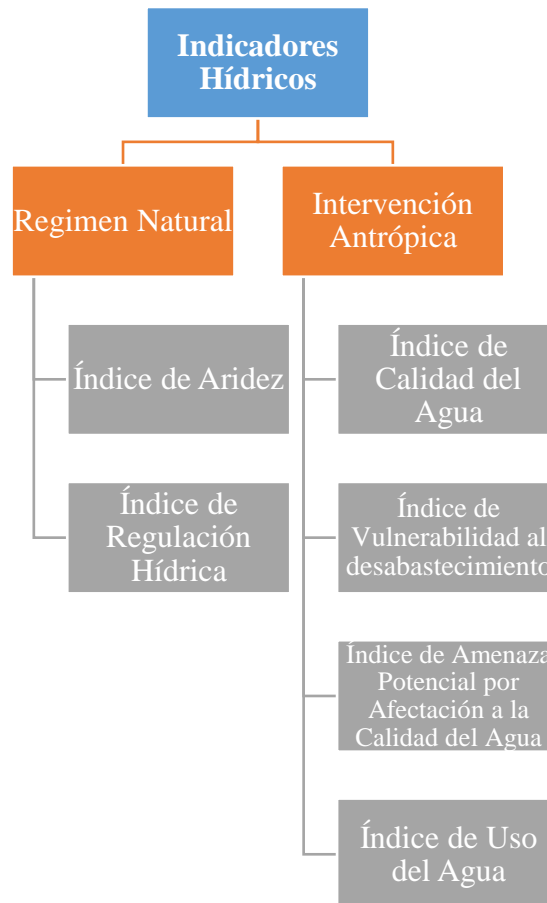


**Fuente:** Elaboración propia a partir de lo consultado en DANE ,2018

### 10.2.3 Calidad de agua

Colombia desarrolló el Sistema de Indicadores Hídricos que responden a los interrogantes sobre la disponibilidad del recurso y las restricciones por afectaciones en la oferta o calidad del recurso. En la figura 38, se presenta el esquema de indicadores que se desarrolló para esta investigación y que fueron tomados del Estudio Nacional del Agua 2018. (IDEAM, 2018). Otro indicador, que permite conocer la calidad del agua pero trabaja en materia de calidad del consumo es el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano – IRCA, caracterizado también en este apartado.

Figura 38 Indicadores Hídricos



Fuente: Elaboración propia a partir de lo consultado en IDEAM ,2018

### 10.2.3.1 Indicadores hídricos

El resultado de los indicadores hídricos parte de lo consultado en el Estudio Nacional del Agua – ENA 2018 y el IDEAM. En la tabla 22, se presentan los resultados para cada indicador, evaluados en la ciudad de Mocoa. En los anexos 1 a 5 se presentan los mapas elaborados por el IDEAM de donde se extrajo la información.

**Tabla 22 Resultado de los Indicadores Hídricos**

Indicadores Hídricos		Resultados para Mocoa	Explicación
<b>Régimen Natural</b>	Índice de Aridez – IA.	Menor a 0,15. Altos excedentes de Agua	Entre más cercano a 1 sea el valor indica un mayor déficit de agua, por tanto, la unidad hidrográfica requerirá una mayor cantidad de agua para satisfacer las necesidades hídricas de la cobertura vegetal. Entre más cercano a 0 sea el valor, indica una menor cantidad de agua requerida para satisfacer las necesidades hídricas de la cobertura vegetal, por lo que se puede desarrollar vegetación más frondosa o con menor tolerancia al estrés hídrico.
	Índice de Regulación Hídrica - IRH	Entre 0,65 y 0,75. Capacidad de retención moderada	Entre más cercano a 1 sea el valor indica una mayor regulación representando una mayor homogeneidad en los caudales, y entre más cercano a 0 sea el valor indica un mayor contraste entre los caudales más bajos y más altos que genera la cuenca, evidenciando rangos de tiempo con magnitudes características altas y/o bajas y de mayor variabilidad.
<b>Intervención Antrópica</b>	Índice de Uso del Agua - IUA	<1 .La presión de la demanda no es significativa respecto a la oferta superficial disponible	Cuando el IUA es mayor a 100, indica que la demanda supera la oferta hídrica superficial disponible en los sistemas hídricos y la presión es crítica, entre ms bajo sea el valor del IUA, indica que la presión es baja, de forma que los sistemas hídricos superficiales aún pueden satisfacer la demanda sin entrar en competencia con el caudal ambiental
	Índice de Vulnerabilidad al desabastecimiento- IVH	Bajo	Entre más alto es el uso del agua y menor es la regulación, la vulnerabilidad por desabastecimiento aumenta. Disminuye cuando se mejora la regulación de agua y se presenta un menor uso del agua.
	Índice de Amenaza Potencial por Afectación a la Calidad del Agua - IACA	1,0 < IACAL < 1,5 Baja	A menor nivel de amenaza, menor es posibilidad de que se altere la vulnerabilidad del agua de los sistemas hídricos

**Fuente:** Elaboración propia a partir de lo consultado en IDEAM ,2018

En términos generales, la disponibilidad del recurso hídrico en Mocoa es alta, se observa que las cuencas del municipio cuentan con una capacidad alta de regulación, lo que les permite soportar la presión de la demanda. La posibilidad de que se altere la vulnerabilidad del agua es muy baja, infiere una baja afectación en la oferta del recurso.

### 10.2.3.2 Índice de calidad de agua – ICA

La Corporación para el desarrollo sostenible del sur de la Amazonia – Corpoamazonia, ha realizado análisis de calidad en las corrientes superficiales de agua, aplicando el índice de calidad agua – ICA. Los resultados provenientes de informes técnicos de caracterización fisicoquímica y microbiológica de los vertimientos y de las fuentes hídricas receptoras de las cabeceras municipales ubicadas en el departamento del Putumayo, permitieron conocer los valores del ICA para el río Mulato, en la tabla 23 se presentan los datos y en la tabla 24 la conversión de colores aplicada.

**Tabla 23 Índice de Calidad de Agua Superficial**

<b>Año</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2015</b>
<b>Valor ICA %</b>	74,50	59,10	55,60	63,50	55,30
<b>Clasificación</b>	Acceptable	Regular	Regular	Regular	Regular

**Fuente:** Elaboración propia a partir de lo consultado en Corpoamazonia, 2016

**Tabla 24 Convención de colores para evaluación de ICA**

Muy mala	Mala	Regular	Acceptable	Buena
0,00 – 0,25	0,26 – 0,50	0,51 – 0,70	0,71 – 0,90.4	0,91 – 1,00

**Fuente:** Elaboración propia a partir de lo consultado en IDEAM, 2011

En términos generales la calidad del agua es regular, el deterioro gradual está relacionado con el incremento de población en el municipio, que pasó de 38076 habitantes en 2009 a 42074 en 2015 (DANE, 2018a). El alto número de vertimientos directos sobre la cuenca del río Mulato y la inexistencia de un sistema de tratamiento de aguas residuales ocasiona el deterioro de la calidad del agua superficial.

### 10.2.3.3 Índice de Riesgo de la Calidad de Agua para Consumo Humano – IRCA

El Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano - IRCA; evalúa el grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para el consumo humano. El Instituto Nacional de Salud, desarrolló el aplicativo Sistema de Información de la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano-SIVICAP, El cual permite conocer los datos de calidad de agua reportados por los departamentos. Los datos del IRCA para el municipio de Mocoa se presentan en la tabla 25. En la tabla 26 se presenta la conversión de colores para el indicador.

**Tabla 25 Índice de Riesgo de la Calidad del Agua**

Año	Nº Muestras	Valor IRCA %	Clasificación
2009	45	62,50	Riesgo Alto
2010	76	51,77	Riesgo Alto
2011	28	59,27	Riesgo Alto
2012	41	68,95	Riesgo Alto
2013	41	74,90	Riesgo Alto
2014	25	69,37	Riesgo Alto
2015	11	58,74	Riesgo Alto
2016	1	25,60	Riesgo Medio
2017	22	55,94	Riesgo Alto
2018	51	33,39	Riesgo Medio
2019	54	32,24	Riesgo Medio

**Fuente:** Elaboración propia a partir de lo consultado en SIVICAP, 2019

**Tabla 26 Convención de colores para evaluación de IRCA**

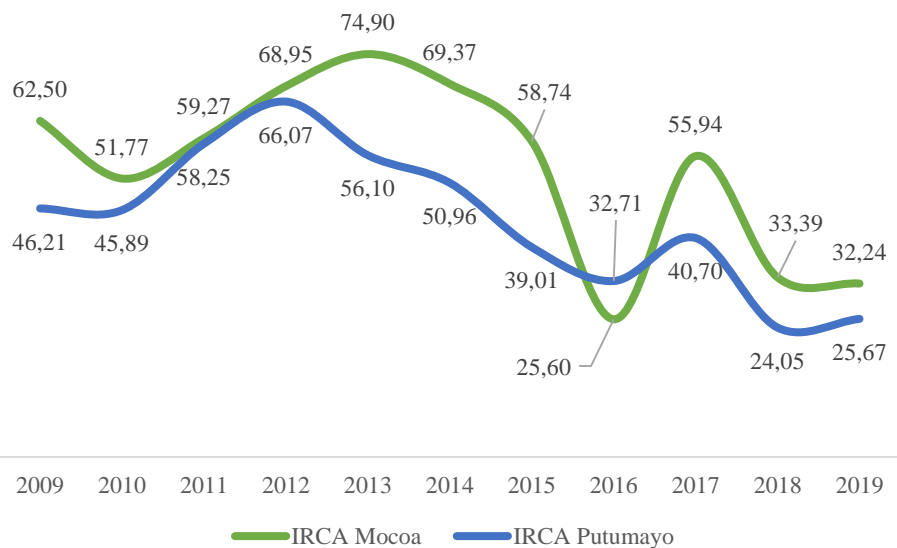
Inviabilidad Sanitaria	Riesgo Alto	Riesgo Medio	Riesgo Bajo	Sin Riesgo
100 - 80,1	80 – 35,1	35 – 14,1	14 – 5,1	5-0

**Fuente:** Elaboración propia a partir de lo consultado en SIVICAP

De acuerdo con lo establecido en la resolución 2115 de 2007, el agua del municipio no es apta para consumo humano y requiere una gestión directa de acuerdo con su competencia, que en este caso sería Aguas Mocoa empresa encargada de los servicios de acueducto, alcantarillado y servicio de aseo del municipio. En la figura 39, se comparan los valores del IRCA municipal y departamental.



**Figura 39 Valores IRCA municipal y departamental**



**Fuente:** Elaboración propia a partir de lo consultado en SIVICAP, 2019

Como se observa, los valores de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de los valores aceptados para IRCA, son mayores en Mocoa que en el total del departamento. Al ser la cabecera municipal del mismo y albergar el 17% de la población de Putumayo, el municipio demanda un mayor uso del recurso hídrico y a la vez genera mayores vertimientos sin tratamiento en sus cuencas, lo que ocasiona la contaminación del agua y reduce la calidad del agua.

Con la información recolectada fue posible calcular el valor del IRCA, específicamente en la cuenca del río Mulato. De manera detallada se encontraron los valores para las variables: color aparente, turbiedad, pH, cloros residuales, alcalinidad total, fosfatos, dureza, hierro, cloruros, nitritos, nitratos, coliformes totales y Escherichia Coli. Aplicando la ecuación 2 y la metodología descrita para el cálculo del IRCA, se obtuvieron valores para la cuenca alta, media y baja en los años 2009, 2010, 2012 y 2015. Los resultados se presentan en la tabla 27.

**Tabla 27 IRCA en la cuenca del río Mulato**

Año	Cuenca Alta	Clasificación	Cuenca Media	Clasificación	Cuenca Baja	Clasificación
2009	58,4%	Riesgo Alto	58,4%	Riesgo Alto	58,4%	Riesgo Alto
2010	56,3%	Riesgo Alto	56,3%	Riesgo Alto	91,5%	Inviabile Sanitariamente
2012	77,5%	Riesgo Alto	79,6%	Riesgo Alto	79,6%	Riesgo Alto
2015	69,1%	Riesgo Alto	78,7%	Riesgo Alto	78,7%	Riesgo Alto

Fuente: Elaboración propia a partir de lo consultado en Corpoamazonia

La cuenca media y baja del río pasa por 12 barrios de la ciudad, los cuales generan vertimientos directos sobre el cauce del río. En la figura 40, se señala la división de la cuenca. En general, el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano en el municipio de Mocoa y la cuenca del río Mulato es alto, lo que indica que no es apta consumo humano.

**Figura 40** División de la cuenca en el mapa



Fuente: Elaboración propia usando ArcGIS.

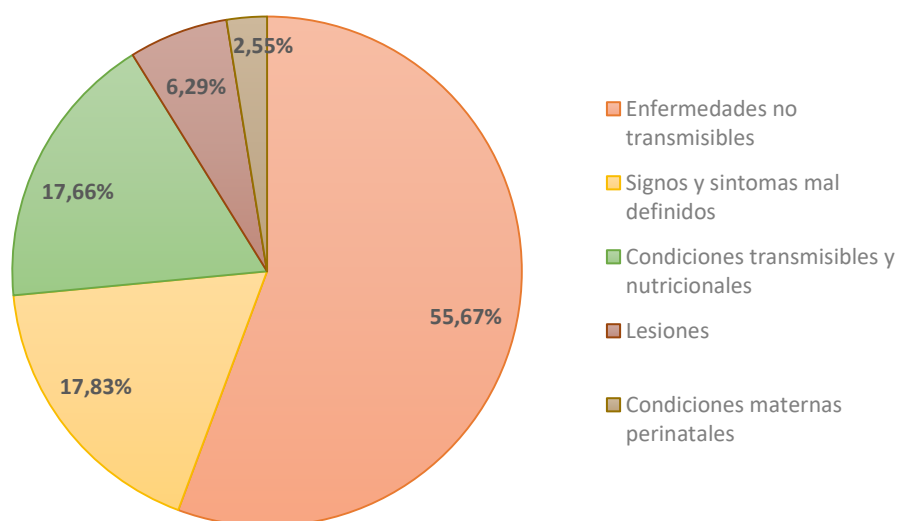
## 10.3 CARGA DE ENFERMEDADES

### 10.3.1 Morbilidad

La morbilidad en Colombia es reportada a través de los Registros Individuales de Prestación de Servicios – RIPS, los cuales se envían al Ministerio de salud y protección social. Para el periodo comprendido entre los años 2009 y 2017 en Colombia se registraron 764.789.753 atenciones, de las cuales el 92,31% fueron consultas, el 5,77% urgencias y el 1,93% hospitalizaciones (Ministerio de salud y protección social, 2017).

De las atenciones comprendidas entre 2009 y 2017, las grandes causas de atención se dieron en un 65,51% por enfermedades no transmisibles, 14,18% por condiciones transmisibles y nutricionales. Los signos y síntomas mal definidos generaron el 12,97% de las atenciones mientras que las lesiones causaron el 5,32%. Finalmente, las condiciones maternas y perinatales causaron el 2,01% de las atenciones ofrecidas. En las figuras 41 y 42 se presentan los comportamientos de las grandes causas que generaron atenciones en el periodo 2009- 2017 para el departamento del Putumayo y el municipio de Mocoa (Ministerio de salud y protección social, 2017).

**Figura 41** Grandes causas que generaron atención en el departamento del Putumayo 2009 – 2017

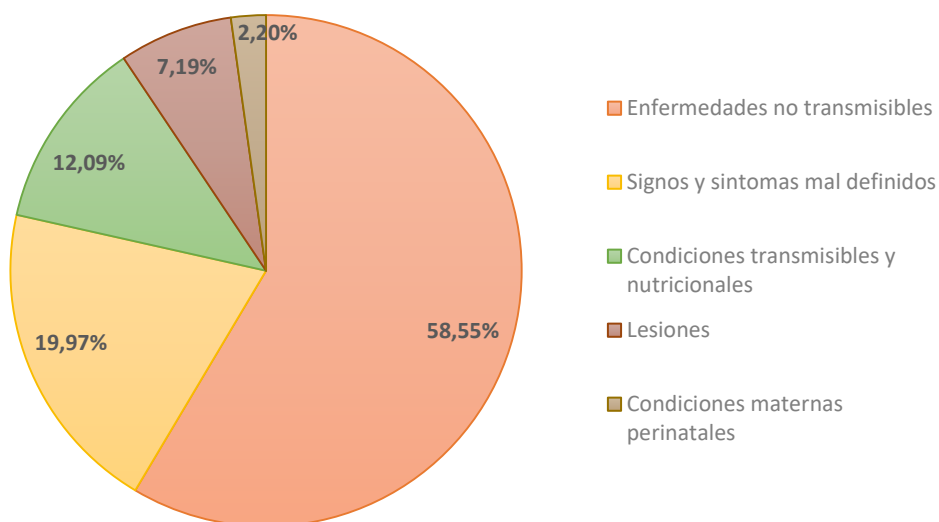


**Fuente:** Elaboración propia a partir de lo consultado en RIPS, 2017

En el periodo 2009- 2017 el departamento del Putumayo atendió 2.385.868 (55,57%) casos por enfermedades no transmisibles, 764.057 (17,83%) casos por signos y síntomas mal definidos, 756.882 (17,66%) por condiciones transmisibles y nutricionales, 269.739 (6,29%) por lesiones y 109.417 (2,55%) por condiciones maternas perinatales. Para un total de 4.285.963 atenciones (Ministerio de Salud y Protección Social, 2018).

