

**METODOLOGÍAS ESPECÍFICAS DE SEGUIMIENTO EN EL CÁLCULO DEL
ÍNDICE DE GESTIÓN HÍDRICA PARA LA GOBERNANZA DEL AGUA EN
CUENCAS RURALES**

ING. JUAN DIEGO HERNANDEZ TORRES

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE POSGRADOS

TUNJA

2020

**METODOLOGÍAS ESPECÍFICAS DE SEGUIMIENTO EN EL CÁLCULO DEL
ÍNDICE DE GESTIÓN HÍDRICA PARA LA GOBERNANZA DEL AGUA EN
CUENCAS RURALES**

ING. JUAN DIEGO HERNANDEZ TORRES

Trabajo de grado presentado como requisito para obtener el título de Magister en
Ingeniería Civil con énfasis en Hidroambiental

Director: PhD. MSc. Ing. Carlos Andrés Caro Camargo

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE POSGRADOS

TUNJA

2020

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Tunja, 3 mayo 2021

El presente trabajo es dedicado al ángel que desde el cielo intercede por mí ante Dios y quien me dio fuerza para culminar este proceso de formación, a su memoria y con el infinito agradecimiento por todo lo que hizo en vida por mí y lo que su espíritu sigue ofreciéndome, esto es para Cecy.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi absoluto agradecimiento a mis abuelos a quienes les debo lo que soy y todo lo que quiero ser, por sus enseñanzas y apoyo infaltable, a mi madre por su inigualable sacrificio para poder estar donde estoy, por su amor y entrega para mi desarrollo personal; a mis hermanas, mi padre y mis tías porque son un pilar fundamental en mi vida y siempre que miro hacia algún costado hay uno de ellos ahí, luchando a mi lado.

De igual forma agradezco a mi novia y amigos por su apoyo continuo y constantes manifestaciones de acompañamiento, quienes con sus generosos comentarios de ánimo me convencieron de no desfallecer en la consecución de esta meta

Por último, pero no menos importante, a mi alma mater la Universidad Santo Tomás y los docentes del programa cursado especialmente al director de la presente investigación Ing. Carlos Caro y su semillero de investigación SHWR, por su conocimiento, dedicación, confianza ante mis ideas y rigor para el desarrollo del proyecto.

Pero sobre todo doy gracias a Dios por todas las bendiciones que ha puesto en mi vida, esta es una más de ellas y es gracias a su voluntad.

TABLA DE CONTENIDOS

	pág.
INTRODUCCIÓN	17
1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	20
2 JUSTIFICACIÓN	21
3 OBJETIVOS	22
3.1 OBJETIVO GENERAL	22
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
4 ESTADO DEL ARTE	23
5 DISEÑO METODOLÓGICO	44
6 DISEÑO DE LAS METODOLOGIAS	46
6.1 MANTENIMIENTO A LA INFRAESTRUCTURA (MI)	48
6.2 EFECTIVIDAD EN GESTIÓN HÍDRICA GENERAL (EGH)	54
6.2.1 Saneamiento (Sa).	55

6.2.2	Demanda de Agua (Da).	58
6.2.3	Acceso al Agua (Wa).	63
6.2.4	Calidad del Agua (Ca).	65
6.2.5	Atención a Fugas en el Sistema Implementado (Af).	69
6.3	VULNERABILIDAD HÍDRICA (VH)	72
6.4	RIESGO (RI)	75
6.5	ESTRÉS HIDRICO (EH)	78
6.6	HUELLA DE AGUA (HA)	81
6.7	AUTOSUFICIENCIA DEL AGUA (AUA)	85
6.8	PROGRAMAS DE USO Y AHORRO EFICIENTE DEL AGUA (UAH)	87
6.9	BIODIVERSIDAD (BD)	90
6.10	EFICIENCIA MEDIO AMBIENTAL (EMA)	93
6.11	EFICIENCIA TRATAMIENTO RESIDUAL (ETR)	97
6.12	ATRACTIVO (A)	99
6.13	CAPITAL HUMANO (CH)	103

6.14 PARTICIPACIÓN MEDIDA DEL PUBLICO (PP)	106
6.15 EFICIENCIA ECONOMICA (EEC)	108
6.16 ADAPTABILIDAD AL CAMBIO CLIMATICO (ACC)	110
6.17 CALIDAD DE LA INFORMACION (CI)	112
6.18 CONTROL DE LA CORRUPCIÓN (CC)	115
7 IDENTIFICACIÓN, AGRUPACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS INDICADORES POR CONTENIDOS TEMÁTICOS.	117
7.1 INDICADORES DE CARÁCTER TÉCNICO	117
7.2 INDICADORES DE GOBERNANZA Y ECONOMIA	118
7.3 INDICADORES DE AMBIENTE Y SOCIEDAD	119
8 IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS INDICADORES SEGÚN CARÁCTER DE EVALUACIÓN O DESARROLLO.	120
9 INFORMACIÓN REQUERIDA	122
9.1 INFORMACIÓN ADMINISTRACIÓN MUNICIPAL	122
9.2 INFORMACIÓN ADMINISTRACIÓN SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ABASTECIMIENTO	125

9.3	INFORMACION DE SITIOS DONDE SE DESARROLLAN ACTIVIDADES DE ECOTURISMO CON INCIDENCIA DIRECTA EN FUENTES HÍDRICAS.	129
10	LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN	131
11	CASO DE ESTUDIO	132
11.1	MOTAVITA MI	133
11.2	MOTAVITA EGH	134
11.2.1	MOTAVITA Sa	134
11.2.2	MOTAVITA Da	135
11.2.3	MOTAVITA Wa	136
11.2.4	MOTAVITA Ca	137
11.2.5	MOTAVITA Af	137
11.3	MOTAVITA VH	138
11.4	MOTAVITA RI	138
11.5	MOTAVITA EH	139
11.6	MOTAVITA HA	139

11.7	MOTAVITA AUA	140
11.8	MOTAVITA UAH	140
11.9	MOTAVITA BD	140
11.10	MOTAVITA EMA	141
11.11	MOTAVITA ETR	141
11.12	MOTAVITA A	142
11.13	MOTAVITA CH	142
11.14	MOTAVITA PP	142
11.15	MOTAVITA ECC	143
11.16	MOTAVITA ACC	143
11.17	MOTAVITA CI	144
11.18	MOTAVITA CC	144
12	ANÁLISIS DE RESULTADOS	146
13	RECOMENDACIONES AL MUNICIPIO DE MOTAVITA	162

13.1 ACTUALIZACIÓN DEL ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL (CORTO Y MEDIANO PLAZO):	162
13.2 CALIBRACIÓN DE LOS SISTEMAS DE MICROMEDICIÓN (CORTO PLAZO)	163
13.3 IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE MACROMEDICIÓN	163
13.4 DIAGNÓSTICO Y MEJORAS DE LOS SISTEMAS DE ACUEDUCTO Y ABASTECIMIENTO	163
13.4.1 Diagnóstico del estado de las estructuras de los sistemas de acueducto y abastecimiento (corto plazo).	164
13.4.2 Ampliación de la cobertura de Agua Potable al límite de las concesiones actuales (corto y mediano plazo).	164
13.4.3 Obtención de la demanda de agua y potencialización de los sistemas existentes y/o construcción de los nuevos sistemas (mediano y largo plazo).	165
13.4.4 Diagnóstico y Potencialización de las PTAP (corto, mediano y largo plazo).	165
13.4.5 Ejecución de las obras referentes a las concesiones dadas en fuentes alternas para los desabastecimientos que sufre el municipio (mediano y largo plazo).	165
13.5 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES SANITARIAS	166
13.6 CREACIÓN DE PLANES DE ACCIÓN	167

13.7	MANEJO DE PATRONES Y ESTADÍSTICAS DE CONSUMO DE AGUA	167
13.8	IMPLEMENTACIÓN DEL PUEA	168
13.9	BIODIVERSIDAD	168
13.10	COMPENSACIONES AMBIENTALES Y PLANES DE SEGUIMIENTO	169
13.11	EFICIENCIA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL	169
13.12	ECOTURISMO	170
13.13	MEJORAS ADMINISTRATIVAS DENTRO DE SERVIMOTAVITA	170
13.14	ANÁLISIS DE INUNDABILIDAD	171
13.15	ELABORACIÓN DEL CATASTRO DE REDES	172
13.16	CONTROL DE LA CORRUPCIÓN	173
14	CONCLUSIONES	174
	BIBLIOGRAFÍA	177
	BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARÍA	185

LISTA DE TABLAS

	pág
Tabla 1. Compendio de metodologías	46
Tabla 2. Criterios Generales	47
Tabla 3. Criterios Específicos	47
Tabla 4. Evaluación MI.	52
Tabla 5. Evaluación Sa.	57
Tabla 6. Dotación neta máxima	59
Tabla 7. Evaluación Da.	62
Tabla 8. Evaluación Wa.	65
Tabla 9. Evaluación Ca.	68
Tabla 10. Evaluación Af.	70
Tabla 11. Evaluación VH	74
Tabla 12. Evaluación RI	77
Tabla 13. Evaluación EH	80
Tabla 14. Evaluación HA	83

Tabla 15. Evaluación AUA	86
Tabla 16. Evaluación UAH	89
Tabla 17. Evaluación BD	92
Tabla 18. Evaluación EMA	95
Tabla 19. Evaluación ETR	98
Tabla 20. Evaluación A	102
Tabla 21. Evaluación CH	105
Tabla 22. Evaluación PP	107
Tabla 23. Evaluación EEC	109
Tabla 24. Evaluación ACC	111
Tabla 25. Evaluación CI	114
Tabla 26. Evaluación CC	116
Tabla 27. Carácter de Evaluación o Desarrollo de Indicadores	120
Tabla 28. Información Administración Municipal	123
Tabla 29. Información Administración Municipal	126
Tabla 30. Información Actividades de Ecoturismo	130

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Diagrama de flujo del proceso para la solicitud de Permiso de concesión de Aguas.	31
Figura 2. Diagrama de flujo Diseño Metodológico.	45
Figura 3. Ubicación de municipios con cuencas rurales a analizar.	132
Figura 4. GWI Motavita	145
Figura 5. Usos de Suelo, Municipio de Motavita	155
Figura 6. Biodiversidad y amenazas, Boyacá vs Motavita	156

RESUMEN

El proyecto desarrolló el diseño de las metodologías para evaluación de 18 indicadores de gestión hídrica definidas dentro del Protocolo para el Seguimiento de la Gobernanza del Agua en Cuencas Rurales, y posterior análisis, mediante métodos integrados de análisis literario y encuesta/entrevista, materializados en una investigación exhaustiva de las buenas prácticas, y experiencias a nivel mundial en referencia a la evaluación de la gobernanza y mercado del agua y su aplicación a las políticas gubernamentales de gestión integrada del recurso hídrico, teniendo en cuenta también los procedimientos, prácticas y leyes aplicadas en Colombia.