Por su parte, el municipio de Mocoa atendió 443.614 (58,55%) casos por enfermedades no transmisibles, 151.280 (19,97%) casos por signos y síntomas mal definidos, 91.634 (12,09%) por condiciones transmisibles y nutricionales, 54.497 (7,19%) por lesiones y 16.695 (2,20%) por condiciones maternas perinatales. Para un total de 757.721 atenciones (Ministerio de Salud y Protección Social, 2018).

**Figura 42** Grandes causas que generaron atención en el municipio de Mocoa 2009 – 2017



**Fuente:** Elaboración propia a partir de lo consultado en RIPS, 2017

Las condiciones transmisibles y nutricionales son la tercera causa de atención en el municipio de Mocoa, dentro ellas se encuentra un sub grupo de causas que para el periodo 2009- 2017 fueron: deficiencia nutricional, infecciones respiratorias y enfermedades infecciosas y parasitarias, siendo esta última sub causa la de mayor incidencia. En la tabla 28 se presentan los valores de atención por cada una de las sub causas.

**Tabla 28** Sub causas de las condiciones transmisibles y nutricionales

Sub causas /Año	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
<b>Enfermedades infecciosas y parasitarias</b>	1983	3392	4484	7992	5619	11941	6390	3185	3754
<b>Infecciones respiratorias</b>	1701	2882	4032	6109	4090	9528	6023	2697	2834
<b>Deficiencias nutricionales</b>	154	240	172	385	303	842	458	179	266

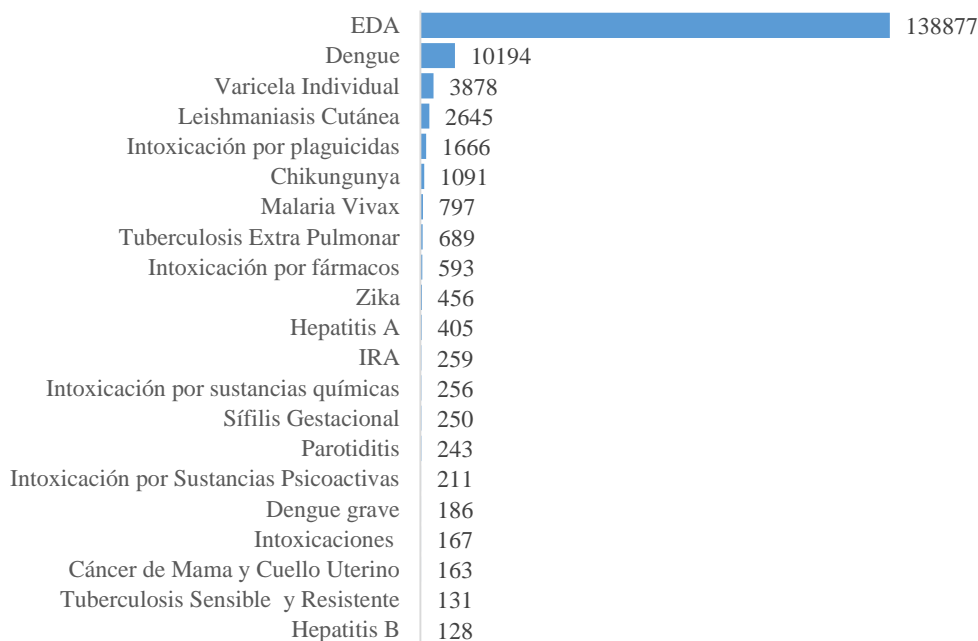
**Fuente:** Elaboración propia a partir de lo consultado en RIPS, 2017

Las enfermedades infecciosas y parasitarias son causadas por microorganismos como las bacterias, los virus, los parásitos o los hongos. Estas enfermedades pueden transmitirse, directa o indirectamente y también se transmiten de una persona a otra (OMS, 2015a). Este grupo de enfermedades causaron 756.882 atenciones en el departamento del Putumayo y 91.634 en el municipio de Mocoa.

Las enfermedades infecciosas intestinales hacen parte de este grupo y contienen padecimientos tales como el Cólera, la fiebre tifoidea y paratifoidea, las infecciones debidas a la Salmonella, intoxicaciones alimentarias bacterianas, infecciones intestinales debidas a virus, diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso, entre otras enfermedades, las cuales tienen relación directa con las enfermedades vehiculizadas por el agua.

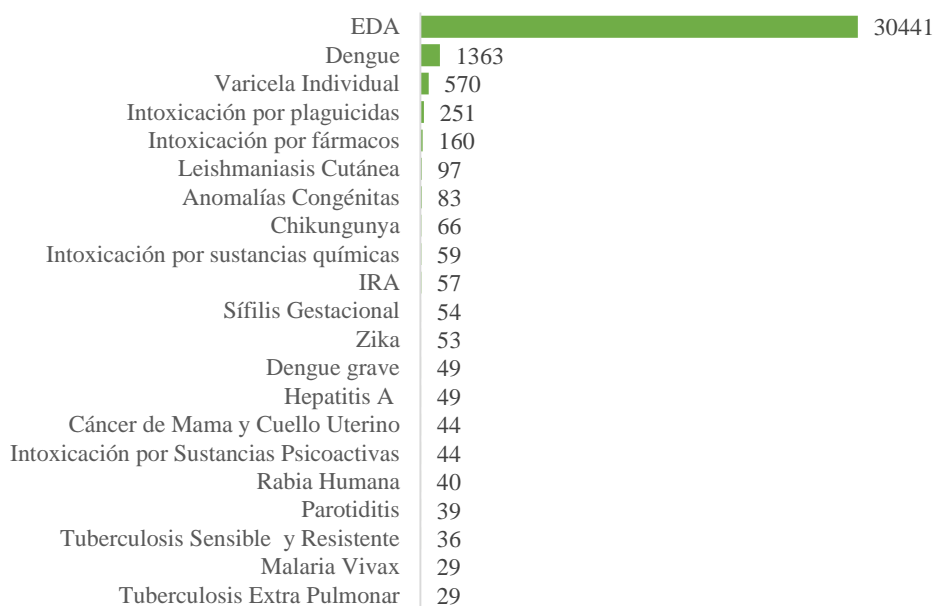
En las figuras 43 y 44 se presentan las principales enfermedades con mayor número de ocurrencias para el periodo 2010 – 2018, en el departamento del Putumayo y el municipio de Mocoa respectivamente.

**Figura 43 Enfermedades con mayor ocurrencia Putumayo, 2010 - 2018**



**Fuente:** Elaboración propia a partir de lo consultado en SIVIGILA, 2018

**Figura 44 Enfermedades con mayor ocurrencia Mocoa, 2010 - 2018**



**Fuente:** Elaboración propia a partir de lo consultado en SIVIGILA, 2018

Es posible apreciar, tanto en el departamento como en el municipio, que las enfermedades diarreicas agudas, el dengue y la varicela individual son las 3 principales causas de ocurrencia para el periodo 2010 – 2018. Otros eventos como la intoxicación por plaguicidas y fármacos sobresalen por su incidencia. Enfermedades como la tuberculosis, que a nivel nacional se trabaja por su erradicación, persiste en esta zona del país.

Colombia a través del Ministerio de Salud y Protección social, el Instituto Nacional de Salud y las direcciones territoriales y municipales en Salud, han trabajado de manera articulada con el fin de proporcionar la información de eventos de interés público mediante el sistema de Vigilancia Epidemiológica SIVIGILA.

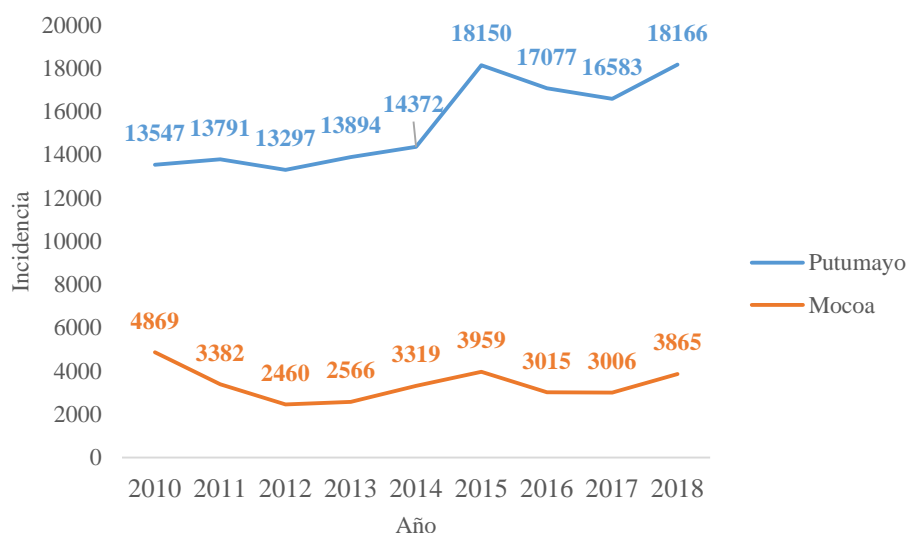
Dicho sistema fue consultado y como resultado se obtuvo información semanal para el periodo 2010 – 2018, referente a enfermedades vehiculizadas por el agua y que son de interés en salud ambiental. A continuación, se presentan los datos encontrados para el departamento de Putumayo y su capital Mocoa

### 10.3.1.1 Enfermedades Diarreicas Agudas – EDAs

El seguimiento continuo y sistemático de la morbilidad por EDA permite tener una recolección y análisis de datos, oportuno y confiable. En la figura 45

se presenta el comportamiento en el tiempo de la morbilidad por EDA, en Putumayo y Mocoa para el periodo 2010 – 2018.

**Figura 45** Comportamiento en el tiempo de la morbilidad por EDA, Putumayo y Mocoa 2010 – 2018

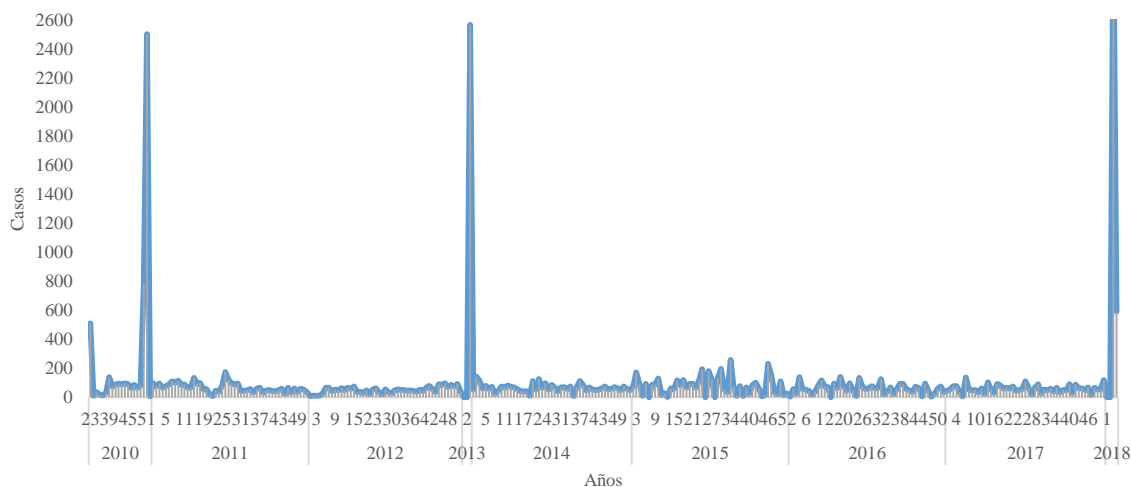


**Fuente:** Elaboración propia a partir de lo consultado en SIVIGILA, 2018

Las cifras de morbilidad por EDA en el departamento tienden a crecer, al igual que en el municipio de Mocoa. Para el año 2018, Colombia reportó 3.258.135 casos de EDA de los cuales 18.166 son del Departamento del Putumayo. Este alto número en incidencias por morbilidad, coinciden con las altas tasas de mortalidad por EDA, descritas anteriormente.

Los reportes de incidencia son elaborados semanalmente; en la figura 46 se presentan los datos por semana y año para el municipio de Mocoa. Las semanas que presentan picos más altos corresponden a los años 2010, 2013 y 2018. Lo anterior se debe a que los reportes solo se hicieron en 1 o máximo 3 semanas, de las 53 semanas con las que cuenta un año.

**Figura 46 Incidencia semanal periodo 2010 - 2018**



**Fuente:** Elaboración propia a partir de lo consultado en SIVIGILA, 2018

### 10.3.1.2 Fiebre Tifoidea y Paratifoidea

Esta enfermedad se adquiere a través de agua o alimentos contaminados. Sin intervención puede durar aproximadamente cuatro semanas. El riesgo está asociado al desarrollo de complicaciones gastrointestinales como la perforación y hemorragias intestinales que pueden ser fatales (Instituto Nacional de Salud, 2015).

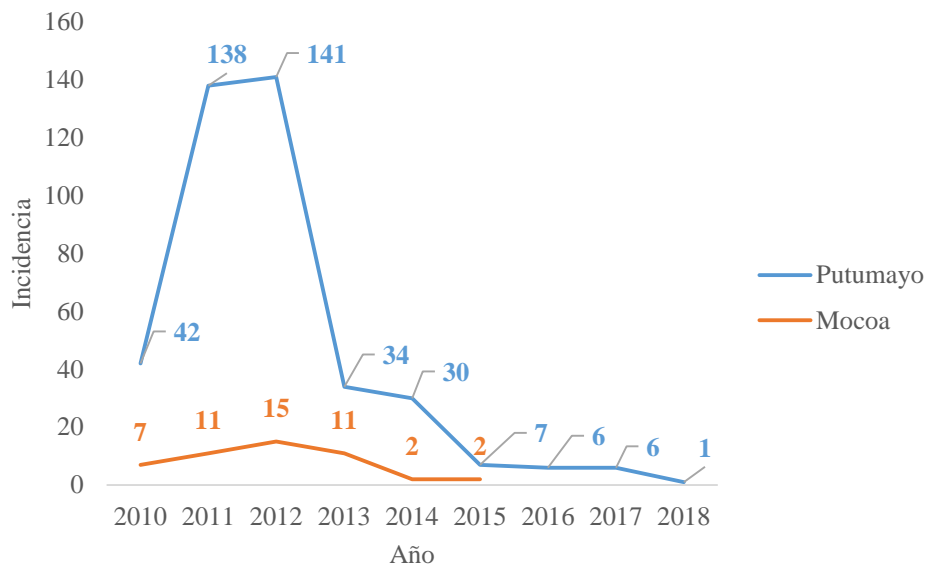
De acuerdo con la información de vigilancia rutinaria del SIVIGILA, no se presentó ninguna defunción en Putumayo o Mocoa debido a fiebre tifoidea y paratifoidea para el periodo 2010- 2018. Tan solo en el año 2016 existió un caso de morbilidad por esta enfermedad en el departamento.

### 10.3.1.3 Hepatitis A

La hepatitis A es una virosis hepática que puede causar morbilidad de moderada a grave. Al igual que las anteriores enfermedades se adquiere al ingerir alimentos o agua contaminados o por contacto directo con una persona infectada (Instituto Nacional de Salud, 2015). En la figura 47 se presenta la incidencia por año de esta enfermedad en el departamento de Putumayo y el municipio de Mocoa para el periodo 2010 - 2018.

**Figura 47 Comportamiento en el tiempo de la morbilidad por Hepatitis A, Putumayo y Mocoa 2010 – 2018**





**Fuente:** Elaboración propia a partir de lo consultado en SIVIGILA, 2018

En términos generales, la estadística de incidencia para Hepatitis A presenta una fuerte disminución en el departamento y en el municipio. Putumayo pasó de tener 138 casos en 2011 a 1 en 2018. Mocoa por su parte, desde el año 2016 no reporta casos de Hepatitis A, lo que evidencia el trabajo de los entes de salud por erradicar esta enfermedad del país.

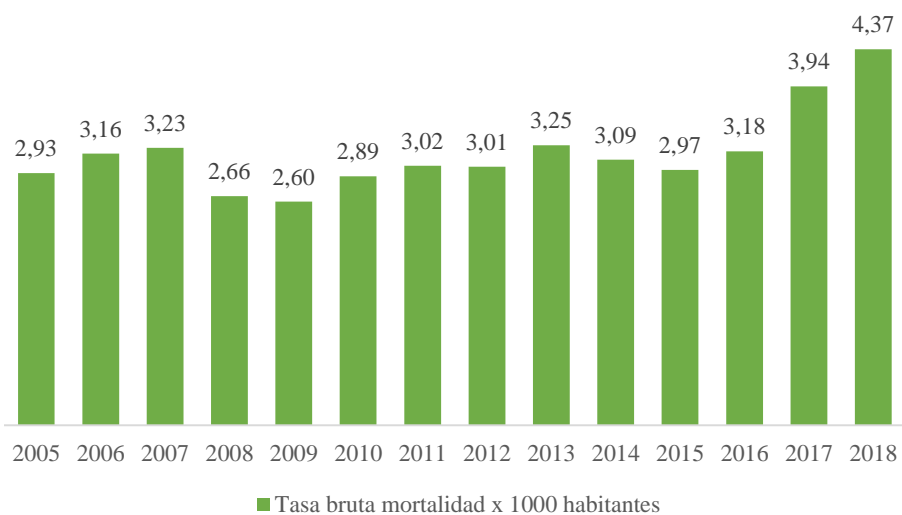
### 10.3.2 Mortalidad

La tasa bruta de mortalidad se define como el cociente entre el número de defunciones ocurridas en un determinado período y la población medida en ese mismo momento. Por cada 1000 habitantes de la población, mueren en un año un determinado número de personas (DANE, 2013)

Para el departamento de Putumayo, las tasas de mortalidad se presentan en la figura 48. Se puede evidenciar cómo las tasas han tenido un incremento en los últimos 3 años. Lo anterior, debido al aumento en la mortalidad materna. En el periodo 2006 – 2018 el promedio de la tasa de mortalidad general fue de 3,16 para el departamento. Ubicándolo por debajo del promedio nacional el cual fue 4,41, para el mismo periodo.

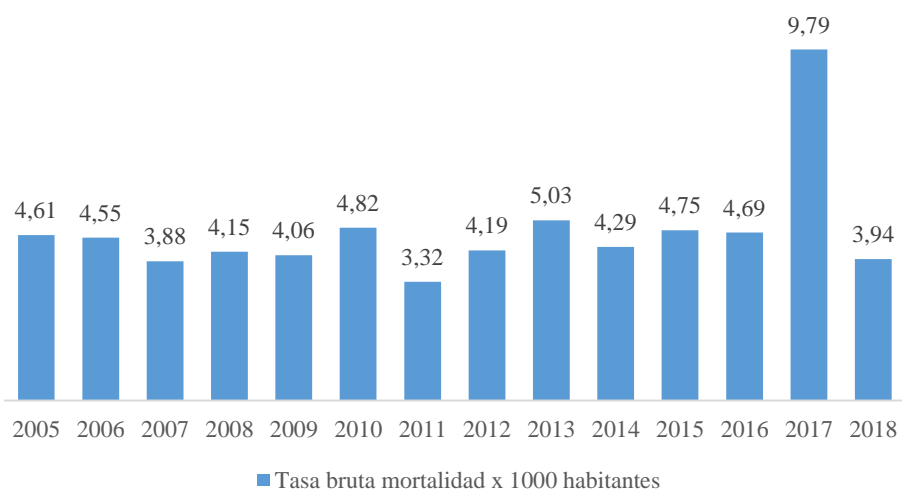
Para Mocoa, las tasas brutas de mortalidad se presentan en la figura 49. El incremento en la tasa del año 2017, corresponde específicamente a los descensos ocurridos a causa de la avenida torrencial sufrida ese año que cobró la vida de más de 300 personas en un solo día, lo que a su vez impacta en el crecimiento de la tasa del departamento para ese mismo año.

**Figura 48 Tasa bruta de mortalidad en Putumayo**



**Fuente:** Elaboración propia a partir de lo consultado en SISPRO, 2018

**Figura 49 Tasa bruta de mortalidad en Mocoa**



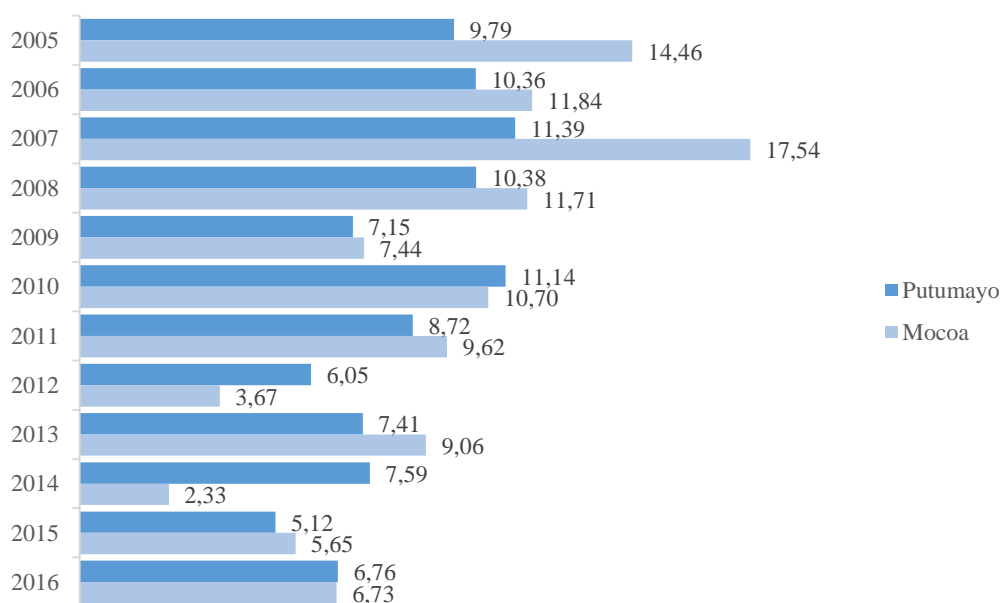
**Fuente:** Elaboración propia a partir de lo consultado en SISPRO, 2018

La información de tasas encontrada en los cubos de SISPRO, fue corroborada con las estadísticas vitales del DANE. Los datos coinciden totalmente y evidencian el trabajo de las entidades por articular la información que se reporta desde cada lugar del territorio colombiano.

### 10.3.2.1 Mortalidad Neonatal

De acuerdo con la información encontrada en SISPRO 2018, las tasas de mortalidad neonatal para Putumayo y Mocoa se presentan en la figura 50, para el periodo 2005 – 2016. En general, las tendencias son decrecientes tanto al nivel departamental como municipal. El promedio nacional fue de 8,23, mientras que para el departamento fue 8,56 y 9,13 para el municipio de Mocoa, lo que indica que tanto como el departamento como su capital están por encima del promedio nacional en mortalidad neonatal

**Figura 50 Tasas de mortalidad neonatal**



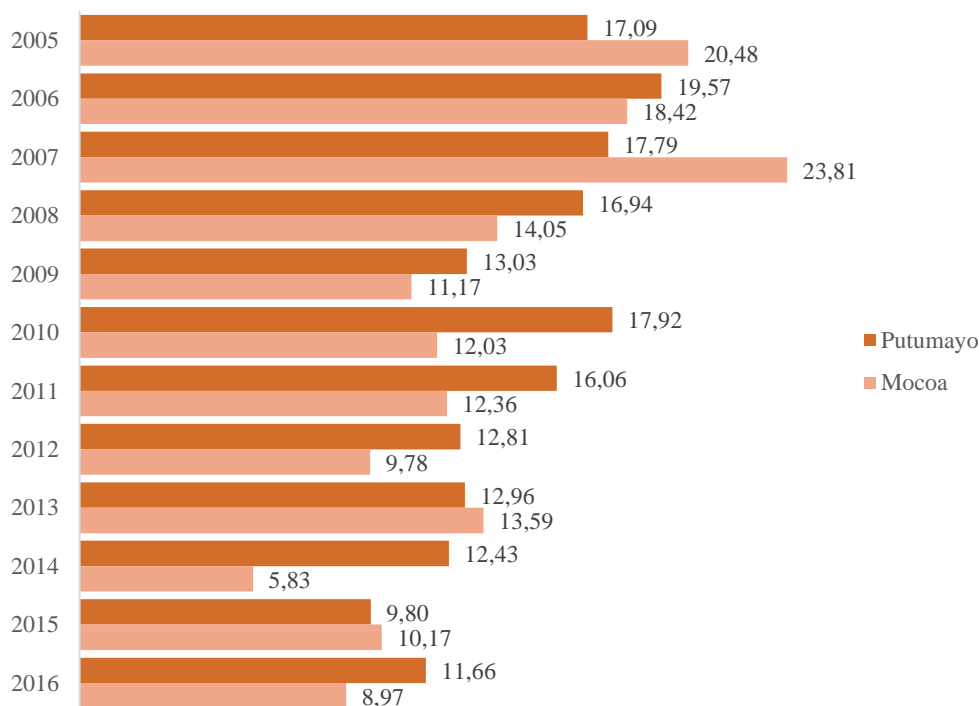
**Fuente:** Elaboración propia a partir de lo consultado en SISPRO, 2018

### 10.3.2.2 Mortalidad infantil

El nivel de mortalidad infantil permite conocer el grado de desarrollo de las condiciones de vida de una población. Generalmente, la tasa de mortalidad infantil está relacionada con

variables como el acceso a agua potable y saneamiento básico, las condiciones de nutrición y el acceso a los servicios básicos de salud (Lomuto, 2010). En la figura 51 se presenta las TMI para Putumayo y Mocoa.

**Figura 51 Tasa de mortalidad infantil**



**Fuente:** Elaboración propia a partir de lo consultado en SISPRO, 2018

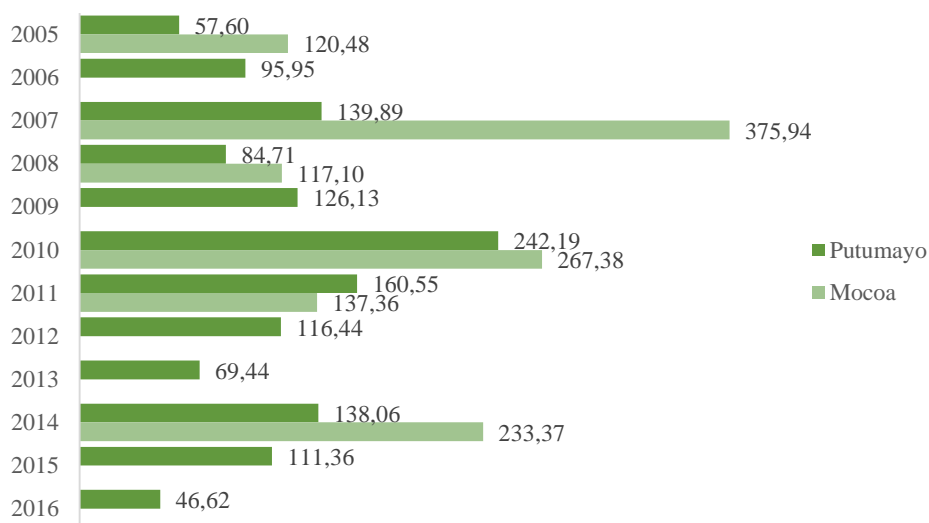
El promedio nacional de TMI en el periodo 2005 – 2016 fue de 13,17, En este mismo rango de tiempo Putumayo y Mocoa alcanzaron una TMI de 14,96 y 13,29, respectivamente. Si bien la tasa departamental y municipal tiende a decrecer al pasar de los años, es mayor que la del promedio nacional.

### 10.3.2.3 Mortalidad materna

De acuerdo con la OMS , en todo el mundo mueren unas 830 mujeres al día por complicaciones relacionadas con el embarazo o el parto. El mayor riesgo de mortalidad materna corresponde a las adolescentes (<15 años). La mayoría de las complicaciones se dan durante la gestación. Mediante la prevención y atención oportuna es posible tratar dichas complicaciones; pero el escaso acceso a servicios de salud o la negligencia en el

mismo servicio ocasionan un incremento en la tasa de mortalidad materna (OMS, 2015b). En la figura 52 se presenta la tasa de mortalidad materna para Putumayo y Mocoa.

**Figura 52 Tasa de mortalidad materna**



**Fuente:** Elaboración propia a partir de lo consultado en SISPRO, 2018

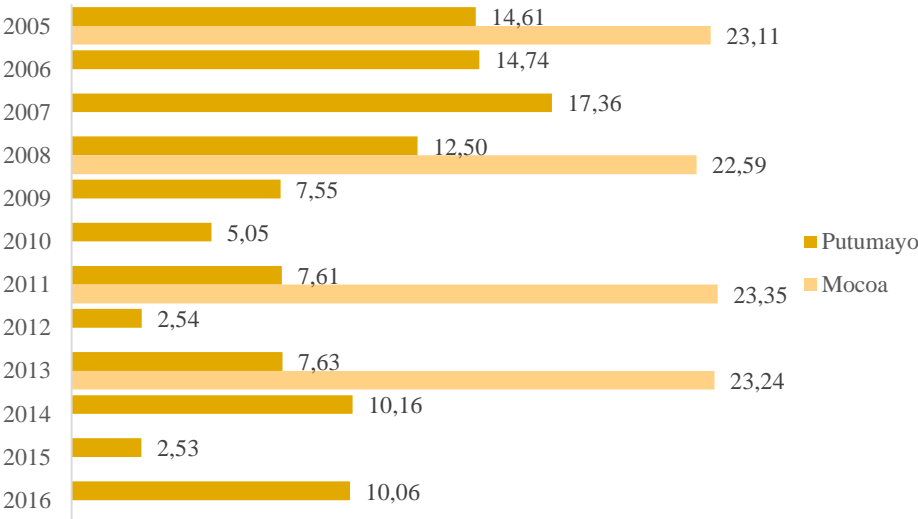
En el periodo comprendido entre 2005 y 2016 Colombia en promedio alcanzó una tasa de mortalidad materna de 63,66. La más alta respecto a la mortalidad neonatal e infantil. En este mismo periodo el departamento del Putumayo tuvo una tasa promedio de 114, 27 y Mocoa de 101, 43. Muy por encima del promedio nacional, cifras alarmantes y que indican un desafío constante en los procesos de atención en la salud materna.

#### **10.3.2.4 Mortalidad por Enfermedad Diarreica Aguada**

La EDA es una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en niños menores de cinco años en Colombia y Latinoamérica. Producida por una diversidad de microorganismos, principalmente virus, bacterias y parásitos. La infección se puede transmitir por el consumo de alimentos o agua contaminados, o bien de una persona a otra. La tasa de mortalidad por EDA expresa el número de muertes ocurridas en niños menores de 5 años cuya causa fue una enfermedad infecciosa intestinal, en un determinado periodo de tiempo (Instituto Nacional de Salud, 2019).

El promedio nacional de tasa de mortalidad por EDA, para el periodo 2005 – 2016, fue de 6,5, mientras que en Putumayo esta cifra fue de 9,41 y en Mocoa 7,68, lo que evidencia un alto número de niños menores de 5 años que no cuenta con condiciones de salud y saneamiento básico que les permita preservar su vida. En la figura 53 se presenta los datos de la tasa de mortalidad por EDA.

**Figura 53 Tasa de mortalidad por EDA**



**Fuente:** Elaboración propia a partir de lo consultado en SISPRO, 2018

La tasa de Mortalidad por EDA ha disminuido en Putumayo, pues pasó de 14,61 en 2005 a 10,06 en 2016. En 2010 se logró una de las cifras más baja en la historia del departamento 5,05. Mocoa por su parte no presenta datos en los años 2006, 2007, 2009,2010, 2012,2014, 2015 y 2016, lo que indica que en esos años no falleció ningún niño menor de 5 años por EDA. Si bien el municipio está por debajo del promedio nacional, en esta tasa se encuentra por encima del nivel departamental.

## 10.4 RELACIÓN ENTRE LAS CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES Y LOS EVENTOS EN SALUD RELACIONADOS CON LA CALIDAD DE AGUA

De acuerdo con la metodóloga anteriormente descrita y tomando como base los resultados de los apartados 10.1, 10.2 y 10.3, se establece una relación entre los factores ambientales de la cuenca del río Mulato y los eventos en salud. Los resultados estadísticos se correlacionaron con datos anuales y mensuales, de acuerdo con la disponibilidad de los mismos para cada variable.

El estadístico que cuantifica la correlación de Spearman está comprendido entre los valores -1 y 1. Si este toma el valor de 0, significa que la relación entre variables es nula. En las tablas 29 y 30 se presentan los resultados de la correlación realizada en SPSS.

**Tabla 29 Correlación variables mensuales**

		Población Mocoa	IRCA Mocoa	IRCA Putumayo	Mortalidad EDA 0-4 Mocoa	EDA Mocoa	Hepatitis A	T Min	T Max	T Media	Humedad	Precipitación
Población Mocoa	Rho	1,000	<b>-,388**</b>	<b>-,630**</b>	,028	-,011	<b>-,412**</b>	<b>,334**</b>	<b>,335**</b>	<b>,369**</b>	-,107	,120
	Sig.		<b>,001</b>	<b>,000</b>	,753	,910	<b>,000</b>	<b>,001</b>	<b>,001</b>	<b>,000</b>	,291	,226
	N	132	<b>73</b>	<b>86</b>	132	100	<b>132</b>	<b>103</b>	<b>98</b>	<b>103</b>	100	103
IRCA Mocoa	Rho		1,000	<b>,540**</b>	-,196	,139	,199	-,053	-,231	-,110	,223	,126
	Sig.			<b>,000</b>	,097	,341	,091	,713	,123	,442	,116	,378
	N		73	<b>73</b>	73	49	73	51	46	51	51	51
IRCA Putumayo	Rho			1,000	-,177	-,001	<b>,324**</b>	-,190	-,232	<b>-,318*</b>	,039	,004
	Sig.				,103	,995	<b>,002</b>	,153	,095	<b>,015</b>	,769	,974
	N			86	86	58	<b>86</b>	58	53	<b>58</b>	58	58
Mortalidad EDA 0-4 Mocoa	Rho				1,000	,117	-,053	,025	,133	-,007	-,067	-,063
	Sig.					,248	,547	,802	,191	,947	,511	,525
	N				132	100	132	103	98	103	100	103
EDA Mocoa	Rho					1,000	-,040	,081	-,056	,096	,148	-,024
	Sig.						,696	,459	,617	,380	,181	,828
	N					100	100	86	81	86	83	86
Hepatitis A	Rho						1,000	,028	-,092	-,055	,030	-,101
	Sig.							,779	,369	,580	,767	,312
	N						132	103	98	103	100	103
T Min	Rho							1,000	<b>,453**</b>	<b>,762**</b>	-,108	<b>-,205*</b>
	Sig.								<b>,000</b>	<b>,000</b>	,283	<b>,038</b>
	N							103	<b>98</b>	<b>103</b>	100	<b>103</b>

T Max	Rho	1,000	<b>,766**</b>	<b>-,653**</b>	<b>-,489**</b>
	Sig.		<b>,000</b>	<b>,000</b>	<b>,000</b>
	N	98	<b>98</b>	<b>95</b>	<b>98</b>
T Media	Rho		1,000	<b>-,342**</b>	<b>-,256**</b>
	Sig.			<b>,000</b>	<b>,009</b>
	N		103	<b>100</b>	<b>103</b>
Humedad	Rho			1,000	<b>,623**</b>
	Sig.				<b>,000</b>
	N			100	<b>100</b>
Precipitación	Rho				1,000
	Sig.				
	N				103

Fuente: Elaboración propia usando SPSS

Los datos resaltados de las tablas 29 y 30 que presentan dos asteriscos (\*\*), explican que la correlación es significativa en el nivel 0,01 a 2 colas. Por su parte los datos que presenta un asterisco (\*) evidencian una correlación significativa en el nivel 0,05 a 2 colas.