De esta forma se realizó una identificación, agrupación y clasificación de los 18 indicadores según su naturaleza y en función de su enfoque, para luego definir metodologías tanto prácticas como teóricas para la obtención de los 18 indicadores del índice de gestión hídrica para la gobernanza del agua en cuencas rurales. Finalmente se logró consolidar y definir de forma clara cada una de las metodologías para el cálculo de los 18 indicadores del índice de gestión hídrica para la gobernanza del agua en cuencas rurales, para realizar la aplicación a 1 municipio de la región; con lo que se identificaron las causas y acciones particulares a seguir para mejorar la gestión hídrica integral del caso de estudio dentro del corto, mediano y largo plazo

Gestión del recurso hídrico, gobernanza del agua, indicadores de evaluación, disponibilidad del agua.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático afecta directamente al desarrollo integral de la humanidad dada su interacción directa con el recurso hídrico, generando que actualmente se desarrollen bastantes estudios que puedan cuantificar el recurso hídrico y predecir las tasas de decrecimiento del mismo basándose en modelos hidrológicos de alta resolución (Caro, 2017), entendiendo que el planeta está dispuesto en 70% de agua del cual tan solo el 2.5% configura el agua dulce y tan solo el 0.4% es aprovechable por el ser humano (Segrelles, 2007) además del crecimiento poblacional desaforado en algunas partes del mundo ha generado escenarios delimitados donde se presenta escases del recurso como en los países de medio oriente y áfrica semiárida (Brown, 2013), abriendo la puerta para presentar articulaciones coherentes entre los avances científicos y el desarrollo de políticas gubernamentales direccionadas hacia la gestión donde se planteen planes de reestructuración de las divisiones geoeconómicas, buscando garantías en la senda del desarrollo sostenible (Caro, 2017).

Latinoamérica tiene la tasa más alta disponible de agua dulce por persona en la tierra (Banco Mundial, 2008) y de la misma forma presenta desabastecimiento en algunos países y ciudades lo que configura un problema de desigualdad considerable, cuenta con dos de las cuencas hidrográficas más grandes del planeta (Rio Amazonas y Rio de la Plata), pero las comunidades vulnerables luchan por la no privatización del recurso y por una adecuada distribución enmarcada dentro de políticas gubernamentales equitativas (Fernández, 2009), donde países como México tienen en cifras rojas los índices de oferta subterránea, a raíz del crecimiento poblacional y uso agrícola desaforado; diferente a países como Uruguay, Paraguay, Argentina y Brasil que albergan una de las más grandes reservas de agua subterránea del mundo (Caro, 2017) así pues el término de “escasez de agua” en Latinoamérica no está descrito por inexistencia del recurso, es decir por problemas de oferta hídrica, si no que delimita un problema relacionado con la disponibilidad

del recurso y dadas las condiciones singulares se convierte Colombia en un punto de estudio válido para el análisis de la Gobernanza del agua.

La interacción dada entre la escasez, disponibilidad y cambio climático; lleva a la creación de una ruta que permita la adecuada gestión integral del recurso hídrico (Caro, 2017), la relación de las interacciones socioeconómicas y ambientales a nivel de cuenca por medio de planes de manejo integrados y de decisiones regulatorias definen el Manejo Integrado de Cuencas Hídricas (UNESCO, 2009), es decir no sólo basta con tener modelos teóricos y físicos que intentan describir de forma física, espacial y temporal los procesos que ocurren dentro de las cuencas hidrográficas, también se necesitan buenas prácticas ambientales que proporcionan la inserción de modelos integrales de manejo donde la labor de las instituciones enfocadas al Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas llega a ser fundamental para materializar reformas a los gobiernos de carácter institucional, administrativo y financiero, que enmarquen un sendero hacia la creación de reglamentaciones específicas, autoridades competentes y organizaciones para cada cuenca hidrográfica (Caro, 2017).

En los últimos 20 años se han establecido una serie de metodologías en función de evaluar el nivel de sostenibilidad de cuencas hidrográficas bien sea rurales o urbanas, como las “Ciudades azules” (Blue Cities), El Índice de Tendencias y Presiones (Trends and pressures Index), El Índice de ciudades verdes europeas (European Green Cities index) entre otras, y se han desarrollado en función de la determinación de indicadores que permiten identificar los puntos críticos dentro de la gestión del recurso hídrico, actualmente el Protocolo para Seguimiento del Gobernanza del Agua en cuencas Rurales realiza un análisis a las evaluaciones y estudios enunciados y a otros más donde se analiza la gobernanza del recurso hídrico y extrae un común denominador de los indicadores que arrojan estimaciones directas a la gestión integral de los recursos hídricos con la obtención final de una calificación cuantitativa denominada el Índice de Gestión Hídrica para Cuencas Rurales GWI (Caro, 2017).. Este protocolo abarca 18 indicadores de carácter

cuantitativo y cualitativo las cuales carecen de metodologías medibles para su cuantificación y posterior aplicación al protocolo, de tal forma que el fundamento de esta investigación es el diseño de dichas metodologías basándose en las buenas prácticas, y experiencias a nivel mundial en referencia a la evaluación de la gobernanza y mercado del agua y su aplicación a las políticas gubernamentales de gestión integrada del recurso hídrico, teniendo en cuenta también los procedimientos, prácticas y leyes aplicadas en Colombia y su aplicación a un caso de estudio.

1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Colombia no cuenta con un elemento administrativo o académico articulado que proporcione mediciones reales en cuanto a la gestión integral de los recursos hídricos, teniendo en cuenta la riqueza en fuentes de agua superficial y el gran volumen potencial de agua subterránea, ubicadas dentro del territorio nacional, es necesario que se generen elementos de evaluación enfocados al análisis de la disponibilidad y manejo al recurso hídrico. Dichos elementos deben obtener una visión integrada desde las políticas y voluntades estatales hasta las proyecciones al uso sostenible del agua. Amen a lo anterior existe la necesidad de implementar el Protocolo para Seguimiento del Gobernanza del Agua en cuencas Rurales y por ende definir las metodologías de evaluación de sus 18 indicadores, además de su materialización en una fase que experimental que permita calibrar dichas metodologías en función de la realidad de los manejos dados al recurso hídrico en el país, con lo que permita identificar las causas de las practicas no sostenibles del agua, sus planes de acción en el corto, mediano y largo plazo; con resultados generales que adopten criterios técnicos suficientes para la adecuada toma de decisiones y maximización de recursos económicos en la gobernanza del agua.

2 JUSTIFICACIÓN

En los países latinoamericanos el término de “escasez de agua” no está descrito por inexistencia del recurso, es decir por problemas de oferta hídrica, si no que delimita un problema relacionado con la disponibilidad del recurso, de tal forma que los estudios técnicos con los que calculan y encuentran caudales, y se analiza los comportamientos climatológicos de las cuencas deben estar concebidos desde planes integrales que aseguren coherencia en la oferta con la disponibilidad del recurso hídrico. Dicho esto, se debe establecer una línea de trabajo mancomunado donde se integren políticas gubernamentales, la voluntad estatal y un plan de acción que logre unir el desarrollo político con el desarrollo científico. Es importante entender que Colombia no tiene problemas de escasez por oferta del recurso hídrico, sino que el punto neurálgico es la disponibilidad dada por malas prácticas políticas que no dan garantías suficientes de un uso sostenible del agua (Caro, 2017) evidenciado en las malas decisiones que conducen a la inversión ineficiente de recursos económicos para generar alternativas de uso y manejo sostenible del recurso hídrico.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Análisis y definición de estrategias para la implantación de metodologías con miras a la obtención de los indicadores del índice GWI.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificación, agrupación y clasificación de los indicadores por contenidos temáticos.
- Definición y consolidación de metodologías prácticas y teoricas para la obtención de los 18 indicadores del índice GWI.
- Aplicación de las metodologías diseñadas a un caso de estudio de Colombia según el Protocolo para seguimiento de la gobernanza del agua en cuencas rurales.
- Cálculo del Índice de Gestión Hídrica en Cuencas Rurales en el caso de estudio.

4 ESTADO DEL ARTE

En la actualidad el fenómeno del cambio climático ha despertado la preocupación sobre el uso eficiente y racional del recurso hídrico y teniendo en cuenta que en Latinoamérica se presentan situaciones muy singulares, se convierte Colombia como un punto de estudio válido para el análisis de la Gobernanza del agua. Por otro lado, recientemente se han desarrollado una gran cantidad de investigaciones en términos de cantidad del recurso, así como proyecciones a partir de modelos hidrológicos de alta resolución; sin embargo, estos adelantos enmarcados dentro del punto tecnológico no presentan una articulación coherente con el desarrollo de las políticas gubernamentales direccionadas hacia la gestión del recurso hídrico (Caro, 2017).

Cabe resaltar que la superficie del planeta está compuesta por un 70% de agua, pero sólo el 2,5% constituye agua dulce, del cual tan sólo el 0,4% es aprovechable por el ser humano (Segrelles, 2007) lo que ratifica el valor de las políticas enfocadas al recurso hídrico. Otro factor determinante que ha afectado la crisis por escasez de agua en el planeta es el alarmante crecimiento poblacional, evidenciados en países de Medio Oriente y el África Semiárida (Brown, 2013), lo que ha generado que en los últimos años se planteen planes de restructuración de las divisiones geo-económicas, buscando garantías de desarrollo sostenible (Caro, 2017).

Latinoamérica alberga la tasa más alta de disponibilidad de agua dulce por persona en el plantea (Banco Mundial, 2008) y paradójicamente presenta también desabastecimiento en algunos sectores que de manera directa afectan comunidades que luchan por la no privatización del recurso y por una adecuada distribución enmarcada dentro de políticas gubernamentales equitativas (Fernández, 2009).

La distribución de la disponibilidad del agua dulce en Latinoamérica también es un factor que describe una desigualdad considerable, entendiendo que países como

México tienen en cifras rojas los índices de oferta subterránea, esto generado por un crecimiento poblacional y uso agrícola desaforado; caso opuesto en países como Uruguay, Paraguay, Argentina y Brasil una de las más grandes reservas de agua subterránea del mundo (Caro, 2017).

América Latina tiene dos de las cuencas hidrográficas más grandes del planeta (Rio Amazonas y Rio de la Plata), donde es posible identificar que, traducido a términos de cantidad, Brasil alberga el 53% del recurso hídrico de América del Sur y el 14% del recurso hídrico del mundo; a su vez Venezuela, Colombia, Chile, Bolivia y Argentina son países ricos en agua con índices entre 10.000m³ y 100.000m³ de agua per cápita anual (Malvezzi, 2006).

Actualmente una serie de situaciones negativas se vienen evidenciando en el balance hídrico del planeta generadas por el fenómeno del cambio climático y por ende con repercusiones en las obras construidas por el ser humano en función del recurso hídrico, tales como estructuras de almacenamiento, regulación y distribución de caudales, que proporcionan soluciones directas a la prestación de servicios de agua potable, saneamiento básico, usos industriales y agropecuarios (Aguilar, 2010); de tal forma que en cuencas urbanas densamente pobladas, la intensidad de las lluvias han llegado a exceder la capacidad de sus sistemas de drenaje y el tratamiento de sus aguas residuales. Otra de las consecuencias se ha manifestado en las zonas costeras donde el aumento del nivel del mar llevará a la salinización de los acuíferos costeros. En el mismo sentido el incremento en la magnitud de los caudales superficiales ha creado riesgo directo a las poblaciones aledañas ubicadas cerca o dentro de las zonas inundables de los cauces que configuran los drenajes; contrariamente el fenómeno del cambio climático puede mostrar reducción en la oferta del recurso hídrico, lo que corresponderá a la migración rural hacia las zonas urbanas, sobrepasando la capacidad de los sistemas, dificultades en su funcionamiento y problemas de cobertura institucional de las entidades responsables de dichos sistemas (Caro, 2017), esta deficiencia en

la disponibilidad del recurso hídrico podría causar problemáticas de carácter social dentro los usuarios, conllevando posibles conflictos (Aguilar, 2010).

La interacción dada entre la escasez, disponibilidad y cambio climático; lleva a la creación de una ruta que permita la adecuada gestión integral del recurso hídrico (Caro, 2017), de esta forma que siempre se ha tenido como unidad territorial básica a las cuencas hidrográficas (BID, 2010), sin embargo estas divisiones no siempre coinciden con las divisiones políticas que definen países, departamentos, estados, ciudades, municipios etc.; en otras palabras una cuenca puede estar ubicada en su inicio dentro de un país y su finalización en otro, lo que debería dar conciencia en el uso del recurso, toda vez que el uso por la población ubicada al comienzo de la cuenca podría perjudicar a las poblaciones que usan el agua al final de la cuenca (Caro, 2017).

La relación de las interacciones socioeconómicas y ambientales a nivel de cuenca por medio de planes de manejo integrados y de decisiones regulatorias definen el Manejo Integrado de Cuencas Hídricas (UNESCO, 2009), por consiguiente que no sólo basta con tener modelos teóricos y físicos, también se necesitan buenas prácticas ambientales que proporcionan la inserción de modelos integrales de manejo; tal como en los últimos años se han realizado modelos hidrológicos, hidráulicos y geológicos que intentan describir de forma física, espacial y temporal los procesos que ocurren dentro de la cuencas hidrográficas específicamente a través de sistemas de información geográfica, con dichos modelos se intenta predecir las diferentes reacciones de las cuencas ante eventos críticos, analizando la incertidumbre y evaluando desde la calidad del recurso hídrico, comportamiento hidráulico, entre otros, Convirtiéndose en una herramienta muy útil para la toma de decisiones de adecuado manejo de las cuencas (Caro, 2017). Para desarrollar modelos de alta resolución, existe limitaciones dadas por la falta de información o mala calidad de los datos con los que se cuentan, usualmente también hay dificultades para poder cuantificar la incertidumbre de los modelos, específicamente

en la proyección de las predicciones en las respuestas ante los eventos del cambio climático (UNESCO, 2009).

Por otro lado, la labor de las instituciones enfocadas al Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas llega a ser fundamental, desde la primera conferencia sobre agua realizada por las Naciones Unidas en Mar del Plata en el año 1.977, se tiene la sugerencia de materializar reformas a los gobiernos de carácter institucional, administrativo y financiero, que enmarquen un sendero hacia la creación de reglamentaciones específicas, autoridades competentes y organizaciones para cada cuenca hidrográfica (Dourojeanni, 2008). Estas labores no se han implementado en la totalidad de los países del planeta, sin embargo, Chile fue el primer país en modificar su código de Aguas en 1.981, seguido de México en 1.992 con la creación de Concejos de Cuenca, Colombia en 1.993 y Brasil en 1.997, este último con la creación de comités de agua y agencias del Agua (Caro, 2017).

En los últimos 20 años se han establecido una serie de metodologías en función de evaluar el nivel de sostenibilidad de cuencas hidrográficas bien sea rurales o urbanas, esto se ha elaborado mediante la determinación de indicadores que permiten identificar los puntos críticos dentro de la gestión del recurso hídrico para enfocar herramientas que ayuden a encaminar las mejores decisiones en pro del desarrollo sostenible del agua en las cuencas objeto de evaluación (Caro, 2017).

Una de las metodologías enmarcada por las Blue Cities que hacen referencia a la contextualización de ciudades ideales, establece 24 indicadores plasmados en el “informe azul” (Blue Print), este último es el reporte que permite la comparación de diferentes cuencas urbanas que proporciona control para mantener mejoras continuas en cada uno de los indicadores analizados y criterios reales para la optimización de las decisiones. La evaluación de cada indicador es una metodología diferente a las demás, tales como el metabolismo urbano, la huella hídrica, etc, estos indicadores se encuentran dentro de 8 subgrupos que muestran a grandes rasgos la protección al recurso hídrico enfocada dentro del cálculo de la huella del hídrica, calidad del recurso teniendo en cuenta las aguas superficiales y

subterráneas, la valoración de la disponibilidad del agua potable y cubrimiento de saneamiento básico, la infraestructura con la que se cuenta para proporcionar los servicios, robustez climática, biodiversidad de la cuenca y su gobernanza (Van Leeuwen, 2013). Los indicadores son evaluados por agentes oficiales dándole un valor numérico de 1 a 10 y finalmente mediante la media aritmética de los 24 indicadores, se establece el Blue Cities Index, que refleja una vista estática de la situación analizada de la cuenca objeto de estudio (Caro, 2017).

El “índice de tendencias y presiones” (Trends and pressures Index) consiste en la evaluación en materia de agua de 18 indicadores (incluidos subindicadores) que están divididos en 3 categorías: presión social, presión ambiental y presión financiera; La primera de ellas evalúa la Taza de Urbanización (en función del porcentaje de crecimiento de la población, bien sea por nacimientos o migraciones), Carga por Enfermedad (enfocada a la relación entre el estado de salud actual de la población evaluada y una situación ideal donde todas las personas viven hasta la vejez libres de enfermedades), Tasa de Educación (porcentaje de infantes con educación primaria terminada), inestabilidad política y ausencia de violencia (probabilidad que el gobierno se desestabilice o sea derrocado mediante violencia o terrorismo); la segunda evalúa la escasez de agua dulce (incluye fuentes de aguas superficiales y subterráneas), Escasez de agua subterránea (relación porcentual del agua subterránea extraída con el agua subterránea anual de recarga), salinización e intrusión de agua salada a acuíferos (probabilidad de intrusión del agua de mar y salinización según reportes en las poblaciones costeras), riesgo de inundación visto desde inundación de drenaje urbano (riesgo de inundación por lluvias intensivas), aumento del nivel del mar (medida en las poblaciones vulnerables costeras debido al aumento del nivel del mar), descargas pico del río (inundaciones dadas por aumentos de niveles de ríos), riesgo de inundación por hundimiento (condiciones topográficas y geológicas), calidad de agua evaluada desde la calidad de agua superficial (características fisicoquímicas y microbiológicas de la fuente superficial), biodiversidad (estado ecológico de la fuente), riesgo de calor (predicción de

severidad de efectos por isla de calor en la salud humana), presión económica (relación entre el producto interno bruto por persona), tasa de desempleo (relación de personas sin empleo con la población total), tasa de pobreza (relación entre número de personas cuyos ingresos diarios están por debajo de la línea de la pobreza con la población total) e inflación (porcentaje de inflación por año) (Indicators of the Trends and Pressures Framework, 2017).

El “índice de ciudades verdes europeas” (European Green City index) es una investigación realizada por la Unidad de Inteligencia Económica (EIU) en búsqueda de encaminar la atención en el problema actual de la sostenibilidad ambiental urbana mediante la creación de una herramienta única que ayuda a las ciudades a comparar su desempeño y compartir las mejores prácticas (Siemens AG, 2012). Esta metodología abarca 8 categorías, evalúa 30 indicadores de carácter cualitativo y cuantitativo; las categorías que enmarca son CO₂ (evaluando emisiones, intensidad y estrategias de reducción), Energía (consumo de energía, intensidad, consumo de energía renovables y políticas de energía limpia y eficiente), Construcciones (consumo de energía por edificaciones residenciales, Iniciativas de edificios energéticamente eficientes y Normas de edificios energéticamente eficientes), Transporte (Uso de transporte diferente al automóvil, Tamaño de la red de transporte diferente al automóvil, Promoción del transporte verde y Políticas de reducción de congestión), Agua (Consumo de agua, Fugas del sistema de agua, Tratamiento de aguas residuales y Políticas de eficiencia y tratamiento del agua), Residuos y Uso de Suelo (Producción de desechos municipales, Reciclaje de residuos, Reducción de desechos y políticas y Políticas verdes de uso de la tierra), Calidad del Aire (Dióxido de nitrógeno, Ozono, Material particular, Dióxido de azufre y Políticas de aire limpio) y Gobernanza Ambiental (Plan de acción verde, Administración verde y Participación pública en política verde) (Siemens AG, 2009).