**Tabla 30 Correlación variables Anuales**

		IRCA Mocoa	IRCA Putmyo.	ICA Mocoa	Mortalidad EDA Putumayo	Mortalidad EDA Mocoa	EDA Mocoa	Hepatitis A	T Min	T Max	T Media	Precipitación	Humedad
IRCA Mocoa	Rho	1,000	<b>,827**</b>	,600	,173	0,000	-,209	<b>,668*</b>	-,350	-,383	-,433	,183	,250
	Sig.		<b>,002</b>	,285	,610	1,000	,537	<b>,025</b>	,356	,308	,244	,637	,516
	N	11	<b>11</b>	5	11	11	11	<b>11</b>	9	9	9	9	9
IRCA Putumayo	Rho		1,000	,500	-,019	-,200	-,209	<b>,803**</b>	<b>-,767*</b>	<b>-,700*</b>	-,467	-,317	-,200
	Sig.			,391	,955	,555	,537	<b>,003</b>	<b>,016</b>	<b>,036</b>	,205	,406	,606
	N		11,000	5	11	11	11	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	9	9	9
ICA Mocoa	Rho			1,000	,447	-,707	-,600	,800	-,300	-,400	,700	,300	0,000
	Sig.				,450	,182	,285	,104	,624	,505	,188	,624	1,000
	N			5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Mortalidad EDA	Rho				1,000	-,106	,087	-,108	,431	,174	,119	<b>,761*</b>	<b>,734*</b>
	Sig.					,757	,800	,752	,247	,654	,760	<b>,017</b>	<b>,024</b>
	N				11	11	11	11	9	9	9	<b>9</b>	<b>9</b>
Mortalidad EDA Mocoa	Rho					1,000	,400	-,102	,137	,137	-,548	-,137	,274
	Sig.						,223	,765	,725	,725	,127	,725	,476
	N					11	11	11	9	9	9	9	9
Morbilidad EDA Mocoa	Rho						1,000	-,311	,100	,217	-,033	-,367	,117
	Sig.							,352	,798	,576	,932	,332	,765
	N						11	11	9	9	9	9	9
Hepatitis A	Rho							1,000	<b>,861**</b>	<b>,869**</b>	-,599	-,397	,025
	Sig.								<b>,003</b>	<b>,002</b>	,088	,291	,948
	N							11	<b>9</b>	<b>9</b>	9	9	9



T Min	Rho	1,000	<b>,800**</b>	,583	<b>,667*</b>	,233
	Sig.		<b>,010</b>	,099	<b>,050</b>	,546
	N	9	<b>9</b>	9	<b>9</b>	9
T Max	Rho	1,000	<b>,667*</b>	,583	,083	
	Sig.		<b>,050</b>	,099	,831	
	N	9	<b>9</b>	9	9	
T Media	Rho		1,000	,450	-,200	
	Sig.			,224	,606	
	N		9	9	9	
Precipitación	Rho			1,000	,533	
	Sig.				,139	
	N			9	9	
Humedad	Rho					1,000
	Sig.					
	N					9

**Fuente:** Elaboración propia usando SPSS

La correlación entre el IRCA mensual y anual y, los casos de morbilidad por EDA mensual y anual no es significativa, de acuerdo con lo analizado, no existe una relación completa entre estas dos variables y existen otras causas que influyen en los casos de morbilidad por EDA. Lo mismo ocurrió con la correlación entre los casos de Mortalidad por EDA en niños de 0 a 4 años y los valores de IRCA mensual y anual donde el resultado no es significativo.

Por otro lado, se presenta una correlación significativa en el nivel 0,01 a 2 colas, entre los casos de Hepatitis A y los valores de la población de Mocoa. Existe una relación negativa fuerte de -0,412. Esto indica que en la medida que la población incrementa, disminuyen el número de casos de Hepatitis A. Cabe resaltar que en 2016 se presentó el último caso de Hepatitis A en la ciudad de Mocoa, donde su población era de 42882 habitantes, respecto a 2013 donde Mocoa presentó 13 casos y una población de 40579 habitantes.

La Hepatitis A presentó también una relación significativa en el nivel 0,05 a 2 colas, con los valores del IRCA, existe una relación positiva fuerte de 0,668 lo que indica que si incrementan los valores de riesgo del IRCA, incrementan los números de casos de Hepatitis A tanto en el municipio de Mocoa, como en el departamento del Putumayo. Lo anterior da

respuesta al segundo objetivo, demostrando así que existe una relación entre las características ambientales y los eventos en salud relacionados con calidad de agua

De los resultados presentados en tablas 29 y 30, también fue posible apreciar la relación entre la temperatura y el IRCA, se evidencia una relación con nivel 0,05 a 2 colas, negativa fuerte. Lo anterior tiene relación con que a mayor temperatura, menor cantidad de oxígeno disueltos en el agua, lo que afecta la calidad del recurso. La temperatura y la Hepatitis A, también presentaron una relación significativa con un nivel de 0,01 a 2 colas, positiva fuerte.

Finalmente, los valores de la variable ICA no presentaron relación significativa con ninguna variable, esto puede estar determinado por que los valores de ICA encontrados mediante información secundaria solo representan 5 años de 11 analizados.

## 11 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las características ambientales en la cuenca del río Mulato, evidencian las bondades que esta presenta en materia de regeneración y regulación para soportar la presión de la demanda del agua y conservar sus ecosistemas, tal como lo demostraron los resultados de los indicadores hídricos que determinó el Estudio Nacional del Agua en 2018. Sin embargo, la carga de contaminantes arrojada al cauce del río deteriora su calidad de agua para consumo humano. De acuerdo con los resultados obtenidos en esta investigación, el índice de calidad agua superficial – ICA, no supera el 60 %, lo que equivale a una calificación regular del ICA, de acuerdo a lo establecido por el IDEAM en 2011. Una calificación aceptable o buena inicia a partir de 71% y entre más próximo sea a 100% mejor será la calidad del agua superficial.

La utilización del índice ICA para conocer la calidad del agua y evaluar el riesgo al que estaban expuestas las personas, coincide con lo mostrado por los autores Torres, Hernán, & Patiño (2009) los cuales usaron este mismo índice para revisar el deterioro de las fuentes de abastecimiento de agua, en su estudio y lograron resultados pertinentes de acorte a su investigación.

Por otra parte, el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para consumo humano – IRCA, oscila entre el 80% y 25,6%, lo que genera una alerta de riesgo entre alta y media y hace que el agua no sea apta para consumo humano, tal como lo establece la Resolución 2115 de 2007. Para que el agua sea apta para consumir, debe el IRCA tomar valores entre 5 y 0%, indicando así que las variables físicas, químicas y microbiológicas medidas, se encuentran dentro de los valores máximos aceptados por la Resolución 2115.

Los autores Pinilla, Ramírez, & Gallego (2016) en su estudio sobre los acueductos comunitarios de la ciudad de Ibagué (Colombia), determinaron que el 62% de los habitantes encuestados tiene la percepción de que el agua que consumen es de calidad mala o regular y por ello deciden tratarla por sus propios medios. Esta misma percepción coincide con los habitantes del departamento del Putumayo, los cuales al no tener una cobertura total del

servicio de acueducto deciden hervir el agua antes de consumirla, otros prefieren consumir agua embotellada y otros utilizan filtros o agregan sustancias como cloro al agua para eliminar posibles contaminantes (DANE,2018).

De acuerdo al Instituto Nacional de Salud, en Colombia el agua no potable es considerada un vehículo transmisor de enfermedades con alto impacto para la salud pública. Las Enfermedades Vehiculizadas por el Agua – EVA constituyen un problema para el crecimiento económico de las regiones e imponen mayores costos a los sistemas de salud. Su relación con el consumo de agua en mala calidad es directa y afecta la salud y la vida de las personas. Tal como se demostró con la correlación de las variables IRCA y los casos de morbilidad por Hepatitis A, obteniendo así una relación significativa mediante la aplicación del Rho de Spearman.

Para el municipio de Mocoa, en el periodo 2009-2017, 12,09% de las atenciones generadas correspondieron a enfermedades por condiciones transmisibles y nutricionales. Siendo las enfermedades infecciosas y parasitarias la principal sub causa de estas atenciones. Con este estudio, se logró identificar que la enfermedad vehiculizada por el agua con mayor incidencia en Mocoa es la Enfermedad Diarreica Acuática (EDA), con 3865 casos para el año 2018. Pese a que las EDAs no presentaron una correlación significativa con respecto a los valores del IRCA, son una de las enfermedades que mayor ocurrencia tienen en el municipio de Mocoa.

Los seres humanos no somos inmunes a los efectos de la contaminación ambiental, el ambiente es un determinante de la salud individual y poblacional tal como lo argumenta el investigador Idrovo (2011), el autor recuerda que si bien existe gran riqueza natural, aún existen problemas en relación con el acceso a agua segura, Por ello, este estudio revisó los problemas en materia de calidad de agua para la cuenca del río Mulato y encontró como el asentamiento de poblaciones en la ribera del río causa efectos sobre la calidad del agua, esta misma presión tuvo en 2017 consecuencias devastadoras luego de la avenida torrencial que el río Mulato sufrió.

## 12 ACCIONES PROGRAMÁTICAS

Las acciones programáticas que permitan mejorar la gestión en salud ambiental, se presentan en este capítulo. En primera instancia, se expone los resultados de la encuesta aplicada a los actores clave que trabajan en los temas de salud ambiental en la región. Luego, se presenta una matriz DOFA, construida a partir de los resultados de los objetivos 1 y 2. Seguido, se encuentran las acciones programáticas derivadas del análisis DOFA. Finalmente, se presenta una propuesta de integración de sistemas, resultados de la revisión del modelo de gestión tecnológica y el modelo de gestión integral del recurso hídrico.

### 12.1 PERCEPCIÓN DE LOS ACTORES CLAVE DE LA REGIÓN

De acuerdo con lo establecido en la metodología, se aplicó una encuesta a los actores clave del departamento de Putumayo y el municipio de Moca que trabajan con los temas de salud ambiental y calidad de agua. De 5 encuestas enviadas, 1 no fue contestada, la cual concierne a la secretaria de salud del departamento. Los esfuerzos de la secretaría estaban concentrados en atender la contingencia por Covid - 19 por lo que decidieron no dar respuesta a la encuesta. Los resultados para la primera sección de preguntas se presentan en la tabla 31.

**Tabla 31 Resultados encuesta sección metas en salud ambiental**

PREGUNTAS	1	2	3	4	5	NS/NR	ENCUESTADO
Se han creado, mantenido y/o fortalecido los diferentes espacios de gestión intersectorial en Salud ambiental en el departamento, municipios y en la Corporación Autónoma Regional		X					Secretaria D.A y M. A.
	X						Corpoamazonia
			X				Aguas Mocoa
				X			PIC Mocoa
El talento humano que desarrolla los procesos de salud ambiental, a nivel departamental y municipal, se ha certificado en competencias laborales.						X	Secretaria D.A y M. A.
			X				Corpoamazonia
						X	Aguas Mocoa
					X		PIC Mocoa
Las entidades territoriales de salud (departamental y municipal), así como la Corporación Autónoma Regional, se han fortalecido orgánica y funcionalmente, en cuanto a infraestructura, talento humano, recursos financieros, equipos e insumos de oficina y/o planes logísticos estratégicos para la gestión pública de la salud ambiental.						X	Secretaria D.A y M. A.
	X						Corpoamazonia
						X	Aguas Mocoa
						X	PIC Mocoa
Las entidades territoriales de salud, departamental y municipales, así como las Corporaciones Autónomas Regionales CAR han gestionado la						X	Secretaria D.A y M. A.

inclusión del componente de salud ambiental en los Planes de Desarrollo Territorial PDT y en los de Ordenamiento Territorial POT.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Corpoamazonia
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Aguas Mocoa
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PIC Mocoa
Se ha diseñado y está en desarrollo el programa orientado al suministro del agua apta para consumo humano al 100% de la población, articulando las políticas nacionales, tales como la Política Nacional de Agua y Saneamiento para las Zonas Rurales, la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, y estrategias, tales como la de Producción más Limpia, Educación en Salud Ambiental y Vigilancia Sanitaria, entre otras	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Secretaria D.A y M. A
	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Corpoamazonia
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Aguas Mocoa
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	PIC Mocoa
El 100% de las direcciones territoriales de salud cuentan con mapas de riesgo y vigilancia de la calidad del agua para consumo humano.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Secretaria D.A y M. A
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Corpoamazonia
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Aguas Mocoa
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	PIC Mocoa
Los mapas de riesgo de calidad de agua para consumo humano elaborados cuentan con los planes de trabajo correctivos para reducir el riesgo sanitario encontrado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Secretaria D.A y M. A
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Corpoamazonia
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Aguas Mocoa
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	PIC Mocoa
Se cuenta con estudios de la carga ambiental de la enfermedad y costos en salud de los eventos priorizados relacionados con el agua y estrategias de intervención en el ámbito territorial.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Secretaria D.A y M. A
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Corpoamazonia
	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Aguas Mocoa
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PIC Mocoa

**Fuente:** Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta

La primera sección fue contestada en su totalidad, se recibieron 32 respuestas para 8 preguntas por parte de 4 actores clave. De las 32 respuestas, un 47% obtuvieron la calificación de no sabe / no responden. Lo que indica que los entes locales y departamentales no comunican los trabajos que cada uno desarrolla en materia de salud ambiental y, por ende, el desconocimiento en este tema por parte de los encuestados.

El 25% de las respuestas se ubicaron en los niveles totalmente en desacuerdo (1) y en desacuerdo (2) y el 28 % restante fue para los niveles medianamente de acuerdo (3), de acuerdo (4) y totalmente de acuerdo (5).

Respecto a los resultados para la segunda sección de preguntas, denominada estrategias en salud ambiental se recibieron 48 respuestas para 12 preguntas. Los resultados se presentan en la tabla 32. Para esta sección el 35% de las respuestas se encuentran en medianamente de acuerdo (3), 23% de las respuestas fueron calificadas como no se sabe / no responden. Un 21% de las respuestas son para la calificación de desacuerdo (2) y totalmente en

desacuerdo (1) y el 21 % restante son para las calificaciones de acuerdo (4) y totalmente de acuerdo (5).

**Tabla 32 Resultados encuesta sección estrategias en salud ambiental**

Preguntas	1	2	3	4	5	NS/NR	Encuestado
Se evidencia articulación interinstitucional para incorporar la salud ambiental en la formulación de políticas, planes y programas de los diferentes sectores, buscando mejorar la eficiencia, reducir las superposiciones y duplicaciones innecesarias y mejorar la coordinación y la cooperación entre los actores involucrados.			X				Secretaria D.A y M. A
	X						Corpoamazonia
						X	Aguas Mocoa
			X				PIC Mocoa
Se evidencian Alianzas entre los sectores público y privado para el fomento de la corresponsabilidad social empresarial, y la participación activa de la sociedad civil en la protección de la salud humana, el mejoramiento de las condiciones de calidad de vida y el desarrollo sostenible.					X		Secretaria D.A y M. A
		X					Corpoamazonia
						X	Aguas Mocoa
		X					PIC Mocoa
La Atención Primaria en Salud Ambiental APSA busca definir la participación e intervención conjunta de los niveles territoriales con competencias en salud ambiental, en la implementación, posicionando la gestión intersectorial y la participación social en la intervención de los determinantes sanitarios y ambientales.						X	Secretaria D.A y M. A
		X					Corpoamazonia
						X	Aguas Mocoa
						X	PIC Mocoa
Se evidencia promoción del Consumo responsable que incluye promoción social y comunitaria relacionada con hábitos de consumo que reduzcan el impacto en el ambiente, con el fin de promover la salud humana y preservar los ecosistemas que prestan bienes y servicios ambientales				X			Secretaria D.A y M. A
			X				Corpoamazonia
			X				Aguas Mocoa
		X					PIC Mocoa
La Educación en Salud Ambiental impartida aborda la participación social desarrollada conjuntamente entre los organismos del Estado y la sociedad civil y está dirigida a informar, educar y comunicar, con el objetivo de promover cambios conductuales, estilos de vida y hábitos de consumo, modelos de producción limpia y sostenible, ejercicio responsable del derecho a gozar de un ambiente sano, teniendo en cuenta las necesidades específicas del individuo, la familia y la comunidad en los entornos donde viven, estudian, trabajan e interactúan.		X					Secretaria D.A y M. A
			X				Corpoamazonia
						X	Aguas Mocoa
			X				PIC Mocoa
La Estrategia de Entornos Saludables incluye acciones que influyen sobre los determinantes de la salud bajo esquemas operativos participativos organizados alrededor de entornos específicos, como la vivienda, la escuela, el espacio público, el entorno laboral, ecosistemas estratégicos sostenibles, y bajo enfoques que privilegian a la familia y la comunidad.			X				Secretaria D.A y M. A
				X			Corpoamazonia
						X	Aguas Mocoa
		X					PIC Mocoa
Se evidencia Gestión Integral del Recurso Hídrico de forma intersectorial y con participación comunitaria, buscando la protección de cuencas, la potabilización del agua y la minimización de generación de efluentes domésticos e industriales			X				Secretaria D.A y M. A
			X				Corpoamazonia
			X				Aguas Mocoa
			X				PIC Mocoa

El Mejoramiento de vivienda comprende los procesos de mejoramiento integral de vivienda, infraestructura física segura, ubicación en áreas de bajo riesgo de eventos catastróficos, con áreas y espacios adecuados, iluminación, ventilación, con acceso a servicios públicos de suministro de agua, facilidades para la gestión integrada de residuos sólidos y líquidos.			X				Secretaria D.A y M. A
			X				Corpoamazonia
			X				Aguas Mocoa
	X						PIC Mocoa
Planes de Acción Intersectoriales de Entornos Saludables PAIES. Planes que contribuyen al fortalecimiento de la gestión de la Estrategia de Entornos Saludables y de acciones integrales intersectoriales que influyen sobre los determinantes de la salud, bajo esquemas operativos participativos organizados, que privilegian a la familia y la comunidad.						X	Secretaria D.A y M. A
			X				Corpoamazonia
						X	Aguas Mocoa
						X	PIC Mocoa
Se promueven las tecnologías alternativas orientadas hacia la potabilización y sistemas de suministro de agua para consumo humano, manejo y disposición de residuos sólidos y líquidos, para la preservación de los recursos naturales y el control de la degradación ambiental.						X	Secretaria D.A y M. A
			X				Corpoamazonia
				X			Aguas Mocoa
	X						PIC Mocoa
Se cuentan con Políticas interinstitucionales e intersectoriales, para el fortalecimiento de la promoción y prevención, que permitan impactar determinantes sociales, ambientales y sanitarios, relacionados con salud ambiental			X				Secretaria D.A y M. A
				X			Corpoamazonia
						X	Aguas Mocoa
	X						PIC Mocoa

**Fuente:** Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta

Los resultados evidencian que existen pocos espacios de gestión intersectorial en salud ambiental entre el departamento, el municipio y Corpoamazonia. Se cuenta con talento humano que desarrolla los procesos de salud ambiental en la región, pero se desconocen las competencias laborales de los mismos. Se desconoce si las entidades territoriales se han fortalecido en temas de salud ambiental y en infraestructura para atender la misma. Los actores clave, no tienen certeza de que el componente de salud ambiental esté incluido en los planes de desarrollo de la región. Si bien se cuentan con estudios de la carga ambiental de la enfermedad, ellos desconocen las estrategias de intervención en el ámbito territorial.

## 12.2 MATRIZ DE DEBILIDADES, OPORTUNIDADES, FORTALEZAS Y AMENAZAS – DOFA, PARA LA CUENCA DEL RÍO MULATO

La matriz DOFA es una herramienta de diagnóstico estratégico encaminada a determinar las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas que influyen en un determinado tema. Para la cuenca del río Mulato se creó esta matriz, con el fin de evaluar aspectos externos e internos que permitan la creación de acciones programáticas para mejorar la gestión en salud ambiental. En la tabla 33 se presenta la matriz DOFA.



**Tabla 33 Matriz DOFA para la cuenca del río Mulato**

DEBILIDADES		OPORTUNIDADES	
D1	La característica topográfica de la zona es de pendiente sin muy pronunciada, Lo que favorece los procesos erosivos.	O1	Desarrollar el plan de ordenamiento y manejo de cuencas POMCA, para el río Mulato
D2	La cuenca alta ha sido intervenida por actividades socioeconómicas principalmente la industria panelera y ganadera.	O2	Destinar mayores recursos económicos, humanos y tecnológicos para preservar la cuenca del río Mulato
D3	Los cambios de temperatura que se presentan en la zona, afectan la solubilidad del oxígeno en el agua	O3	Incrementar la cobertura del alcantarillado
D4	La fuente hídrica presenta alta carga de contaminante por materia flotante	O4	Tratar las aguas residuales
D5	Debido a los procesos erosivos se genera sedimentación en el río Mulato	O5	Desarrollar agricultura orgánica, con menor impacto en la cuenca
D6	Las aguas residuales domésticas son vertidas de manera directa sobre la cuenca del río	O6	Regular las actividades socioeconómicas sobre la cuenca
D7	Las aguas residuales sobre el río generan malos olores en la cuenca	O7	Construir y ampliar los sistemas de abastecimiento de agua del municipio de Mocoa
D8	El cauce del río pasa por 12 barrios de la ciudad de Mocoa	O8	Incrementar la cobertura en acueducto
D9	Se arrojan residuos sólidos de manera directa sobre el cauce del río	O9	Potabilizar el agua
D10	Pérdida de biodiversidad de fauna acuática debido a la presencia de herbicidas y plaguicidas.	O10	Disminuir los niveles de riesgo en IRCA e ICA
D11	El Índice de calidad de agua superficial – ICA del río es regular	O11	Capacitar a la comunidad en temas de salud ambiental y gestión del recurso hídrico
D12	El Índice de riesgo de la calidad de agua- IRCA, es alto. No apta para consumo humano		
D13	El municipio de Mocoa no cuenta con alcantarillado en el 100% de la ciudad		
D14	El municipio de Mocoa no trata las aguas residuales		
D15	Alta incidencia de enfermedades EVA relacionadas con la calidad del agua del río		
D16	Existe extracción de madera de forma ilegal		
D17	Las viviendas de los 12 barrios están construidas dentro de la ronda hídrica del río		
FORTALEZAS		AMENAZAS	
F1	La cuenca recibe durante todo el año buena cantidad de energía solar, lo anterior favorece el crecimiento rápido de las especies vegetales allí plantadas y los procesos de recuperación ecológica	A1	Riesgos de inundación y avenidas torrenciales provocadas por episodios de fuertes lluvias
F2	La regulación hídrica en las cuencas de Mocoa es moderada	A2	Presión sobre recurso suelo y el recurso agua por aumento de la población sobre el cauce de la cuenca
F3	La cuenca se encuentra dentro de la Zona de Confluencia Intertropical. Lo que genera una serie de condiciones benignas en cuanto a clima, vegetación, suelos de la cuenca del río	A3	Gran demanda del agua de la cuenca, por parte del sector urbano si continua el crecimiento demográfico

<b>F4</b>	Posee una riqueza paisajística natural tal como lo son los bosques húmedos tropicales, propios de la zona	<b>A4</b>	Posibles asentamientos humanos en la cuenca del río por desplazamiento
<b>F5</b>	La parte alta de la cuenca abastece de agua al centro y suroccidente del municipio de Mocoa	<b>A5</b>	Prácticas agronómicas indebidas que amenazan los recursos suelo, agua y biota
<b>F6</b>	La cuenca presenta buen balance hídrico, con mayor intensidad en los meses de mayo, junio, julio y agosto	<b>A6</b>	Amenazas de contaminación por emisión de gas por el alto flujo de vehículos que transitan sobre los puentes que conectan la ciudad de Mocoa y que pasan por la cuenca
<b>F7</b>	La mayoría de los Habitantes están afiliados al sistema de seguridad en salud subsidiado y contributivo, permitiéndoles acceso al servicio en los centros de atención hospitalario	<b>A7</b>	Reducción de los caudales derivado de procesos asociados al cambio climático
<b>F8</b>	La cuenca está dentro del sistema de alerta temprana de la UNGRD	<b>A8</b>	Periodos de sequía durante los meses de baja precipitación asociados a procesos de cambio climático
<b>F9</b>	Los sistemas hídricos superficiales de las cuencas de Mocoa pueden satisfacer la demanda	<b>A9</b>	Aumento de la temperatura del agua debido al incremento de temperaturas por el cambio climático
<b>F10</b>	La vulnerabilidad por desabastecimiento es baja en las cuencas de Mocoa	<b>A10</b>	Desabastecimiento del acueducto municipal, por escases del recurso hídrico
		<b>A11</b>	Crecimiento en el número de enfermedades vehiculizadas por el agua

**Fuente:** Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos en los objetivos 1 y 2 y la encuesta.

Internamente, la cuenca presenta más debilidades que fortalezas y externamente más amenazas que oportunidades. En total se identificaron 49 variables, de las cuales el 57% son negativas para la cuenca representadas entre debilidades y amenazas. Tan solo el 20% son fortalezas y el 23 % restante son oportunidades, lo que corrobora la necesidad de intervención en términos de acciones que permitan mejorar su gestión.

### **12.3 CRUCE DE VARIABLES MATRIZ DOFA Y ACCIONES PROGRAMÁTICAS**

Con el análisis anterior, fue posible desarrollar acciones programáticas para la cuenca del río Mulato, estas se realizaron en 4 frentes de acuerdo con la metodología de cruce de variables de la matriz DOFA. Los resultados se presentan en la tabla 34.

**Tabla 34 Cruce de variables y presentación de acciones programáticas**

Acciones programáticas ofensivas (F-O): Incluyen las Fortalezas para aprovechar las Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proteger la parte alta de la cuenca abastecedora del acueducto de Mocoa, mediante trabajo colectivo entre gobierno local y la comunidad aledaña a la misma. Protegiendo así los inicios con buenas prácticas agrícolas, disposición de basura y uso adecuado del agua.</li> <li>• Adelantar convenios y alianzas a nivel local y departamental entre instituciones que brinden servicios de asistencia técnica, capacitación y transferencia de tecnología para mejorar las actividades socioeconómicas en la cuenca y reducir su impacto.</li> <li>• Priorizar la construcción del POMCA de la cuenca del río Mulato, articulado a las instituciones de planificación, salud y gestión ambiental del municipio y el departamento.</li> <li>• Priorizar también la construcción del plan maestro del acueducto del municipio de Mocoa, el cual tiene por objetivo brindar agua 100% potable a la comunidad.</li> <li>• Consolidar y construir un concejo para la cuenca del río que integre la participación ciudadana con el fin de crear espacios de discusión que permitan mejorar en la misma.</li> <li>• Generar programas de educación ambiental para el cuidado de la cuenca con el fin de aprovechar las capacidades naturales que tiene esta para autorregularse y evitar hacerle daños irreparables a su sistema</li> <li>• Incrementar la cobertura al sistema de salud de los habitantes, con el fin de poder brindarles atención de manera oportuna y si es posible programas de salud preventiva</li> <li>• Gestionar recursos por medio de la cooperación internacional entre gobiernos, con el fin de incrementar los rubros para la conservación de la cuenca.</li> </ul>
Acciones programáticas reactivas (D-O): Estas estrategias pretenden superar las Debilidades aprovechando las Oportunidades.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ampliar la cobertura de Áreas protegidas por el municipio y departamento con el fin priorizar la conservación de la biodiversidad y la regulación del recurso hídrico.</li> <li>• Priorizar la ampliación del sistema de alcantarillado en el municipio, con el fin de evitar que las aguas residuales domésticas sean vertidas de manera directa a la cuenca.</li> <li>• Priorizar la construcción de una planta de aguas residuales en el municipio, con el fin de disminuir los problemas de contaminación que estas ocasionan.</li> <li>• Desarrollo de programa de producción más limpia mediante la agricultura orgánica y así disminuir el uso de plaguicidas que contaminan el suelo y el recurso hídrico.</li> <li>• Desarrollar programas de manipulación de alimentos y saneamiento básico, en los hogares mocoanos, con el fin de disminuir el contagio de enfermedades diarreicas aguas y otras enfermedades vehiculizadas por el agua.</li> <li>• Desarrollar programas de ahorro y uso eficiente del agua.</li> <li>• Desarrollar planes de acción que permitan mejorar los índices ICA e IRCA en el municipio.</li> </ul>

<b>Acciones programáticas defensivas (F-A): Usan las Fortalezas para evitar las Amenazas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intensificar los controles de consumo de agua, con el fin de evitar posibles desabastecimientos</li> <li>• Priorizar la construcción de Planes Integrales de Gestión de Cambio Climático Territoriales – PIGCCT.</li> <li>• Estudiar la posible utilización de masas de agua subterránea para suplir la mayor demanda de agua del municipio, de acuerdo a sus proyecciones de crecimiento demográfico.</li> <li>• Intensificar la generación de alertas tempranas de la UNGRD, con el fin de mejorar el monitoreo en las cuencas a fin de prevenir a la comunidad de futuros eventos relacionados con inundaciones o avenidas torrenciales.</li> <li>• Generar planes de ayuda humanitaria para población vulnerable que pueda sufrir desplazamiento de su lugar de origen y decida asentarse en lugares que afecten la cuenca.</li> </ul>
<b>Acciones programáticas adaptativas (D-A): Reducir las Debilidades y evitar las Amenazas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control y eliminación de los elementos que suponen un impacto ambiental negativo para la cuenca del río Mulato</li> <li>• Recuperación de hectáreas degradadas por la erosión en la cuenca del río Mulato</li> <li>• Campañas de voluntariado para recolección de basuras y demás elementos contaminantes que favorezcan la preservación de la cuenca</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos en la matriz DOFA

## 12.4 PROPUESTA DE INTEGRACIÓN

La “Crisis del agua” apela a buscar respuestas más creativas para superar las presiones de la gobernabilidad del agua. El actual ciclo para la gestión del recurso hídrico carece de elementos de innovación que contribuyan decisivamente a elevar la eficiencia del mismo. Es aquí donde la gestión tecnológica se convierte en la oportunidad de mejora para este ciclo de gestión.

El desarrollo de la gestión tecnológica como un método sistemático, en función de mejorar las fases de otro ciclo, permite elaborar estudios basados en la investigación, la innovación y el desarrollo. El procedimiento general a través del cual se desarrolla dicha integración se expone a continuación en la tabla 35.

**Tabla 35 Iteraciones entre modelo de Vigilancia Tecnológica y Ciclo de la Gestión Integral del Recurso Hídrico**

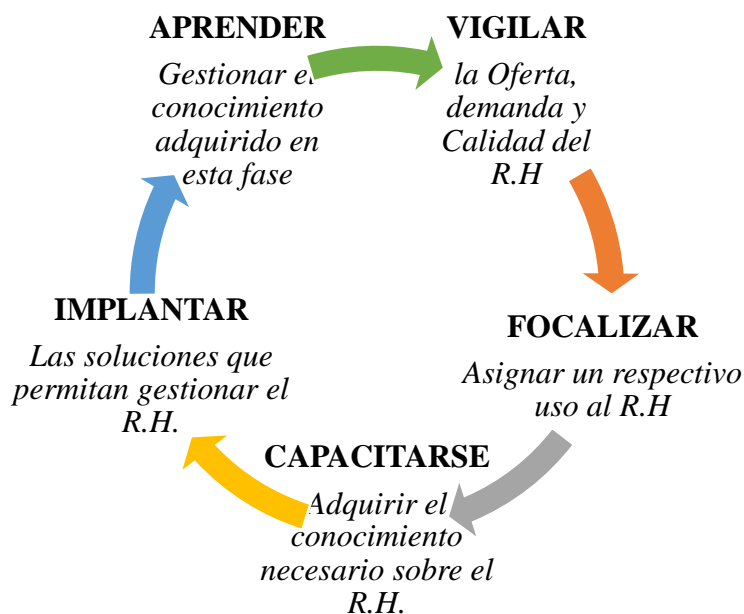
Vigilancia Tecnológica / Ciclo Gestión Integral del Recurso Hídrico	Vigilar	Focalizar	Capacitarse	Implantar	Aprender
Diagnóstico y prospectiva	X	X	X	X	X
Formulación y programación	X	X	X	X	
Ejecución	X	X	X	X	X
Seguimiento y evaluación	X		X		X

Fuente: elaboración propia a partir de lo consultado en COTEC, 2000

Cada uno de los elementos que componen el ciclo de gestión integral del recurso hídrico, se relacionan con alguna de las fases del sistema de vigilancia tecnológica, de acuerdo con las definiciones previamente expuestas donde se relacionó cada fase dando como resultado una serie de interacciones entre modelos presentadas en las figuras 54 a 57.

Para la primera fase del ciclo de la G.I.R.H. denominada diagnóstico y prospectiva fue posible relacionar las cinco fases de la vigilancia tecnológica, para este paso es clave vigilar la oferta, demanda y calidad del recurso hídrico y desarrollar las demás fases que permitirán un diagnóstico completo y una visión más asertiva sobre el futuro del recurso. En la figura 54 se presenta la integración

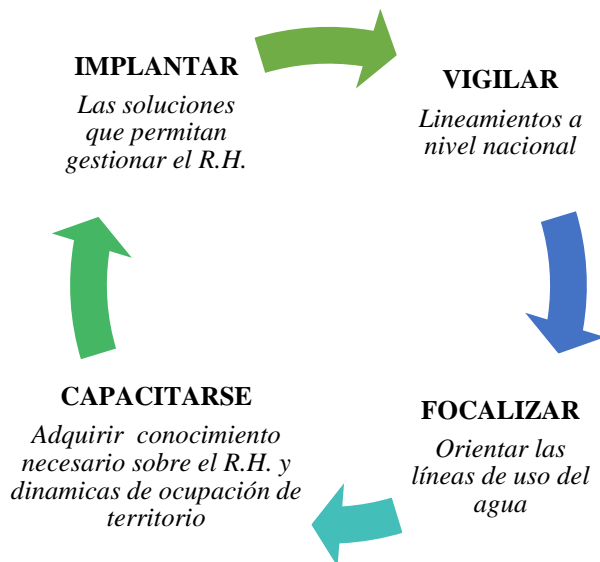
**Figura 54 Iteración 1, Diagnóstico y Prospectiva**



Fuente: elaboración propia

Para la fase de formulación y programación, la integración se dio con las cuatro primeras fases del modelo de vigilancia tecnológica. En este paso es muy importante garantizar el uso adecuado del recurso teniendo en cuenta las dinámicas de ocupación del territorio, esta combinación permite optimizar los resultados esperados (Figura 55).