El Protocolo para Seguimiento del Gobernanza del Agua en cuencas Rurales realiza un análisis a las evaluaciones y estudios enunciados y a otros más donde se analiza la gobernanza del recurso hídrico y extrae un común denominador de los

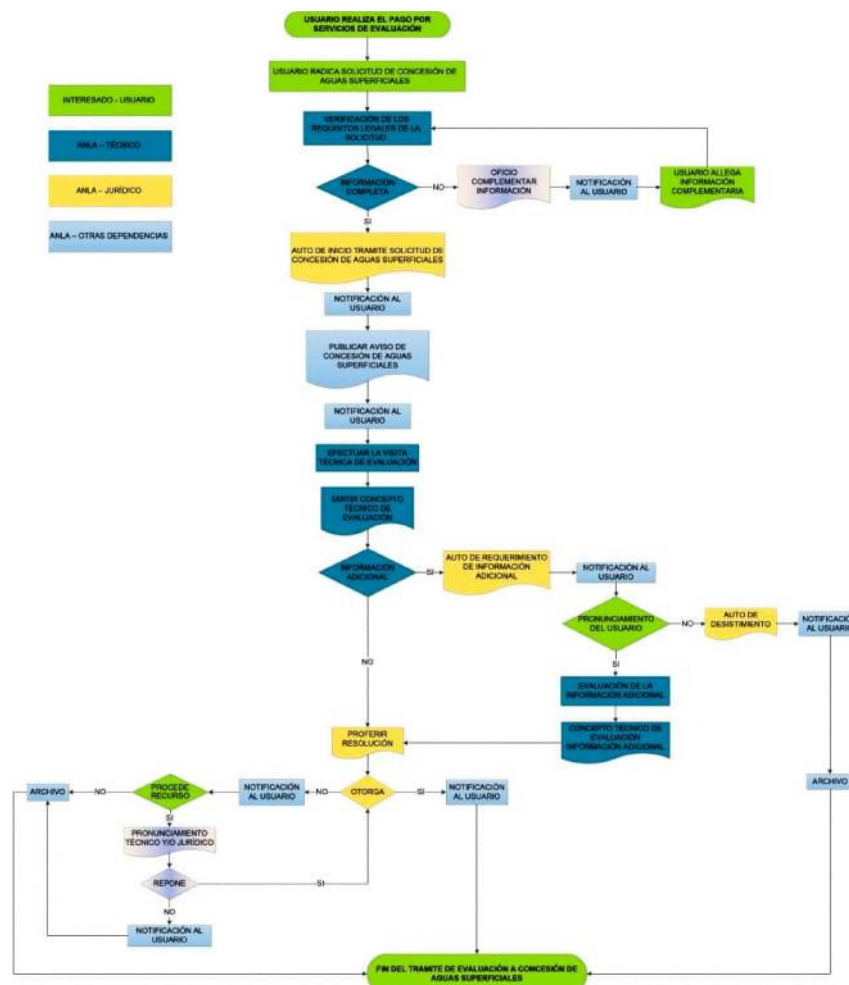
indicadores que arrojan estimaciones directas a la gestión integral de los recursos hídricos. Este protocolo abarca 18 indicadores de carácter cuantitativo y cualitativo dentro de los que se encuentran: Mantenimiento a la Infraestructura (estado de los sistemas de abastecimiento de agua potable, mantenimiento y operación), Efectividad en Gestión Hídrica General (población con acceso a agua potable, calidad del agua potable y programas ante fugas en el sistema), Vulnerabilidad hídrica (contingencia ante posibles desabastecimientos de agua potable), Riesgo (fuentes de captación alternas y/o de emergencia), Estrés Hídrico (afectación de la demanda del recurso sobre la oferta), Huella de Agua (volumen total de agua dulce que se utiliza para producir los bienes y servicios del área de influencia), Autosuficiencia del Agua (agua necesaria está disponible y tomada desde el propio territorio), Programas de Uso y Ahorro eficiente del Agua (medidas para uso adecuado del recurso hídrico), Biodiversidad (condiciones ecológicas estables del área de influencia de la fuente a pesar de la intervención antrópica), Eficiencia Medio Ambiental (Compensaciones ambientales en las zonas de influencia directa del cuerpo hídrico del cual se deriva el recurso), Eficiencia de Tratamiento Residual (porcentaje de aguas residuales tratadas, y planes implementados en fuentes contaminantes), Atractivo (calidad del paisaje rural medido por el sentimiento de la comunidad dentro del área rural), Capital Humano (personal requerido para la óptima operatividad del sistema de abastecimiento), Participación medida del público (opinión de quienes se benefician del suministro del recurso), Eficiencia Económica (recaudo realizado para la totalidad de los usuarios), Adaptabilidad al cambio climático (verificación si el sistema de derivación y abastecimiento cuenta con la capacidad hidráulica adecuada para las condiciones críticas), Calidad de la información y del sistema de gestión del conocimiento (archivos y registros de los planes de cumplimiento establecidos por la autoridad ambiental, como un sistema de información en el cual se determinen la cantidad de usuarios y la demanda requerida por los mismos) y Control de la corrupción (investigaciones de los entes de control cuyo objeto sea enmarcado dentro del manejo del recurso hídrico.)

resaltando que estos indicadores carecen de metodologías medibles para su cuantificación y posterior aplicación al protocolo (Caro, 2017).

El primer indicador del Protocolo para Seguimiento del Gobernanza del Agua se titula 1.MANTENIMIENTO A LA INFRAESTRUCTURA, se ha utilizado en la Blue Cities Index para la evaluación del tiempo de creación de la infraestructura de los sistemas de recolección y distribución de aguas residuales, midiendo así el compromiso con el mantenimiento y reemplazo regular del sistema; su metodología compara básicamente la edad del sistema con una edad máxima arbitraria de 60 años en la mayoría de los casos o de 100 años en algunos análisis, de tal forma que para un sistema con un tiempo menos de 10 años de construido se otorga una puntuación máxima, ya que los sistemas más jóvenes generalmente están bien mantenidos; de forma opuesta si los sistemas tienen un tiempo de construcción mayor a 60 años y no han tenido mantenimientos ni repotencializaciones tendrían una puntuación de 0. Sin embargo, este indicador dentro del PSGA tiene por alcance la evaluación del cumplimiento de todas las consideraciones de rigor técnico establecidas en la resolución de otorgamiento de la concesión de aguas según el capítulo III del decreto 1076 de 2015 expedido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, frente a las condiciones hidráulicas de la estructura, como también las debidas calibraciones de los sistemas de medición a fin de evitar se propicien perdidas en el sistema.

En el siguiente diagrama de flujo se resume el trámite necesario para la solicitud de concesión de aguas de fuentes tanto superficial como subterránea según la agencia nacional de licencias ambientales:

Figura 1. Diagrama de flujo del proceso para la solicitud de Permiso de concesión de Aguas.



Fuente: (Concesión de Aguas Anla, s.f.).

El indicador numero dos es 2. EFECTIVIDAD EN GESTION HIDRICA GENERAL, el cual evalúa la gestión hídrica desde 5 parámetros diferentes:

- 2.1 Saneamiento: En prácticas como la Blue Cities Índice y el Environmental Performance Índice se busca una medida del porcentaje de la población cubierta por la recolección aguas residuales y tratamiento (Hsu 2016), dando una puntuación de baja en el indicador cuando el porcentaje es bajo. Su

evaluación dentro del PSGA va encaminado únicamente a estimar el porcentaje de las personas en riesgo frente a la exposición a un saneamiento deficiente teniendo en cuenta que según el informe de la Organización Mundial de la Salud y la UNICEF en el mundo 2,4 mil millones de personas carecen de acceso a saneamiento y dentro nuestro país la cobertura de saneamiento básico en zonas urbanas pasó de un 93% a 97% en el periodo 1.990 a 2.015 y que aún se reporta un 3% de la población con condiciones de saneamiento básico deficiente; en el área rural, la cobertura de saneamiento básico pasó de 45% a 74% en el mismo periodo; quedando en situación de deficiencia un 26% de la población. A nivel nacional la cobertura pasó de 78% a 91% (Rodríguez, García, and García 2016),

- 2.2 Demanda del Agua: La evaluación de la demanda del recurso hídrico se ha realizado desde diferente ópticas, por ejemplo en el departamento de Boyacá se enfoca en la operación de los sistemas de abastecimiento que son oficiales, revisando el caudal y uso otorgados mediante la concesión de aguas generada por la corporación ambiental y comparando con el caudal que están captando en la realidad, adicionalmente cada concesionario debe reportar el número de suscriptores y los caudales reales consumidos por los mismos, a través de la medición, sin reportar datos teóricos de consumo, y de la misma forma deben presentar análisis de calidad de agua reciente de las fuentes abastecedoras (Corpoboyacá, 2007). Dentro del PSGA la evaluación de este parámetro está enfocada para la verificación de la cantidad de agua otorgada por la autoridad Ambiental competente sea acorde con la cantidad de personas y su respectiva proyección de población más las pérdidas del sistema (si las hay) y la población flotante del sector.
- 2.3 Acceso al Agua: Su cuantificación dentro de la Blue Cities Index se ha desarrollado al calcular el porcentaje de la población con acceso a agua potable dando una puntuación de indicador baja cuando el porcentaje es bajo. En este subindicador para el PSGA está direccionado en el mismo modo de evaluación descrito teniendo en cuenta el porcentaje total de la

población de la región que tiene acceso a una fuente mejorada de agua potable y la ejecución de alternativas de obtención de la totalidad del acceso al agua potable por la población.

- 2.4 Calidad del Agua: Dentro de las buenas prácticas a nivel mundial, la creación de este parámetro ha estado dirigida hacia la medida del nivel de cumplimiento con las regulaciones locales enfocadas a la calidad de agua para el consumo humano, dando una puntuación de indicador más baja cuando el cumplimiento es más bajo. Para el PSGA el efecto de la evaluación de este parámetro se ceñirá al cumplimiento del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano IRCA que determina la calidad del agua y potencial uso para consumo, teniendo en cuenta la ocurrencia de enfermedades relacionadas con las características físicas, químicas y microbiológicas del agua según la Resolución 0330 de 2.017 expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio y la Resolución 2115 de 2.007 expedida por el Ministerio de la Protección Social y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en cuanto a valor y frecuencia de los reportes.

- 2.5 Atención a Fugas en el Sistema Implementado: La evaluación de este parámetro en prácticas como la Blue Cities Index, constituye una medida del porcentaje de agua perdida en el sistema de distribución de los acueductos debido a fugas, lo que generalmente describe un sistema de distribución al que se le ha realizado un mantenimiento deficiente y / o un sistema que alcanzo su vida útil, el PSGA abarca su evaluación en función de evaluar la implementación de planes de acción inmediata frente a las posibles fugas que puede llegar a presentar el sistema a fin de evitar desperdicios.

El tercer indicador del PSGA lleva por nombre 3.VULNERABILIDAD HIDRICA, su raíz dentro de las buenas prácticas mundiales como la Blue Cities Index, está relacionado con planes de gestión y medidas de acción, cuantificando la aplicación

del concepto de Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) en la ciudad, generada desde la autoevaluación de los compromisos locales y regionales a la infraestructura y el diseño adaptativos y multifuncionales para la GIRH, con evidencias de la magnitud de ejecución de los planes de acción y los compromisos reales de las autoridades locales o los servicios públicos, dichas evidencias se basan en información de fuentes públicas estatales; donde se otorga una puntuación de indicador más baja cuando los planes y las acciones son limitados. Dentro del PSGA este indicador será evaluado desde el establecimiento de un plan de contingencia frente a las eventualidades que se presentan en caso de falencias en el sistema de abastecimiento a fin de garantizar siempre el suministro del recurso a la población suscrita del acueducto.