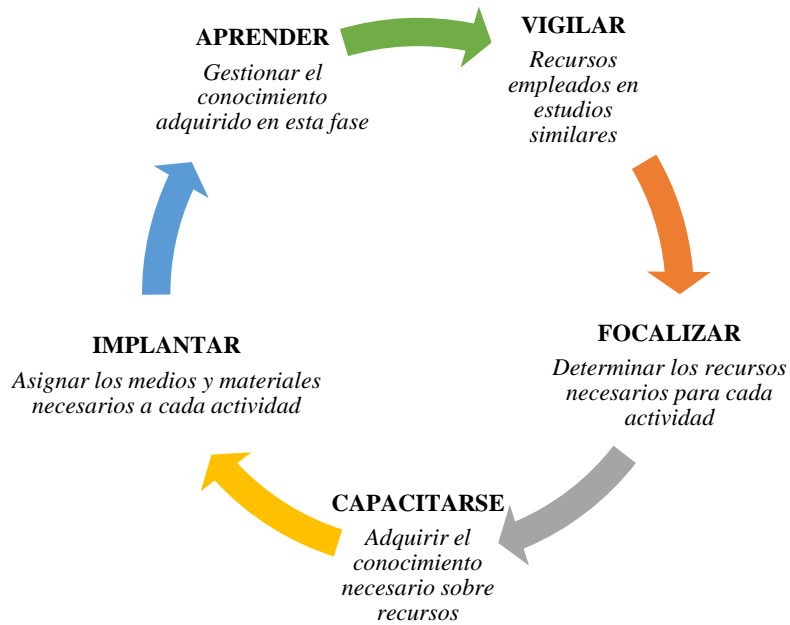
**Figura 55 Iteración 2, Formulación y Programación**



**Fuente:** elaboración propia

En la tercera fase del ciclo del G.I.R.H. es donde se ejecutan las herramientas, estrategias, aplicaciones y demás recursos que van a dar solución a la gestión del recurso. La integración con las cinco fases del modelo de vigilancia tecnológica, proporciona mayor seguimiento y control con el fin de garantizar el éxito en esta fase. En la figura 56 se presenta el resultado.

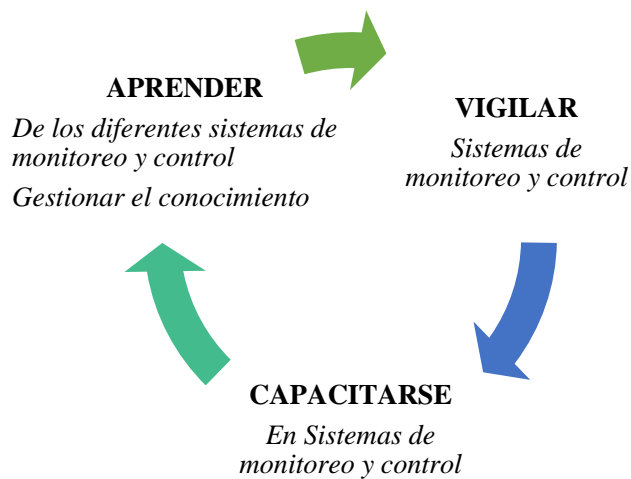
**Figura 56 Iteración 3, Ejecución**



**Fuente:** elaboración propia

Finalmente, se hace un seguimiento y evaluación general a todo el ciclo de la G.I.R.H, en esta última etapa la vigilancia tecnológica potencializa la gestión del conocimiento y la información, permitiendo así la consecución de saberes que sirven como referente para otros estudios o dinámicas de gestión (Figura 57)

**Figura 57 Iteración 4, Seguimiento y Evaluación**



**Fuente:** elaboración propia

### 13 CONCLUSIONES

Esta investigación permitió conocer las características de gestión integral del recurso hídrico en la cuenca del río Mulato, mediante el análisis de los factores ambientales en la salud de los habitantes del municipio de Mocoa. Para tal efecto, se consideró un enfoque integral que empleó indicadores de calidad de agua los cuales evidencian las condiciones del mal estado del recurso hídrico y se relacionan con la carga de enfermedades en la región.

La caracterización de la gestión integral del recurso hídrico, se desarrolló de acuerdo a la definición del Ministerio de Ambiente, se tomaron los indicadores que explican el desarrollo económico y social del municipio sección de resultados 9.1.2 y 9.1.3 y la normatividad que garantiza la protección de los ecosistemas capítulo 6 referente normativo y legal.

El contexto de salud ambiental, permitió conocer la influencia que tiene el medio en la salud de las personas y la relación directa que existe ente los factores ambientales relacionados con la calidad del agua y la carga por enfermedades como la Hepatitis A.

Los resultados de la investigación permitieron determinar las características ambientales en la cuenca del río Mulato, relacionadas con el componente de calidad de agua. En términos generales, los indicadores hídricos del municipio son buenos, se observa que las cuencas del municipio de Mocoa cuentan con una capacidad alta de regulación lo que les permite soportar la presión de la demanda y disminuyen la posibilidad de que sean vulnerables a la presión que ejerce el medio, lo que se convierte así en una fortaleza para la región en términos de mantener la oferta del recurso.

El Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano –IRCA es un mecanismo generador de alerta sobre la calidad del recurso hídrico que se consume, se concluye que a nivel general el agua presenta alto riesgo y no es apta para consumo humano de acuerdo a lo establecido por la resolución 2115 de 2007. Por su parte el Índice



de Calidad de Agua superficial - ICA, presenta una calificación regular y está muy por debajo de los niveles aceptados por el IDEAM.

El departamento del Putumayo no cuenta al 100% con los mapas de riesgo y vigilancia de la calidad del agua, tal y como lo establece la resolución 4716 de 2010. De acuerdo a la información suministrada por parte de los actores clave de la región el Putumayo, hasta el momento solo tienen tres mapas de riesgo elaborados, las dificultades para completar estos instrumentos se dan por la desarticulación de las entidades que deben reportar la información para la elaboración de los mismos.

Las presiones sobre la oferta hídrica en Colombia se derivan del uso, beneficio, administración y demanda por parte de los diferentes actores gubernamentales y no gubernamentales, quienes interactúan asimétricamente según sus intereses y convicciones sin tener en cuenta las dinámicas del recurso. Este tipo de investigaciones permite trabajar sobre estas presiones y aportan a la conservación del recurso hídrico.

El estudio de la Gestión Integral del Recurso Hídrico en el contexto de la salud ambiental permite encontrar respuesta a las problemáticas sociales relacionadas con el desarrollo sostenible. En este sentido, uno de los mayores retos para el desarrollo sostenible es garantizar el acceso al agua potable segura y asequible para todos. Con esta investigación se quiso aportar en la superación de las fallas relacionadas con la inadecuada gestión y gobernabilidad del recurso hídrico en Mocoa.

A partir de la relación que se estableció entre las características ambientales y los eventos en salud relacionados con calidad de agua, fue posible determinar que existe una relación significativa a un nivel 0,01 a 2 colas, entre el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano –IRCA y una de las enfermedades vehiculizada por el agua (Hepatitis A).

Se evidencia una alta incidencia en Enfermedades Diarreicas Aguas – EDAs en Mocoa, la capital del Putumayo concentra el 17% de la población del mismo y es el municipio que más presenta ocurrencia en esta enfermedad. Generando así una mayor presión en el

sistema de salud del municipio, dado que este atiende también necesidades de los otros 12 municipios dado que en Mocoa se encuentra el principal hospital del departamento.

Realizar trabajos investigativos en estas regiones representa un aporte significativo por parte de la academia para dar solución a problemáticas reales que vive el país, involucrando algo tan trascendente e importante como la salud ambiental y la reducción paulatina de morbilidad por enfermedades vehiculizada por el agua en la población vulnerable.

Es importante destacar la disminución en los casos de ciertas enfermedades vehiculizadas por el agua tales como la hepatitis A y la fiebre tifoidea y paratifoideas, las cuales presentaron sus últimas incidencias en los años 2015 y 2016 respectivamente, en el municipio de Mocoa.

En el componente de hábitat y vivienda saludable, al caracterizar el tema de servicios públicos se evidencia que las personas no confían en el agua que reciben, 47% hierven el agua antes de consumirla. 15,6% compran agua embotellada para el consumo y el 13% utilizan algún tipo de filtro o cloro para mejorar la calidad del recurso que reciben.

La cobertura en servicios públicos como acueducto y alcantarillado es deficiente a nivel departamental y municipal, menos de la mitad de la población del departamento de Putumayo cuentan con servicio de acueducto y en Mocoa tan solo el 74% de la ciudad cuenta con red de alcantarillado. A esto se suma el no tratamiento de las aguas residuales y el vertimiento directo sobre el cauce del río Mulato.

EL 14,13% de la población del país presentó Necesidades Básicas Insatisfechas. El NBI del departamento de Putumayo fue 18,41% y 10,27% para Mocoa, cifras que superan el promedio nacional y los NBI de otras capitales. Los resultados poco favorables en estos indicadores evidencian cómo las regiones apartadas del centro del país siguen sufriendo atraso en su desarrollo socioeconómico y ambiental lo que incide directamente sobre la calidad de vida de las personas.

La metodología empleada para construir las acciones programáticas para mejorar la gestión en salud ambiental, evidenciaron la desarticulación entre las entidades del municipio de

Mocoa y el departamento del Putumayo, muchas de estas desconocen los trabajos adelantados por los demás entes en materia de salud ambiental. Corpoamazonia, como máxima autoridad ambiental en la región adelanta temas de saneamiento básico y salud ambiental, pero por falta de recursos no son ejecutados. De manera general, existen instrumentos para el tema pero no son aplicados por la misma desarticulación.

Las acciones programáticas resultado de esta investigación, fueron diseñadas bajo una estructura coherente que le permitirá a los diferentes actores clave de la región avanzar en la construcción de los instrumentos que favorecen el manejo y gestión de las cuecas, de igual forma contribuye a la generación de estrategias de atención oportuna para las enfermedades relacionadas con el medio ambiente.

La gestión tecnológica como modelo se adapta a cualquier contexto, tal como se demostró al integrarse con el modelo de la gestión del recurso hídrico. Sus fases permiten potenciar otros modelos, dando paso a generar resultados con mayor impacto y basados en estudios de investigación, innovación y desarrollo. Integrar la tecnológica a otros sistemas permite alcanzar un desarrollo adecuado y sostenible, dado que está íntimamente ligada a la competitividad de una organización o ente. La propuesta de integración de modelos busca contribuir a ese proceso.

Con esta investigación mixta y de enfoque ecológico, se aportó a la creación de soluciones que responden al vacío de conocimiento que se evidencio en esta investigación, entre la relación del estudio del agua y los problemas de salud ambiental presentes en la población aledaña a la cuenca del río Mulato. Las acciones programáticas resultado de la investigación son un aporte para cerrar esta brecha.

Finalmente, Se resalta la articulación de la información entre los diferentes sistemas consultados para obtener datos estadísticos de las variables analizadas. Lo que demuestra un avance del país en materia de confiabilidad y oportunidad de la información generada en las regiones y el cumplimiento de las leyes que regulan el reporte de los datos.

## 14 RECOMENDACIONES

A las personas que consulten este documento tomar como punto de partida la matriz DOFA, tabla 33, la cual les permitirá identificar las debilidades y fortalezas que tiene la cuenca del río Mulato y las oportunidades y amenazas que esta presenta y debe superar con el fin de mejorar la gestión del recurso hídrico en el contexto de la salud ambiental.

A la empresa Aguas Mocoa encargada de suministrar el agua para consumo humano en el municipio, cumplir con las obligaciones consagradas en las diferentes normas y reglamentos que garantizan la calidad del agua. Lo anterior se debe hacer tanto para la zona urbana como para lo rural, en todos los puntos que conforman el sistema de suministro de agua.

A las Autoridades Sanitarias del municipio de Mocoa; fortalecer las acciones de vigilancia mediante el incremento en el número de muestras a analizar que reflejan las condiciones física, química y microbiológica del agua, de igual forma se recomienda finalizar al 100% la elaboración de mapas de riesgos en el municipio.

A la Secretaria de Salud del Municipio de Mocoa, ejercer una mayor vigilancia sobre la calidad del agua para consumo humano, asegurando los recursos necesarios que les permita desarrollar las actividades de vigilancia. De igual forma deben intensificar las campañas de educación sanitaria y salud ambiental desde la perspectiva de la prevención y promoción en la comunidad.

A los diferentes actores clave del municipio mejorar el acceso a los datos estadísticos y estudios en torno al medio ambiente y la salud. Lo anterior con el fin de que todos estén alineados en la materia y se unan esfuerzos para aportar a la gestión del recurso hídrico. De igual forma todos los actores clave deben tener en cuenta la estructura ambiental de Corpoamazonia y los insumos técnicos que la corporación presenta para la elaboración de planes de desarrollo y planes de ordenamiento territorial de acuerdo a las necesidades del municipio de Mocoa.

Al Alcalde del municipio de Mocoa adecuar y orientar su gestión; con el propósito de garantizar el cumplimiento de las actividades en salud pública y mejorar el control de la calidad del agua para consumo humano, de igual forma revisar si el actual plan de desarrollo del municipio esta articulado con el plan de ordenación de la cuenca del río Mulato, a fin de fortalecer el desarrollo del componente ambiental en Mocoa.

A todos los actores de la sociedad entender que la cuenca del río Mulato es un sistema que comprende factores y elementos ambientales y sociales. Si alguno de sus elementos sufre un detrimento, todo el sistema de la cuenca se verá afectado y quienes dependen de este se afectarán igualmente.

A todos los actores de la sociedad participar en la vigilancia y control de las enfermedades diarreicas agudas y entender que no solo es responsabilidad de las áreas de salud pública, debido a su carácter multifactorial, es responsabilidad de todos cumplir con aspectos tales como la vacunación, adecuada manipulación de alimentos, lavado de manos y demás actividades que contribuyen a la disminución de los casos de EDA.

Al Comité de Vigilancia Epidemiológica, Aguas Mocoa, la alcaldía de Mocoa, la Gobernación del Putumayo y la Superintendencia de Servicios trabajar articuladamente en el diseño y desarrollo de programas orientados al suministro del agua apta para consumo humano al 100% de la población de Mocoa, articulando las políticas nacionales, tales como la Política Nacional de Agua y Saneamiento para las Zonas Rurales, la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, y estrategias, tales como la de producción más limpia, educación en salud ambiental y vigilancia sanitaria.

A la universidad Autónoma de Manizales continuar con investigaciones de este tipo que permiten comprender la dinámica real que viven las regiones desde donde provienen algunos de sus estudiantes. Es recomendable la unión entre gobierno y academia para generar procesos de investigación que permitan identificar más relaciones entre la salud y el medio, lo anterior con el fin de fortalecer las políticas y programas institucionales en este aspecto.

## 15 REFERENCIAS

- Aguas Mocoa. (2020). AGUAS MOCOCHA S.A E.S.P. Recuperado 7 de abril de 2020, de <http://www.aguasmocoa.gov.co/alcanta.php>
- Agudelo, C., García, J., Robledo, R., García, C., & Vaca, M. (2016a). Análisis multidimensional de las capacidades en salud ambiental del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en Colombia. *Revista de Salud Pública*, 18(6), 871-879. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42249786003>
- Agudelo, C., García, J., Robledo, R., García, C., & Vaca, M. (2016b). Identificación de capacidades en salud ambiental de las autoridades ambientales en Colombia. *Revista de Salud Pública*, 18(4), 605-616. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42247581009>
- Alcaldía de Mocoa. (2016). *Plan de Desarrollo Municipal, 2016-2019*. Mocoa. Recuperado de [http://www.mocoa-putumayo.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionyControl/Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019.pdf](http://www.mocoa-putumayo.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionyControl/Plan%20de%20Desarrollo%20Municipal%202016-2019.pdf)
- Andrade, P., & Bermúdez, D. (2010). La sostenibilidad ambiental urbana en Colombia. *Bitacora Urbano Territorial*, 17(2), 73-93.
- Bedoya, M., Riaño, E., Reyes, M., & Salazar, C. (2016). MODELACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS HIDROLÓGICOS Y DINÁMICAS DE USO DEL SUELO EN LA CUENCA DEL RÍO MOCOCHA. *Revista Amazonica*, 45, 28. Recuperado de [https://www.sinchi.org.co/files/PRIORIDADES EN LA AMAZONIA/Modelación de servicios ecosistémicos\\_Bedoya.pdf](https://www.sinchi.org.co/files/PRIORIDADES%20EN%20LA%20AMAZONIA/Modelación%20de%20servicios%20ecosistémicos_Bedoya.pdf)
- Betancur, T., Campillo, A., & García, V. (2011). Una metodología para la formulación de planes de ordenamiento del recurso Hídrico. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 10(19), 67-78. <https://doi.org/10.1021/es001372a.30>.
- Blanco, L., Pinzón, C., & Idrovo, Á. (2015). Estudios ecológicos en salud ambiental: más allá de la epidemiología. *Estudios ecológicos en salud ambiental REVISIÓN DE TEMA Biomédica*, 35(2), 191-206. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v35i0.2819>
- Carreón, J., García, C., & Molares, M. (2014). Hacia una administración consensuada de los recursos hídricos en ecociudades. *Interdisciplinaria*, 31(1), 163-174.
- Colciencias, Cámara de comercio de Bogotá, Ceinnova, Cendex, Cidetexco, & Cintel e Ibut. (2007). *Vigilancia tecnológica y competitividad sectorial: lecciones y resultados de cinco estudios* Editores. (F. Malaver & M. Vargas, Eds.). Bogotá D.C., Colombia. Recuperado de <http://www.ocyt.org.co>
- CONPES 3904. (2017). *CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL*