El cuarto indicador es 4. RIESGO en función del desabastecimiento de los sistemas de acueducto, el cual dentro de las buenas prácticas implementadas a nivel mundial se ha calificado desde el nivel de acción tomado para adaptarse a las amenazas del cambio climático, dando un puntaje más bajo cuando las acciones o compromisos son más limitados lo cual muestra de manera muy general el comportamiento del sistema. Dentro el PSGA se busca verificar las medidas frente a un posible desabasteciendo de la fuente a la cual se deriva el sistema, esto en cuanto a inventario de fuentes alternas y otros puntos de los cuales se pueda implementar un sistema de captación de emergencia.

El indicador número cinco es 5. ESTRÉS HIDRICO cuyo concepto ha sido introducido en la gestión integral del recurso hídrico por la hidróloga sueca Malin Falkenmark (Gardner-Outlaw & Engelman, 1997), ha sido determinado por la Blue Cities Index teniendo en cuenta el consumo de agua potable promedio anual per cápita, asignado una puntuación de indicador más baja cuando el volumen por persona es mayor, con el consumo autorizado según lo define la Asociación Internacional del Agua (IWA) el cual es el volumen total de agua medida durante el período de evaluación (BCI: 1 año), tomado por usuarios registrados, por proveedores de agua u otras personas que están autorizadas directa o

indirectamente para hacerlo; para fines residenciales, comerciales, industriales o públicos, en relación con la población de la ciudad; de tal forma que para el PSGA se realiza la cuantificación entendiendo la circunstancia cuando la demanda del recurso hídrico afecta la oferta considerando que existe estrés hídrico cuando se tienen usos domésticos anuales por persona entre 1.000m³ y 1.700m³, teniendo en cuenta el índice de estrés hídrico de Falkenmark, considera que un país o una determinada región experimenta estrés hídrico, cuando los suministros anuales de agua caen bajo los 1.700 metros cúbicos por persona por año. Si el nivel se encuentra entre 1.700 y 1.000 metros cúbicos por persona por año, se prevé una escasez de agua limitada o periódica (Díaz et al., 2015).

En el número 6 se encuentra el indicador HUELLA DE AGUA el cual es un parámetro de carácter ambiental que ha sido ampliamente estudiado en el mundo con el que se busca determinar el volumen total de agua necesario para la generación de servicios y bienes, de tal forma que para su estimación es necesario contar con un inventario de procesos humanos que se llevan a cabo en el territorio, que tienen relación directa con sectores económicos como lo son el sector agropecuario, doméstico, industrial, minero, entre otros (CTA 2013), dentro del PSGA se tendrá cuenta este parámetro como la estimación del volumen total de agua dulce que se utiliza para producir los bienes y servicios del área de influencia en relación a las exigencias de uso doméstico requeridas en la región es decir debe prevalecer el consumo de agua dulce frente a alguna otra actividad.

7. Autosuficiencia del Agua es el siguiente indicador, el cual se puede relacionar con la valoración del área verde y azul planteado por la Blue Cities Index; en donde calculan la parte del área verde (vegetación) y azul (espejos de agua y corrientes superficiales) pero desde el enfoque de contraste del efecto de isla de calor en las áreas urbanas, sin embargo obtienen relación toda vez que el cálculo de las áreas azules dentro del territorio muestran las posibles fuentes superficiales de agua para la población; sin embargo para el PSGA la autosuficiencia será adecuada si toda el recurso hídrico necesaria para la población está disponible y es tomado desde el

propio territorio, es decir se convierte en una característica geográfica de ubicación de las fuentes de abastecimiento.

El indicador número 8. Programas de uso y ahorro eficiente del agua PUEAA, entendiendo que el mal uso del recurso hídrico de manera desaforada a nivel mundial es hoy por hoy una de las problemáticas ambientales más grandes del planeta, tal y como se expone a lo largo del presente proyecto, por ende las buenas prácticas y reglamentaciones enfocadas a garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, desde la conciencia del recurso como finito y vulnerable, en mayor proporción en ciertas partes del mundo, deben estar encaminadas desde la gestión participativa donde exista la relación usuarios, administradores y los responsables del recurso; para Colombia dichos elementos normativos han tenido su génesis desde el año 1.997 con la expedición de la ley 373 del mismo año, por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua desde el compendio de proyectos y acciones a implementar los usuarios del recurso hídrico para el uso eficiente del agua, cobijando entre otros, la cuantificación y caracterización de la demanda del recurso por parte de los diferentes usuarios, el análisis de los hábitos de consumo en pro de optimizar su uso y la articulación de prácticas que permitan favorecer la sostenibilidad general del recurso y el medio ambiente; en el mismo año se expidió el decreto 3102 de 2.017 por el cual se reglamenta el artículo 15 de la Ley 373 de 1.997 en relación con la instalación de equipos, sistemas e implementos de bajo consumo de agua. Para el año 2.010 el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial publicó la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico con la que se estipulan objetivos y estrategias para el manejo del recurso hídrico en el país, la cual establece como principio 6 “Ahorro y uso eficiente: el agua dulce se considera un recurso escaso y por lo tanto, su uso será racional y se basará en el ahorro y uso eficiente” (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020), adicionalmente el Decreto 3570 de 2.011, artículo 18 numeral 2, se establece como responsabilidad de la Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible dirigir las

acciones destinadas a velar por la gestión integral del recurso hídrico, a fin de promover la conservación y el aprovechamiento sostenible del agua. Dentro del PSGA este indicador tendrá en cuenta las disposiciones normativas mencionadas dentro del territorio nacional, desde la determinación de las medidas para uso adecuado del recurso hídrico mediante la implementación del PUEA, el cual debe estar debidamente aprobado por la autoridad ambiental.

El indicador número 9. BIODIVERSIDAD ha sido evaluado desde varios puntos de vista según la necesidad de su cuantificación, por ejemplo la Blue Cities Index tiene en cuenta el espacio verde, en lo que hace referencia a la parte del área verde y azul que es esencial para combatir el efecto de isla de calor en las áreas urbanas, otros estudios han abarcado este parámetro teniendo en cuenta datos recopilados en el sitio de estudio de los tipos particulares de plantas y elementos tipo vegetal (Team, S. F.) u otras mucho más específicas donde cuantifican la biodiversidad y paisaje según la evolución de la fragmentación de los hábitats prioritarios, la evolución de la conectividad entre los hábitats prioritarios, la evolución de las poblaciones de las especies indicadoras y la evolución de la alteración de los paisajes indicadores (Bereziartua, 2003); dentro del PSGA este parámetro busca identificar si se presentan las condiciones ecológicas estables del área de influencia de la fuente a pesar de la intervención antrópica es decir se busca definir la situación ecológica con respecto a las condiciones medio ambientales de biodiversidad, en este caso se evalúa en antes y el ahora después de las obras hidráulicas ejecutadas.

En el número 10. Se encuentra el indicador EFICIENCIA MEDIO AMBIENTAL, el cual ha tenido estudios desde diferentes esferas y por varias instituciones dentro de las cuales se pueden destacar en 1.996 la Comisión de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sustentable con una lista de 134 indicadores de desarrollo sustentable relacionados con la Agenda 21, con puntos de evaluación desde lo económico, social, institucional y ambiental, sintetizado a un sistema de 57 indicadores publicado en 2.001, en el 2.003 la Organización Mundial de la Salud

creo indicadores ambientales y de salud para el monitoreo en países de la Unión Europea junto con una propuesta de 45 indicadores, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico genero propuestas de indicadores ambientales con el desarrollo continuo desde 1991 para seguimiento de actividades como la agricultura y su relación con el ambiente entre otros (Perevochtchikova, 1992), sin embargo el PSGA este indicador busca evaluar las compensaciones ambientales en las zonas de influencia directa del cuerpo hídrico del cual se deriva el recurso desde la compensación forestal que plante la Autoridad Ambiental frente al caudal que se deriva y el control al cumplimiento del plan de establecimiento y mantenimiento de los árboles a compensar.

El indicador número 11. EFICIENCIA DE TRATAMIENTO RESIDUAL ha sido tratado por la European Green City Índex como Políticas de eficiencia y tratamiento del agua, como indicador cualitativo, de la exhaustividad de las medidas para mejorar la eficiencia del uso del agua y el tratamiento de las aguas residuales, donde a grandes rasgos se verificaban la proporción de los elementos contaminantes de las aguas residuales (European Green City Index, 2009), para el PSGA con este parámetro se busca identificar la ejecución y cumplimiento de los planes de saneamiento y manejo de vertimientos PSMV, por ende del conjunto de programas, proyectos y actividades necesarias para avanzar en el saneamiento y tratamiento de los vertimientos de aguas residuales, incluyendo la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de las aguas generadas por el uso y consumo dentro del territorio, teniendo en cuenta la resolución 1433 de 2.004 expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; y si se cuenta con planta de tratamiento de agua residual la verificación del cumplimiento de todas las disposiciones del permiso de vertimientos otorgado por la autoridad ambiental competente según el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiental 1076 de 2.015. Es importante mencionar que la existencia de los PSMV tiene como propósito fundamental avanzar en forma realista y concreta en el saneamiento y tratamiento de los vertimientos de las aguas residuales domésticas, contribuyendo así a la

descontaminación de las fuentes de agua receptoras, además de la definición del conjunto de programas, proyectos y actividades, con sus respectivos cronogramas e inversiones, que se deben desarrollar para lograrlo. La priorización de programas, proyectos y actividades se realizará siguiendo los criterios que para tal efecto establece el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico y su horizonte de planificación es de 10 años; finalmente debe ser aprobado por la autoridad ambiental competente, quien además le hará control y seguimiento.