- CONPES 3904. Bogotá. Recuperado de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/3904.pdf>
- Consejo Nacional de Política Económica y Social & Departamento Nacional de Planeación. (2008). *CONPES 3550 de 2008*. Bogotá D.C. Recuperado de [http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/conpes/2008/Conpes\\_3550\\_2008.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/conpes/2008/Conpes_3550_2008.pdf)
- Corpoamazonia. (2015). *Plan de Manejo y Gestión : Microcuenca del río Mulato*. Mocoa. Recuperado de <https://onedrive.live.com/?authkey=%21AKjJCU7nGHabUjE&cid=AE268E9D46BF493D&id=AE268E9D46BF493D%213962&parId=AE268E9D46BF493D%212830&oneup=OneUp>
- Corpoamazonia. (2018). *PLAN DE MANEJO AMBIENTAL EJE AMBIENTAL RÍO MULATO. 1er. AVANCE*. Mocoa.
- DANE. (2013). Glosario de Términos para el Sistema de Registro Civil y Estadísticas Vitales, 14. Recuperado de [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/glosario\\_sistema\\_Regis\\_Civil\\_Es\\_Vitales\\_08\\_13.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/glosario_sistema_Regis_Civil_Es_Vitales_08_13.pdf)
- DANE. (2018a). Explorador de datos DANE. Recuperado 3 de abril de 2020, de [https://sitios.dane.gov.co/cnpv/#!/mas\\_fem](https://sitios.dane.gov.co/cnpv/#!/mas_fem)
- DANE. (2018b). Medida de pobreza multidimensional de fuente censal. Recuperado 7 de abril de 2020, de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/pobreza-y-desigualdad/medida-de-pobreza-multidimensional-de-fuente-censal>
- Delgado. (2015). Gestión y valor del recurso hídrico. *Revista Finanzas y Política Económica*, 7, 279-298. <https://doi.org/10.14718/revfinanzpolitecon.2015.7.2.4>
- Delgado, S., Trujillo, J., & Torres, M. (2013). La huella hídrica como una estrategia de educación ambiental enfocada a la gestión del recurso hídrico: Ejercicio con comunidades rurales de villavicencio. *Luna Azul*, (36), 70-77. <https://doi.org/10.17151/luaz.2015.40.2>
- Fernández, N., Ramos, G., & Solano, F. (2004). Una herramienta informática para el análisis y valoración de la calidad del agua. *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 2(002), 88-97. Recuperado de <https://www.redalyc.org/html/903/90326398007/>
- Franco, A. (2006). Tendencias y teorías en salud pública. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 24(2), 119-130.
- Fundación Cotec para la Innovación Tecnológica. (2000). *Pautas Metodológicas en Gestión de la Tecnología y de la Innovación para Empresas. Tomo I: Perspectiva*

- empresarial*. (S. A. Gráficas Arias Montano, Ed.). Navarra: COTEC. Recuperado de <http://www.cetenasa.es>
- García, J., Vaca, M., & García, C. (2013). Determinación ambiental de la salud : Un reto para Colombia. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 31(1), 111-115.
- Giménez, E., Cabezón, I., & Rendas da silva, R. (2010). Sistema de informacion geografica para la gestion de recursos hídricos. *Revista Geográfica de América Central*, 2(45), 175-190.
- González, V., Caicedo, O., & Ramirez, N. (2013). Aplicación de los índices de calidad de agua NSF , DINIUS y BMWP en la quebrada La Ayurá, Antioquia, Colombia. *Revista Gestión y Ambiente*, 16(1), 97-107.
- Guzmán, B., Nava, G., & Díaz, P. (2015). Calidad del agua para consumo humano y su asociación con la morbilidad en Colombia, 2008-2012. *Biomédica*, 35(0), 177-190. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v35i0.2511>
- ICONTEC GTC186. (2009). *Gestión de la investigación, desarrollo e innovación [I+D+i]. gestión de la I+D+i : sistema de vigilancia [V]*. Bogotá D.C., Colombia.
- IDEAM. (2011). *Índice de calidad del agua en corrientes superficiales (ICA)*. Bogotá D.C. Recuperado de [www.ideam.gov.co](http://www.ideam.gov.co)
- IDEAM. (2013). *Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia*. Bogotá D.C. Recuperado de [www.imprenta.gov.co](http://www.imprenta.gov.co)
- IDEAM. (2018). Indicadores IDEAM. Recuperado 10 de abril de 2020, de <http://www.ideam.gov.co/web/agua/indicadores1>
- IDEAM. (2019). *Estudio Nacional del Agua 2018*. Bogota D.C.,Colombia.
- Idrovo, A. (2011). El ambiente colombiano y la salud ambiental. *Revista de la Universidad Industrial de Santander*, 43(2). [https://doi.org/10.1016/0148-9062\(76\)91770-8](https://doi.org/10.1016/0148-9062(76)91770-8)
- Instituto Nacional de Salud. (2015). *Enfermedades Vehiculizadas por Agua-EVA*. Bogota D.C.,Colombia.
- Instituto Nacional de Salud. (2019). *Morbilidad por Enfermedad Diarreica Aguda Situación nacional*. Bogota D.C.,Colombia.
- Jaimes, L., Ramírez, D., Vargas, A., & Carrillo, G. (2011). Gestión Tecnológica : Conceptos Y Casos De Aplicación. *Gti*, 10, 43-54.
- Jiménez, M., & Vélez, M. (2006). Análisis comparativo de indicadores de la calidad de agua superficial. *Avances en Recursos Hidráulico*, 14, 53-69.
- León Baura, R., & Berenson Seminario, R. (2013). Medicina teórica. Definición de la salud. *Revista Medica Herediana*, 7(3), 2. Recuperado de



- <http://www.upch.edu.pe/vrinve/dugic/revistas/index.php/RMH/article/view/515/482>
- Loaiza, W., Reyes, A., & Carvajal, Y. (2011). Modelo para el monitoreo y seguimiento de indicadores de sostenibilidad del recurso hídrico en el sector agrícola. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 20(2), 77-89.  
<https://doi.org/10.15446/rcdg.v20n2.20641>
- Lomuto, C. (2010). *Mortalidad Infantil y Neonatal*. Buenos Aires, Argentina.
- Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico*. Bogotá D.C. Recuperado de [https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Presentación\\_Política\\_Nacional\\_-\\_Gestión\\_/libro\\_pol\\_nal\\_rec\\_hidrico.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Presentación_Política_Nacional_-_Gestión_/libro_pol_nal_rec_hidrico.pdf)
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). *Guía técnica para la formulación de los planes de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas POMCAS*. Bogotá. Recuperado de [http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Guía\\_POMCAS/1.\\_Guía\\_Técnica\\_pomcas.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Guía_POMCAS/1._Guía_Técnica_pomcas.pdf)
- Ministerio de salud y protección social. (2017). *Análisis De Situación De Salud (ASIS) Colombia, 2017*. Bogota D.C., Colombia.
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2012). *Plan Decenal De Salud Pública, PDSP, 2012-2021*. Bogotá D.C., Colombia. Recuperado de <https://www.minsalud.gov.co/Documentos y Publicaciones/Plan Decenal - Documento en consulta para aprobación.pdf>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2018). Bases de datos ASIS 2018.
- Ministerio de Salud y Protección Social & Organización Panamericana de la Salud. (2014). *Referentes conceptuales y abordajes sobre determinantes ambientales*. (Vol. Convenio d). Bogotá D.C., Colombia. Recuperado de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/referentes-conceptuales-abordajes-determinantes-ambientales.pdf>
- Najera. (2009). ¿Privatización o gestión social de los recursos hídricos? *El cotidiano*, 155, 103-114. Recuperado de <http://www.ecologia.edu.mx/publicacio->
- Ocampo, O. L. (2012). *Análisis de Vulnerabilidad de la cuenca del río Chinchiná para condiciones estacionarias y de cambio climático*. Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales. Recuperado de [http://bdigital.unal.edu.co/6100/3/8109507.2012\\_Parte1.pdf](http://bdigital.unal.edu.co/6100/3/8109507.2012_Parte1.pdf)
- OMS. (2015a). Enfermedades infecciosas.
- OMS. (2015b). Mortalidad materna. Recuperado 8 de abril de 2020, de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/maternal-mortality>

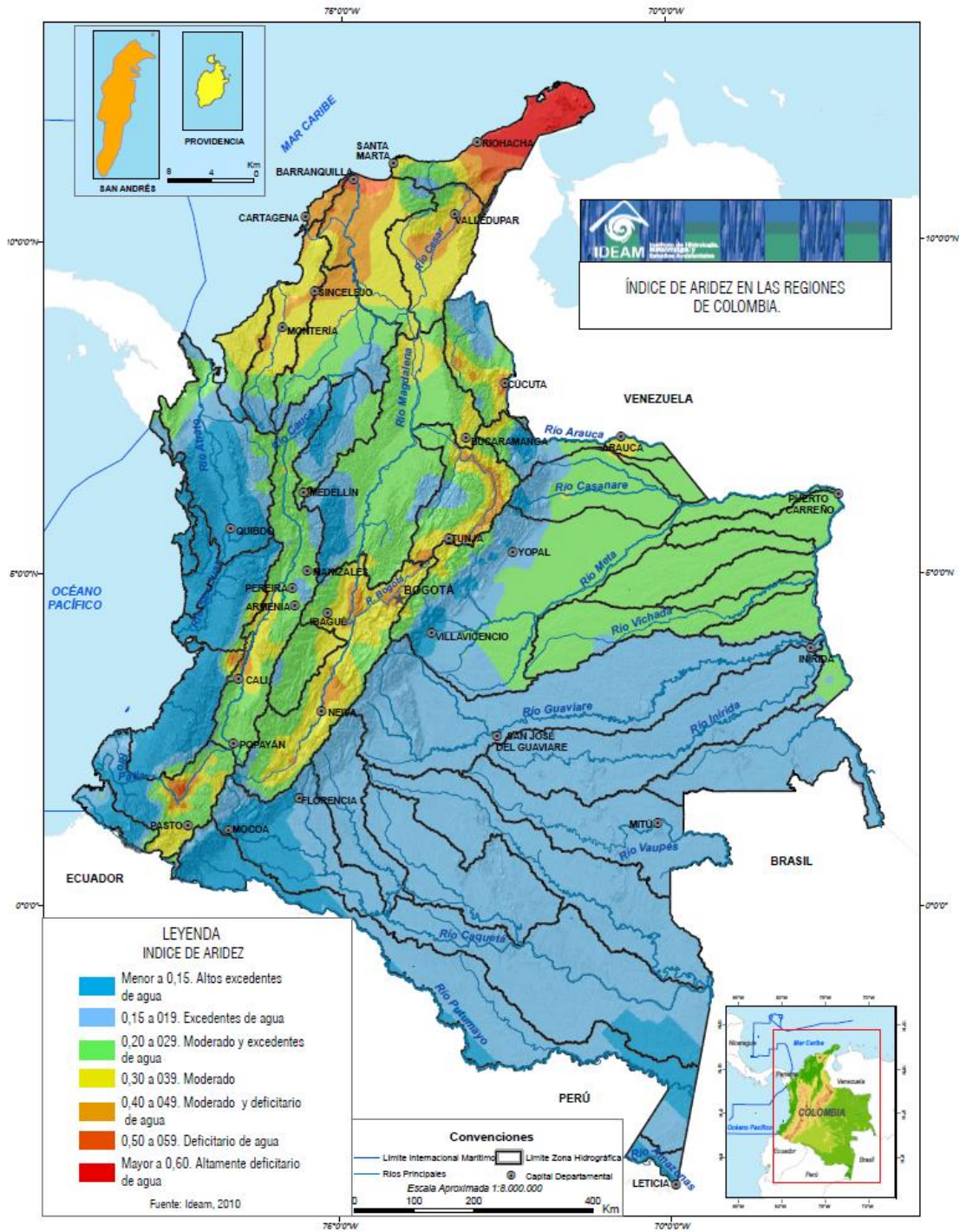
- OMS. (2017). OMS | Preguntas más frecuentes. Recuperado 10 de octubre de 2018, de <http://www.who.int/suggestions/faq/es/>
- Organización Mundial de la Salud. (2006). *Guías para la calidad del agua potable* (Tercera Edición). Suiza: OMS-Organización Mundial de la Salud. Recuperado de [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_full\\_lowres.pdf](https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf)
- Pinilla, A., Ramírez, H., & Gallego, L. (2016). Percepción del servicio de agua de los acueductos comunitarios de la comuna 13 de Ibagué. *Scientia et Technica*, 21(4), 360-364. <https://doi.org/10.22517/23447214.12391>
- Ponce, H. (2007). *La matriz FODA: alternativa de diagnóstico y determinación de estrategias de intervención en diversas organizaciones* (Vol. 12).
- Posada, A. A., Molina, J. C., & Rebolledo, F. (2005). Aportes de la ingeniería a la regulación y sostenibilidad del recurso hídrico. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 4, nú(1692-3324), 79-97. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75040606>
- Prada-Sarmiento, L. F., Cabrera, M. A., Camacho, R., Estrada, N., & Ramos-Cañón, A. M. (2019). The Mocoa Event on March 31 (2017): analysis of a series of mass movements in a tropical environment of the Andean-Amazonian Piedmont. *Landslides*, 16(12), 2459-2468. <https://doi.org/10.1007/s10346-019-01263-y>
- Presidencia de la república de Colombia. (2018). IDH 2018. Recuperado 6 de abril de 2020, de <https://id.presidencia.gov.co/Paginas/prensa/2019/En-2018-Colombia-obtuvo-mayor-puntaje-indice-Desarrollo-Humano-en-28-anios-desde-que-la-ONU-creo-esta-medicion-191209.aspx>
- Procópio, A. (2010). Geopolítica y recursos hídricos. *Revista del CESLA*, 2(13), 611-622. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=243316493016>
- Ramakrishna, B. (1997). *Estrategias de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas : conceptos y experiencias*. San Jose, Costa Rica: IICA. Recuperado de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=\\_JL28RE5CIC&oi=fnd&pg=PR9&dq=problemas+de+las+cuencas+hidrograficas&ots=OlXHK6JHIB&sig=ZANWYBzzZzc\\_z2JpgqkDMB394dc#v=onepage&q=problemas+de+las+cuencas+hidrograficas&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=_JL28RE5CIC&oi=fnd&pg=PR9&dq=problemas+de+las+cuencas+hidrograficas&ots=OlXHK6JHIB&sig=ZANWYBzzZzc_z2JpgqkDMB394dc#v=onepage&q=problemas+de+las+cuencas+hidrograficas&f=false)
- Ramírez, Jenny, Monsalve, E., Lozano, G., & Osorio, L. (2014). Sistema de información WEB para la administración del recurso hídrico superficial de la cuenca del río La Vieja, en Colombia. *Entramado*, 10(1), 324-338.
- Ramírez, Jose, & Uresti, R. (2006). Preservar La Calidad Del Agua Es Preservar La Salud. *CienciaUAT*, 1(2), 11-13.
- Red de Desarrollo Sostenible. (2012). *Gestión Ambiental. Gestion Ambiental* (Vol. 1). Bogotá D.C., Colombia.

- Rengifo, H. (2008). Conceptualización de la salud ambiental: teoría y práctica (parte 1). *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 25(4), 403-409. Recuperado de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-46342008000400010](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342008000400010)
- Robertson, K., & Castiblanco, M. A. (2011). Amenazas fluviales en el piedemonte amazónico colombiano. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 20(2), 125-137. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v20n2.27185>
- Rodríguez, M., Espinoza, G., & Wilk, D. (2002). *Gestión ambiental en América Latina y el Caribe: Evolución, tendencias y principales prácticas*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo. Recuperado de <http://www.iadb.org/sds/env>
- SEOM. (s. f.). Cáncer gástrico - SEOM: Sociedad Española de Oncología Médica. Recuperado 4 de abril de 2020, de <https://seom.org/info-sobre-el-cancer/estomago?showall=1>
- Serna, M., & et, al. (2018). *Aportes para la gestión del riesgo y cambio climático* (Publicar -). Medellín, Colombia: Tecnológico de Antioquia.
- Sistema de Información Ambiental de Colombia. (2019). Calidad del agua. Recuperado 16 de marzo de 2019, de <http://www.siac.gov.co/calidadagua>
- Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres & Pontificia Universidad Javeriana. (2018). *Diagnostico Socioterritorial de las Microcuencas de los Ríos Mulato y Sangoyaco y las Quebradas la Taruca y Taruquita del municipio de Mocoa-Putumayo*. Bogotá. Recuperado de [https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/27207/Productos\\_Mocoa3\\_Diagnóstico\\_Socioterritorial.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/27207/Productos_Mocoa3_Diagnóstico_Socioterritorial.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Torres, P., Hernán, C., & Patiño, P. (2009). Indices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 8(15), 79-94.
- Universidad Nacional de Colombia sede Amazonia y Corpoamazonia. (2018). *Acotamiento de la Ronda Hídrica del Río Mulato en la zona urbana del municipio de Mocoa (Putumayo)*. Mocoa, Colombia.
- Vargas, G., Rotigliano, E., & Conoscenti, C. (2019). Prediction of debris-avalanches and-flows triggered by a tropical storm by using a stochastic approach: An application to the events occurred in Mocoa (Colombia) on 1 April 2017. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2019.04.023>
- Vásquez, J. (2012). Gestión de recursos hídricos en América Latina: Un asunto de equidad y sostenibilidad. *AD-minister; No 12 (2008)*, (12), 107-118. Recuperado de <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/administer/article/view/557>
- Zamudio, C. (2012). Gobernabilidad sobre el recurso hídrico en Colombia: entre avances y

retos. *Gestión y Ambiente*, 15(3), 99-112. Recuperado de  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169424893007>

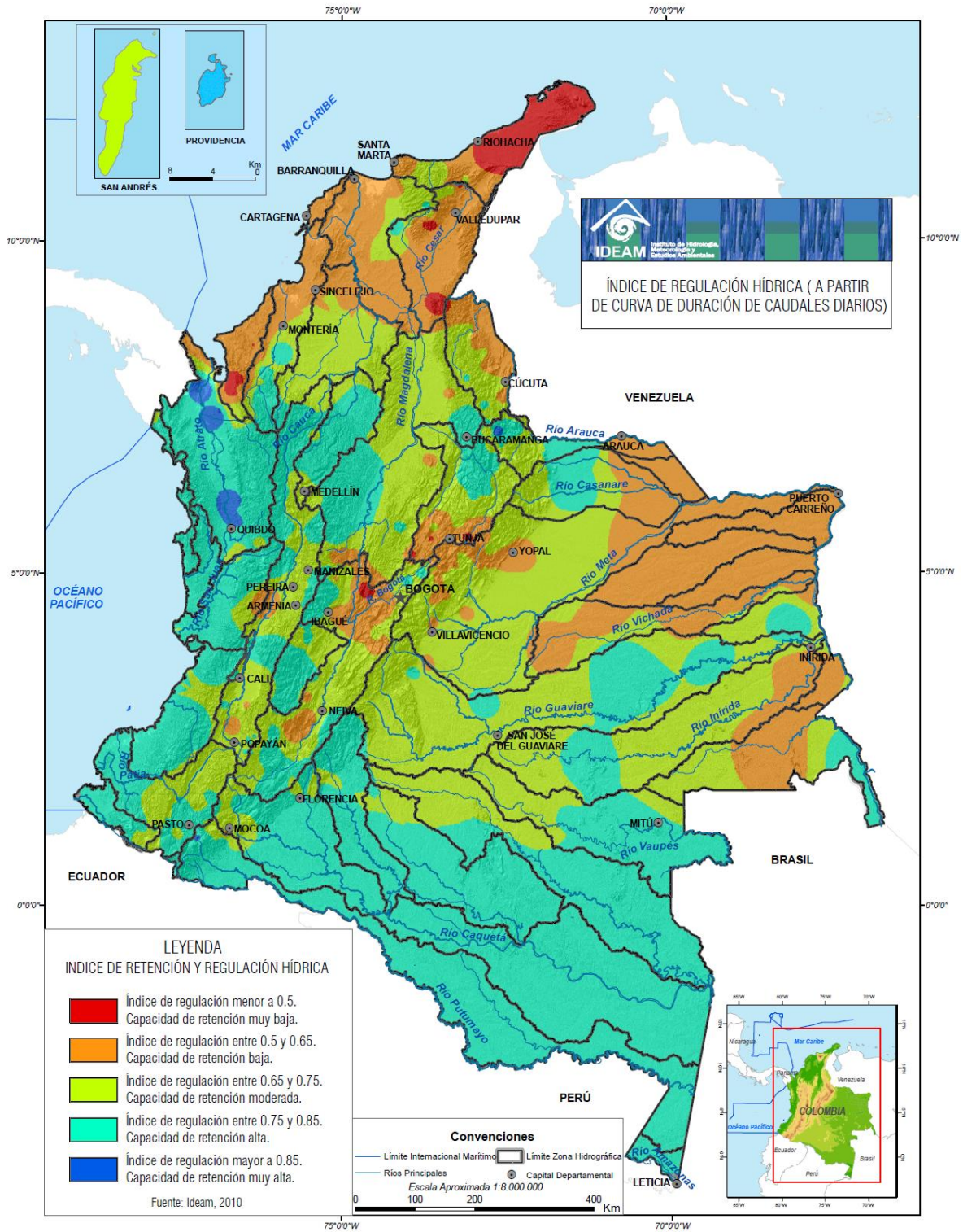
# 16 ANEXOS

## Anexo Índice de Aridez

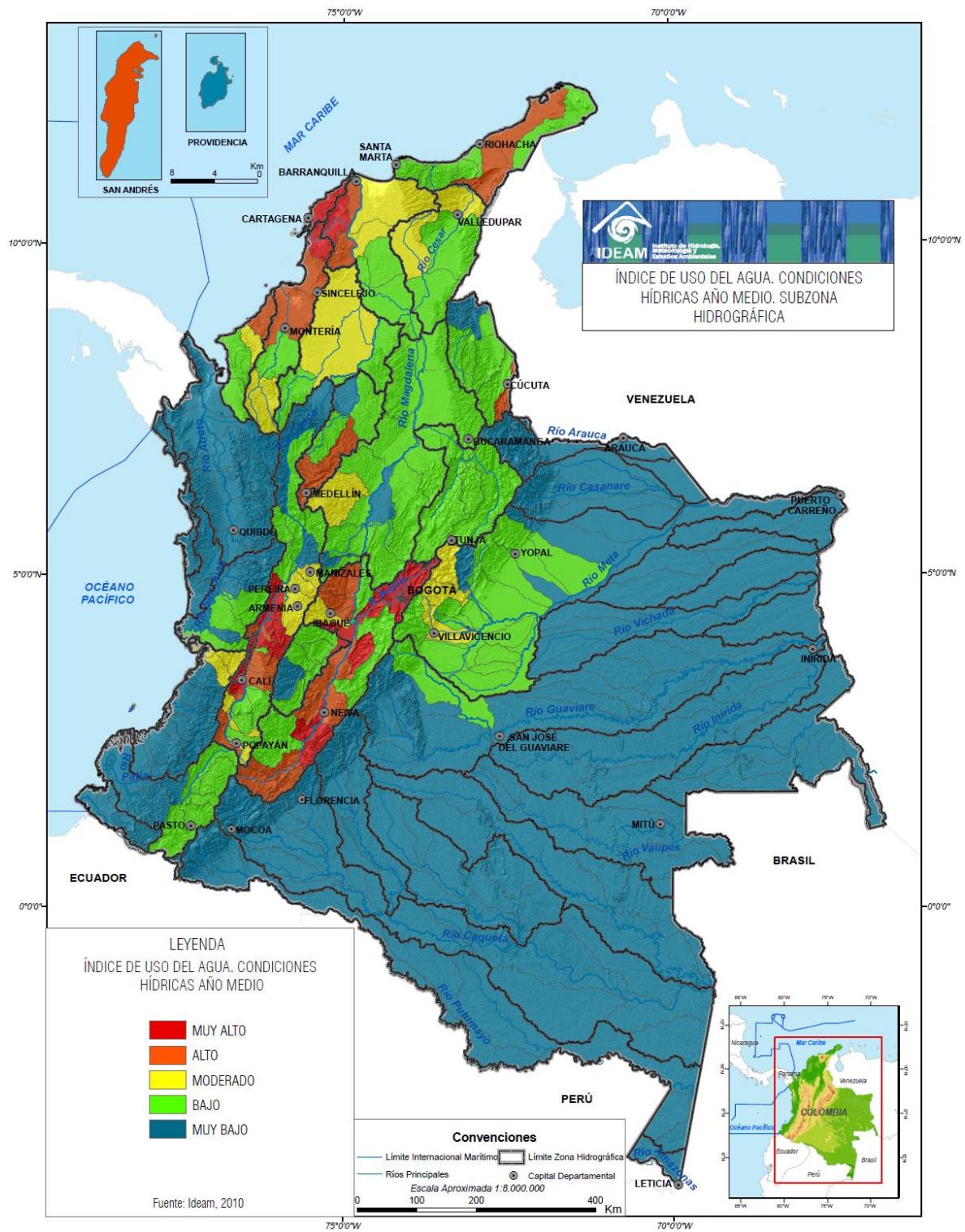




## Anexo 2 Índice de regulación hídrica

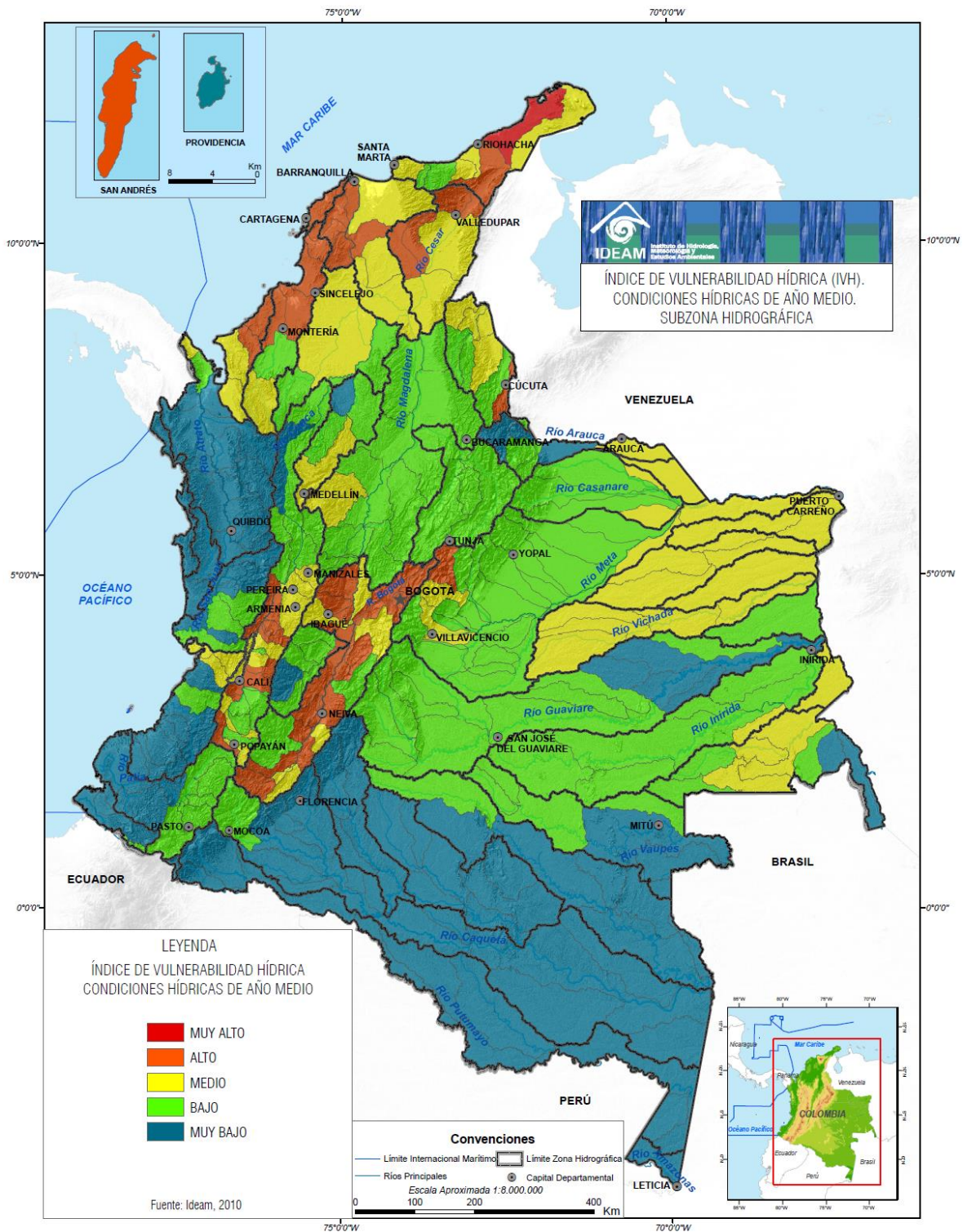


### Anexo 3 Índice de uso del agua



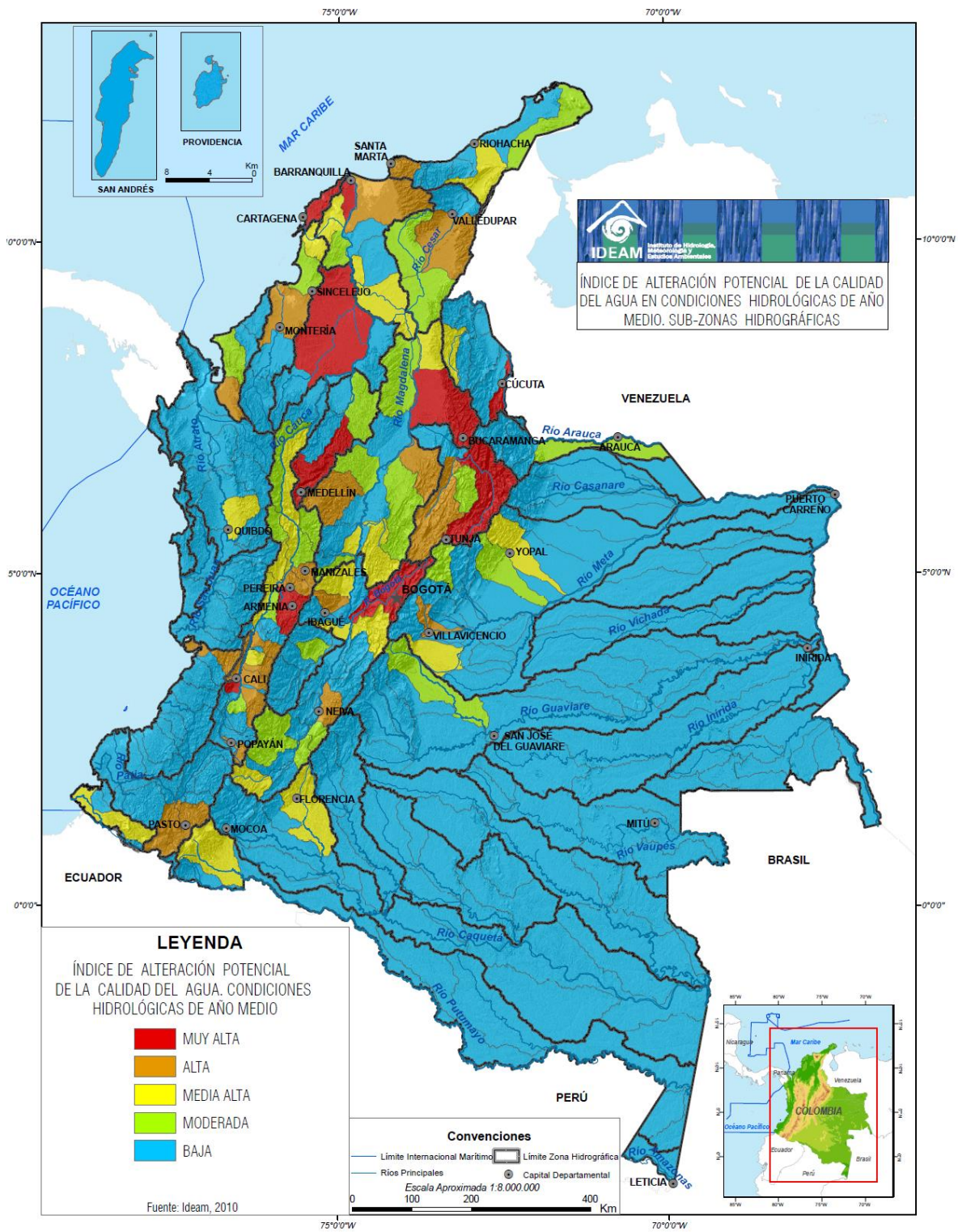


## Anexo 4 Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento de agua






## Anexo 5 Índice de amenaza potencial por afectación a la calidad del agua



Anexo 6 Encuesta

		<b>SALUD AMBIENTAL EN EL DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO</b>					
		<b>Nombre del proyecto:</b> Gestión integral del recurso hídrico, en el contexto salud ambiental caso río Mulato					
		<b>Encuesta: Estrategias salud ambiental</b>					
Estrategias Salud ambiental	1	2	3	4	5	NS/NR	Encuestado
Articulación interinstitucional							<input type="radio"/> Secretaría departamental de Agricultura y Medio Ambiente <input type="radio"/> Corpoamazonia <input type="radio"/> Aguas Mocoa <input type="radio"/> Oficina PIC Mocoa
Alianzas entre los sectores público y privado							
Atención Primaria en Salud Ambiental APSA							
Promoción social y comunitaria del consumo responsable							
Educación en Salud Ambiental							
La Estrategia de Entornos Saludables							
Gestión Integral del Recurso Hídrico de forma intersectorial							
Mejoramiento de vivienda							
Planes de Acción Intersectoriales de Entornos Saludables PAIES.							
Promoción de tecnologías alternativas para potabilización y suministro de agua para consumo humano							
Políticas interinstitucionales e intersectoriales, para impactar determinantes sociales, ambientales y sanitarios							

		<b>SALUD AMBIENTAL EN EL DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO</b>					
		<b>Nombre del proyecto:</b> Gestión integral del recurso hídrico, en el contexto salud ambiental caso río Mulato					
		<b>Encuesta: Metas salud ambiental</b>					
<b>Metas Salud ambiental</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>NS/NR</b>	<b>Encuestados</b>
Espacios de gestión intersectorial en Salud ambiental							<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Secretaría departamental de Agricultura y Medio Ambiente</li> <li>○ Corpoamazonia</li> <li>○ Aguas Mocoa</li> <li>○ Oficina PIC Mocoa</li> </ul>
Competencias del talento humano							
Fortalecimiento de las instituciones							
Salud ambiental en los PDT y POT.							
Programa orientado al suministro del agua apta para consumo humano							
Mapas de riesgo y vigilancia de la calidad del agua para consumo humano							
reducción del riesgo sanitario encontrado							
Estudios de la carga ambiental de la enfermedad							