En el número 12 se encuentra el indicador denominado ATRACTIVO, dentro de algunas de las buenas prácticas de evaluación de sostenibilidad de ciudades configura una medida de cómo las características de las aguas superficiales están contribuyendo al atractivo de la ciudad y al bienestar de sus habitantes, dándole una puntuación más baja en el indicador donde el "atractivo" es menor, en otras palabras ciudades que atraen a muchos turistas por el recurso hídrico; de tal forma que se han generado encuestas que intentan medir como el agua superficial está apoyando la calidad del paisaje urbano según lo medido por el sentimiento y bienestar de la comunidad dentro de la ciudad (Koop y Van Leeuwen, 2016). El PSGA enfoca este indicador al cuantificar en qué medida el agua apoya la calidad del paisaje rural teniendo en cuenta que dentro del territorio nacional se cuenta con una geografía rica en escenarios naturales que se desarrollan desde fuentes hídricas, por ende se han creado zonas de reserva y parques nacionales; además de más sitios de interés generados por la existencia y uso del recurso hídrico superficial; el indicador será medido por la explotación turística responsable y sostenible, dentro la actividad denominada ecoturismo, definida por la ley 330 de 1.996 como aquella forma de turismo especializado y dirigido que se desarrolla en áreas con un atractivo natural especial y se enmarca dentro de los parámetros del desarrollo humano sostenible (Congreso de la república, 1996), entendiendo áreas con un atractivo natural especial, aquellas que conservan una muestra de un ecosistema natural, entendido como la unidad funcional compuesta de elementos bióticos y abióticos que ha evolucionado naturalmente y mantiene la estructura, composición, dinámica y

funciones ecológicas características del mismo y cuyas condiciones constituyen un atractivo especial (Ministerio de Ambiente, 1993); es decir para el cálculo del presente indicador, parques nacionales naturales, reservas naturales, áreas naturales únicas, santuarios de fauna y flora, o sitios donde se realicen actividades de senderismo, torrentismo, navegación, buceo, balnearios, avistamiento de especies o cualquier otra actividad turística que tenga influencia en cualquier fuente de recurso hídrico.

El número 13. CAPITAL HUMANO dentro de las prácticas que han sido revisadas, en general evalúa en términos de empleados y servicios donde dichos empleados laboran, el número de empleados necesarios en un sistema depende en gran medida de las características del propio sistema o de sus elementos internos, por ende han desarrollado análisis de indicadores más detallados que permiten un análisis más profundo de cómo el personal es repartido, haciendo análisis desde el número de trabajadores en relación por acometida o por agua producida y también número de trabajadores en función de la organización del sistema de abastecimiento es decir relaciones porcentuales en cuanto a tasa de trabajadores en áreas administrativas, operativas, técnicas etc. de los sistemas de abastecimiento (Alegre et al., 2018). Para el PSGA este indicador analiza el personal requerido para la óptima operatividad del sistema de abastecimiento y acueducto desde su captación hasta las acometidas domiciliarias.

El indicador número 14. PARTICIPACIÓN MEDIDA DEL PÚBLICO la han enfocado en función de medir la proporción de personas involucradas o que realizan trabajo no remunerado, dentro del PSGA se apunta a tener mediciones de este indicador respecto a la determinación de la participación de los usuarios evidenciadas en reuniones o asambleas suficientes para la socialización de las políticas establecidas por los estatutos de la administración de los sistemas de abastecimiento y acueducto y/o alcantarillado.

15. EFICIENCIA ECONOMICA ha sido calculado según el índice urbano de servicios de servicio del ciclo del agua desde la garantía de sostenibilidad económica de los sistemas de abastecimiento, acueducto y alcantarillado, es decir desde el punto de vista de suministro de agua potable y alcantarillado tanto pluvial como sanitario (Alegre, Cabrera Jr., Hein & Brattebø, 2012). Dentro del PSGA se busca abarcar este indicador teniendo en cuenta la facturación mensual de los servicios de abastecimiento, acueducto y/o alcantarillado acorde con el recaudo realizado para la totalidad de los usuarios.

El indicador número 16. ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO, la evaluación de este indicador también ha sido realizada desde diferentes perspectivas a nivel mundial, desde estudios climáticos previos a escala nacional, continental y global con una cuantificación destinada principalmente a determinar el alcance y la escala potenciales del clima y los impactos para justificar las medidas de mitigación, dentro de ello se han medido las fuerzas de vulnerabilidad que pueden incluir urbanización, degradación ambiental, tensión étnica y conflicto (Eriksen and Kelly 2007); o por fases como en el estudio denominado “Vulnerabilidad al cambio climático: Dificultades en el uso de indicadores en dos cuencas de Colombia y Argentina” donde se tienen en cuenta 3 fases, la primera evalúa las vulnerabilidades pasadas, presentes y futuras del clima, la agricultura y los recursos naturales a partir de escenarios, modelo y pronósticos, la segunda analiza de las vulnerabilidades de las comunidades con datos socioeconómicos secundarios de encuestas sobre las exposiciones a los riesgos, las sensibilidades y estrategias de adaptación de productores rurales incluyendo el papel de las instituciones en la adaptabilidad; la tercera desarrolla indicadores de vulnerabilidad para construir un índice integrando los dos primeros planos (Mussetta et al. 2017). Sin embargo una evaluación de este parámetro enfocada a la gestión integral del recurso hídrico la realiza la Blue Cities Index, que mide el nivel de acción tomada para adaptarse a las amenazas del cambio climático otorgando un puntaje más bajo cuando las acciones o compromisos son más limitados, dichas acciones son enfocadas a la protección de

los ciudadanos contra las inundaciones y la escasez de agua relacionadas con el cambio climático como por ejemplo, techos verdes, recolección de agua de lluvia, planes de seguridad, etc (Koop and Van Leeuwen 2016); de tal forma que dentro del PSGA la afectación por desabastecimiento de las fuentes ya ha sido tomada en cuenta dentro de un indicador anterior, de tal forma que esta evaluación tendrá en cuenta la gestión integral del recurso hídrico en cuanto a adaptación al cambio climático para eventos de inundación.

En el número 17 se encuentra CALIDAD DE LA INFORMACIÓN Y DEL SISTEMA DE GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO según el Urban Water Cycle Services Index se ha cuantificado con base en autoevaluaciones de las administraciones de los sistemas de abastecimiento acueducto y alcantarillado, en función de la verificación a los procesos que garantizan la idoneidad y suficiencia de la información que existe además de la que se recopila, para la toma de decisiones. (Alegre, Cabrera Jr., Hein & Brattebø, 2012). De la misma forma el PSGA busca evaluar la suficiencia de los sistemas de información en el cual se determinen la cantidad de usuarios y la demanda requerida por los mismos, especificaciones técnicas del servicio según condiciones reales de campo; como también registros de las condiciones de los sistemas de abastecimiento, acueducto y alcantarillado.

El último indicador es 18. Control de la Corrupción, el cual en el indicadores de gobernanza mundial mide las percepciones en que el poder público se ejerce para beneficio privado mediante la opinión de los ciudadanos, intentando mostrar el favorecimiento de estado a las élites y los intereses privados; mediante encuestas ajustadas estadísticamente por el modelo de componentes no observados (Kaufmann & Kraay, 2018), para el PSGA se busca que este indicador involucre a la Procuraduría General de la Nación, la Contraloría General de la Republica y la Fiscalía General de la Nación, quienes en el territorio nacional son los entes de control del servicio público, si bien es cierto las administraciones municipales, las empresas de servicios públicos y las asociaciones de los acueductos, son vigilados por dichos entes y de tener denuncias por anomalías y efectos de corrupción, mal

inversión de fondos, entre otros; se inician investigaciones con sanciones disciplinarias, económicas y penales. De tal forma que se cuantifican las investigaciones de cada ente cuyo objeto sea enmarcado dentro del manejo del recurso hídrico, es decir investigaciones de tipo disciplinario (a conductas en contra de la ley y funciones propias del servicio público referentes al recurso hídrico), de tipo fiscal (investigaciones que tengan que ver con el recurso hídrico en la ejecución de obras de infraestructura de los sistemas de abastecimiento, acueducto, alcantarillado y tratamiento de aguas tanto potable como residual) y finalmente investigaciones de tipo penal (investigaciones y procesos jurídicos a funcionarios encargados del manejo del recurso hídrico).

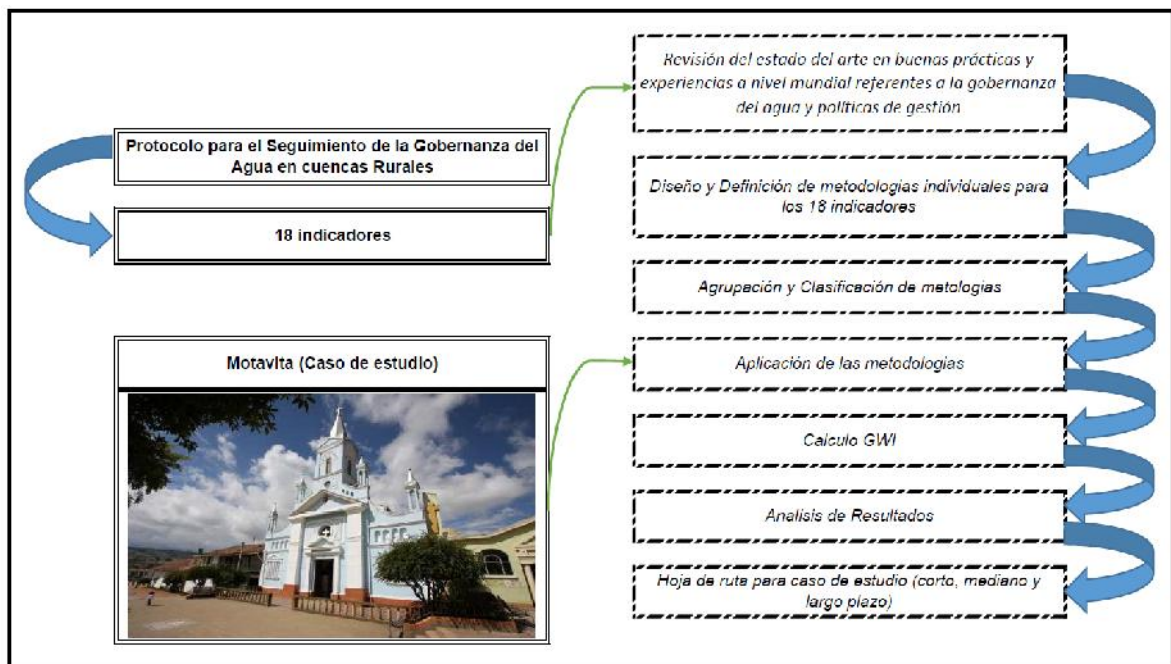
5 DISEÑO METODOLÓGICO

El desarrollo del proyecto inicia con la revisión del estado del arte, la Identificación, agrupación y clasificación de los indicadores por contenidos temáticos, donde se buscan las tendencias en buenas prácticas y experiencias a nivel mundial referentes a la gobernanza del agua y políticas de gestión, en función de los 18 indicadores definidos por el Protocolo para el Seguimiento de la Gobernanza del Agua. Una vez realizada la revisión se genera el compendio de las prácticas usadas en otros países, para a partir de las mismas y con la naturaleza del funcionamiento gubernamental nacional, poder diseñar cada una de las 18 metodologías. Dichas metodologías son definidas individualmente junto con los criterios de evaluación general e individual para cada indicador.

Definidas las 18 metodologías y los criterios de evaluación se procede a aplicarlas a un caso de estudio. En este punto es importante aclarar que las divisiones políticas que conforman países, departamentos o municipios, en la mayoría de los casos no coinciden con la divisoria de aguas límite de las cuencas hidrográficas, por tal motivo, la gobernanza del agua en una cuenca hidrográfica debe ser evaluada a cada una de las divisiones políticas que se encuentran dentro de las mismas, es decir que en la cuenca hidrográfica la evaluación de las metodologías deberá realizarse a los municipios que la conforman, lo que permitirá evaluar el comportamiento de la gobernanza del agua de la cuenca. Si bien es cierto el Protocolo para el Seguimiento de la Gobernanza del Agua en Cuencas Rurales tiene su razón de ser en los desarrollos, planes y ejecuciones de los gobiernos suscritos a una cuenca, por lo cual la información y los datos necesarios para aplicarlas metodologías deben ser información oficial emitida de cada una de las Administraciones Municipales, donde inicialmente se realizarán revisiones bibliográficas a documentos de planes de desarrollo, ordenamiento territorial y entrevistas para el levantamiento de la información suficiente.

Una vez adquirida la información necesaria se procede a realizar la aplicación de las 18 metodologías diseñadas, según los parámetros de evaluación establecidos, obteniendo cuantitativamente valores numéricos para cada indicador y de esta forma poder calcular el Índice de Gestión Hídrica en Cuencas Rurales. Seguido a ello se realiza un análisis cuantitativo y cualitativo de los resultados de las metodologías y de los índices calculados para el caso de estudio, para finalmente tener una visión general del manejo integral del recurso hídrico del municipio y poder establecer hojas de ruta para cada municipio, en función de mejorar y control su gestión y gobernabilidad del recurso hídrico.

Figura 2. Diagrama de flujo Diseño Metodológico.



6 DISEÑO DE LAS METODOLOGÍAS

Una vez realizada la revisión del estado del arte en cuanto a las metodologías y experiencias exitosas a nivel mundial referentes a los 18 indicadores a medir del Protocolo para el Seguimiento de la Gobernanza del Agua PSGA en cuencas rurales, se realiza el compendio de la información de la Tabla 1.

Tabla 1. Compendio de metodologías

Ítem	ID	Indicadores
1	MI	Mantenimiento a la Infraestructura
2	EGH	Efectividad en Gestión Hídrica General
3	VH	Vulnerabilidad Hídrica
4	RI	Riesgo
5	EH	Estrés hídrico
6	HA	Huella de agua
7	AUA	Autosuficiencia del agua
8	UAH	Programas de uso y ahorro eficiente del agua
9	BD	Biodiversidad
10	EMA	Eficiencia medioambiental
11	ETR	Eficiencia de Tratamiento Residual
12	A	Atractivo
13	CH	Capital humano
14	PP	Participación medida del público
15	ECC	Eficiencia económica
16	ACC	Adaptabilidad al cambio climático
17	CI	Calidad de la información y del sistema de gestión del conocimiento
18	CC	Control de la Corrupción

Los criterios generales y específicos son tomados de la Blue Cities Índice, la cual valora cada indicador de 0 a 10 reflejando el grado de cumplimiento en cada uno según la metodología, siendo 0 la calificación más baja evidenciando total incumplimiento y 10 la calificación más alta evidenciando total cumplimiento. Su justificación se debe evidenciar según la realidad de la gestión integral del recurso hídrico en los municipios

El Protocolo para el Seguimiento de la Gobernanza del Agua define como criterios generales lo estipulado en la Tabla 2

Tabla 2. Criterios Generales

Criterio	Ponderación
0-5	No sostenible
6-8	Medianamente sostenible
9-10	Sostenible

Fuente: Caro, 2017.

Y manera individual para cada indicador los mencionados en la tabla 3.

Tabla 3. Criterios Específicos

Criterio	Evaluación
0	No cumple
2	Da inicio de planeación de la actividad
4	Culmina la parte operativa de la planeación

Tabla 3. (Continuación)

6	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución
8	Ejecuta la actividad parcialmente
10	Cumple

Fuente: Caro, 2017.

A partir de lo cual se definen las metodologías para la evaluación de cada uno de los 18 indicadores.

6.1 MANTENIMIENTO A LA INFRAESTRUCTURA (MI)

Para realizar la evaluación de este indicador se necesita contar con el inventario de los sistemas de abastecimiento y acueductos que captan y distribuyen agua potable dentro del municipio, de tal forma se realizará la evaluación para cada sistema. Finalmente se calcula el indicador para el municipio teniendo en cuenta el promedio aritmético de la evaluación de todos los sistemas de abastecimiento y acueducto del municipio.

$$M_T = \frac{\sum_{i=1}^N M_i}{N}$$

Donde:

MI_i = Valor de MI individual de cada sistema de abastecimiento y acueducto

N = Número de sistemas de abastecimiento y acueducto.

Para evaluar el MI de cada sistema de abastecimiento y acueducto se debe realizar el siguiente procedimiento:

- Solicitar la concesión de aguas a la administración del sistema en el que se verificará su existencia y el tiempo de la concesión, si el sistema no cuenta con resolución aprobatoria de concesión o si vigencia esta caducada tendrá puntuación cero (0).
- Si el sistema no cuenta con la resolución aprobatoria de concesión, se verificará que la administración del sistema haya dado inicio a la elaboración de estudios y diseños necesarios para la obtención de la concesión. Si cuenta con el 25% o menos de los requisitos técnicos para su obtención tendrá puntuación uno (1), si cuenta con el 25% al 50% de los requisitos técnicos para su obtención tendrá puntuación de dos (2), si cuenta con el 50% al 75% de los requisitos técnicos para su obtención tendrá puntuación de tres (3) y si cuenta con el 100% de los requisitos técnicos para su obtención, pero no la resolución aprobatoria de concesión de agua tendrá puntuación de cuatro (4).
- Los requisitos técnicos necesarios para obtener la concesión de aguas de fuentes superficiales son:
 - a) Nombre y localización de la fuente de donde se pretende hacer la derivación, o donde se desea usar el agua.
 - b) Nombre del predio o predios, municipios o comunidades que se van a beneficia, señalando en este último caso su ubicación.
 - c) Información sobre la destinación que se le dará al agua.

d) Cantidad de agua que se desea utilizar en litros por segundo.

e) Información sobre los sistemas para la captación, derivación, conducción, restitución de sobrantes, distribución y drenaje.

f) Término en el cual se van a realizar las inversiones.

g) Planos y cálculos del diseño del sistema de captación de agua (físico y magnético).

(Concesión de Aguas Superficiales Anla, s.f.)

- Los requisitos técnicos necesarios para obtener la concesión de aguas de fuentes subterráneas son:

a) Información sobre la destinación que se le dará al agua.

b) Término por el cual se solicita la concesión.

c) Cantidad de agua que se desea utilizar en litros por segundo.

d) Municipios y comunidades o personas que se van a beneficiar, señalando en este último caso su ubicación.

e) Descripción de los sistemas que se adoptarán para la captación, derivación, conducción, restitución de sobrantes, distribución y drenaje (físico y magnético)

f) Término en el cual se van a realizar las inversiones.

g) Acto administrativo que otorgó permiso de prospección y exploración de aguas subterráneas.

h) Estudio del diseño definitivo del pozo, que elaboró la firma perforadora.

i) Cartografía con la localización de los puntos de captación.

(Concesión de Aguas Subterráneas Anla, s.f.)

- Se dará Puntuación de cinco (5) si el sistema cuenta con la resolución aprobatoria de concesión de aguas, expedida por la entidad competente y que tenga jurisdicción en el sitio de captación.
- Se debe realizar visita de campo para verificar que las estructuras hidráulicas diseñadas se encuentra construidas. Se dará puntuación de seis (6) si se encuentran construidas la totalidad de las estructuras hidráulicas descritas en la concesión de aguas o en la solicitud de obtención. Si no se han construido la totalidad de las estructuras hidráulicas, se debe dar una puntuación decimal entre cinco (5) y seis (6) porcentual entre las obras ejecutadas y las obras aprobadas necesarias.
- En la misma visita de campo se verificará que las estructuras se encuentran en buen estado, sin colapsos o fallas y de la misma forma que se encuentren en operación. Se dará puntuación de siete (7) si la totalidad de las estructuras hidráulicas construidas y aprobadas en la resolución aprobatoria se encuentran en buen estado y operación. Si la totalidad de las estructuras construidas no se encuentran en buen estado u operación, se debe dar una puntuación decimal entre seis (6) y siete (7) porcentual entre las estructuras en mal estado o no funcionales y las aprobadas necesarias en la resolución de la concesión o su solicitud.

- Con la administración del sistema se investigará si se cuenta con macromedición y micromedición en toda su extensión. Se dará puntuación de ocho (8) si el sistema cuenta con micromedición y macromedición en toda su extensión.
- La administración del sistema informará si se cuenta con certificados de calibración del sistema en los últimos 12 meses. Se dará puntuación de nueve (9) si el sistema de micromedición y macromedición se encuentra calibrado.
- La administración del sistema informará si se cuenta con certificados de calibración del sistema en los últimos 5 años. Se dará puntuación de diez (10) si al sistema de micromedición y macromedición se le han realizado al menos una calibración anual, durante los últimos 5 años.

En la tabla 4 se resumen los criterios y valores de las evaluaciones adoptados para el indicador MI.

Tabla 4. Evaluación MI.

Mantenimiento a la infraestructura	No cumple	Da inicio	Culmina la	Cuenta con el	Ejecuta la	Cumple
		proceso de planeación de la actividad	parte operativa de la planeación	planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución	actividad parcialmente	

Tabla 4. (Continuación)

Se cumple con todas las consideraciones de rigor técnico establecidas en la resolución de otorgamiento de la concesión de aguas frente a las condiciones hidráulicas de la estructura, como también se realizan las debidas calibraciones de los sistemas de medición a fin de evitar se propicien perdidas en el sistema	El sistema no cuenta con concesión de aguas o caduco el tiempo de vigencia de la concesión	Cuenta con los requisitos técnicos (estudios y diseños) necesarios según el decreto 1076 de 2.015 para la obtención de la concesión de aguas	Cuenta con la resolución aprobatoria de concesión de aguas expedida por la autoridad ambiental competente	Se construyen las estructuras hidráulicas descritas en la concesión de aguas o en la solicitud de obtención. Además se encuentran en buen estado y en operación	El sistema cuenta con micromedición y macromedición en toda su extensión, además se encuentra calibrado.	El sistema de macromedición y micromedición cuenta una calibración anual, durante los últimos 5 años.
Evaluación	(0)	(1) Requisitos <25%	(5)	(6)	(8)	(10)
		(2) Requisitos >25%<50%		Construidas 100% de estructuras hidráulicas	Existe micromedición y macromedición	
		(3) Requisitos >50%<75%	Revisado y avalado por la autoridad	(7)	(9)	

Tabla 4. (Continuación)

		(4) Requisitos >75%	ambiental competent e 100%	Las estructuras hidráulicas se encuentran en buen estado y en operación	La macromedición y Micromedición se encuentran calibradas	
--	--	---------------------------	----------------------------------	--	--	--

6.2 EFECTIVIDAD EN GESTIÓN HÍDRICA GENERAL (EGH)

La evaluación de este indicador tendrá cinco subíndices teniendo en cuenta que estudia varias variables y su cálculo se realizará de la siguiente forma

$$E_t = \frac{S + D + W + C + A}{5}$$

Donde:

Sa = Valor de Saneamiento

Da = Valor Demanda de agua

Wa = Valor Acceso al agua

Ca = Valor Calidad del agua

Af = Valor Atención a fugas en el sistema implementado

6.2.1 Saneamiento (Sa). Para el cálculo de este indicador se necesita contar con datos de población que carece de servicio de unidades sanitarias o alcantarillado sanitario en la parte urbana y en la parte rural personas que no tienen unidades sanitarias dentro de sus viviendas y/o no cuentan con soluciones de tratamiento de aguas residuales domesticas en el sitio de origen, además del dato de población del municipio (Si dentro del municipio no se cuenta con censo propio, es posible utilizar información secundaria del DANE o alguna entidad que hay elaborado dicha estimación)

- Se verificará si la Administración Municipal cuenta con censos donde se identifique la población que carece de servicio de unidades sanitarias o alcantarillado sanitario en la parte urbana y en la parte rural personas que no tienen unidades sanitarias dentro de sus viviendas y/o no cuentan con soluciones de tratamiento de aguas residuales domesticas en el sitio de origen (es decir personas en riesgo por saneamiento básico). Si no se cuenta con la identificación del número de personas en riesgo por saneamiento se otorgará un puntaje de cero (0), si la totalidad de la población del municipio cuenta con unidades sanitarias, sistema de alcantarillado en la población urbana y sistemas de tratamiento en el sitio de origen para la población rural, se dará un puntaje de diez (10).
- Si la administración ya inicio algún programa o proyecto para la identificación de la población que presenta riesgo por saneamiento básico (debe diferenciar población rural y población urbana para poder generar soluciones que eliminen el riesgo) se dará puntuación uno (1) si cuenta con el 25% o menos de la ejecución del censo, si cuenta con el 25% al 50% de la ejecución del censo tendrá puntuación de dos (2), si cuenta con el 50% al 75% de la ejecución del censo tendrá puntuación de tres (3) y si cuenta con el 100% de la identificación de personas por riesgo de saneamiento básico tendrá puntuación de cuatro (4).

- Se debe realizar la sumatoria de la población en riesgo tanto rural como urbana y dividirla en la población total, para encontrar el porcentaje de población en riesgo por saneamiento básico de la siguiente forma:

$$\%P_{\text{ón R S n e}} = \left(\frac{P_{\text{R}} + P_{\text{U}}}{P_{\text{T}}} \right) \times 100$$

Donde:

PRR = Población riesgo saneamiento Rural

PRU = Población riesgo saneamiento Urbano

PT = Población Total (sin población flotante)

- Una vez calculado el porcentaje de la población en riesgo se dará puntuación cinco (5) si el porcentaje de la Población Riesgo Saneamiento es mayor al 75%, si se encuentra entre el 75% al 50% tendrá puntuación de seis (6), si se encuentra entre el 50% al 25% tendrá puntuación de siete (7), si se encuentra menor al 25% tendrá puntuación de ocho (8); en el caso que el porcentaje sea cero, tendrá una calificación del diez (10).
- Si se tiene un porcentaje de población en riesgo mayor a cero y el municipio está ejecutando un plan de acción para eliminar el riesgo en la población, tendrá puntuación de nueve (9).

En la tabla 5 se resumen los criterios y valores de las evaluaciones adoptados para el sub indicador Sa.

Tabla 5. Evaluación Sa.

Saneamiento	No cumple	Da inicio proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución	Ejecuta la actividad parcialment e	Cumple
Estimar la proporción de personas en riesgo frente a la exposición a un saneamiento deficiente	No se ha realizado censo de población en riesgo de saneamiento	Se da inicio etapa de la estimación de población e identificación en riesgo	Se determina el total de la población vulnerable y las condiciones de saneamiento	Puesta en marcha de planes de acción hacia la población vulnerable.	Ejecución de obras de saneamiento	Cubrimiento total de saneamiento básico.
Evaluación	0	(1) Identificación <25%	(5)	(7)	(9)	10
		(2) Identificación >25%<50%	% población en riesgo por saneamiento >75%	% población en riesgo por saneamiento entre el 25% y el 50%	Se está ejecutando un plan de acción para eliminar el riesgo de saneamiento en la población	0% de personas en riesgo por saneamiento básico
		(3) Identificación >50%<75%	(6)	(8)		
		(4) Identificación >75%	% población en riesgo por saneamiento entre el 50% y el 70%	% población en riesgo por saneamiento < 25%		

6.2.2 Demanda de Agua (Da). Para el cálculo de este indicador se necesita contar con datos de usuarios o población de diseño cada uno de los sistemas de abastecimiento y acueducto que operan dentro del municipio, el índice de agua no contabilizada y caudal concesionado.

$$D_T = \frac{\sum_{i=1}^N D_i}{N}$$

Donde:

Da_i = Valor de MI individual de cada sistema de abastecimiento y acueducto

N = Número de sistemas de abastecimiento y acueducto.

Para evaluar el Da de cada sistema de abastecimiento y acueducto se debe realizar el siguiente procedimiento:

- Se debe obtener el dato de altitud en metros sobre el nivel del mar de la zona atendida por el sistema, la población de diseño (esta población debe estar calculada bajo proyecciones de población y tiene en cuenta la población flotante) con la administración del sistema, de no contar con dicha información se debe trabajar con el número de suscriptores y se asumirá un número de 4 personas promedio por suscripción.

Con dichos valores se calculará la demanda de agua del sistema de la siguiente forma:

Si se cuenta con el dato de población de diseño:

$$D_{\text{on } S_i} \left(\frac{L}{s} \right) = P_{\text{d } \text{ñu}} \times D_{\text{on } N} \text{ M} \left(\frac{L}{ha} * s \right)$$

Donde:

$P_{\text{diseño}}$ = Población de diseño (Número de personas)

Dotación Neta Máxima = Tabla 6. De la Resolución 0330 de 2017 según altura sobre el nivel del mar de la zona atendida por el sistema. Se debe convertir en ($L / ha * S_i$)

Tabla 6. Dotación neta máxima

Altura promedio sobre el nivel del mar de la zona atendida	Dotación neta máxima ($L/H * Día$)
> 2000m.s.n.m	120
1000 – 2000m.s.n.m	130
< 1000m.s.n.m	140

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

De no contar con el dato de la población de diseño de sistema, se debe investigar con la administración del sistema el número de suscriptores y se calculará la dotación del sistema

$$D \text{ ó } n_{S_i} (L/S) = (N_{S_i} \times 4) \times D \text{ ó } n_{N_M} (L/ha * S)$$

Donde:

$N_{\text{suscriptores}}$ = Número de suscriptores

Dotación Neta Máxima = Tabla 6. De la Resolución 0330 de 2017 según altura sobre el nivel del mar de la zona atendida por el sistema. (Se debe convertir en $L / ha * S_i$).

- Se solicitará el Índice de Agua No Contabilizada IANC a la administración del sistema, de no contar con ello se asumirá el valor máximo permitido por la Comisión de Agua Potable y Saneamiento Básico CRA en la resolución 287 de 2.004 que es del 30%.

Si se cuenta con IANC:

$$D_{i\ s_i} (L/s) = D_{\text{ón}_{s_i}} (L/s) + I_{\text{t}}$$

Si no se cuenta con IANC

$$D_{i\ s_i} (L/s) = D_{\text{ón}_{s_i}} (L/s) + 30\% (C, 2004)$$

- Finalmente se relaciona la demanda del sistema con el caudal concesionado, para obtener el porcentaje de satisfacción de la demanda.

$$\frac{D_{e\ s_i} (L/s)}{Q_{c\ \text{ón}}(L/s)} \times 100$$

Por último, para obtener valores de Da tendrá en cuenta lo siguiente:

- Si se encuentra un valor mayor al 100% quiere decir que la demanda es insatisfecha por la concesión y tendrá un puntaje de cero (0),
- Si se encuentra un valor entre 100% (se dará un valor de uno, 1) y mayor a 80% (se dará un valor de tres, 3), quiere decir que la demanda es satisfecha por la concesión, pero sin proyección de aumento de usuarios, y con necesidad urgente de aumento de caudal concesionado. De tener valores intermedios se debe realizar la interpolación lineal.

- Si se encuentra un valor entre 80% (se dará un valor de cuatro, 4) y mayor a 70% (se dará un valor de cinco, 5), quiere decir que la demanda es satisfecha por la concesión, pero con una baja proyección de aumento de usuarios y con necesidad de aumento de caudal concesionado. De tener valores intermedios se debe realizar la interpolación lineal.
- Si se encuentra un valor entre 70% (se dará un valor de seis, 6) y mayor a 60% (se dará un valor de siete, 7), quiere decir que la demanda es satisfecha por la concesión con media proyección de aumento de usuarios. De tener valores intermedios se debe realizar la interpolación lineal.
- Si se encuentra un valor entre 60% (se dará un valor de ocho, 8) y 40% (se dará un valor de nueve, 9), quiere decir que la demanda es satisfecha por la concesión con proyección de aumento de usuarios. De tener valores intermedios se debe realizar la interpolación lineal.
- Si se encuentra un valor menor a 40% (se dará un valor de diez, 10), quiere decir que la demanda es satisfecha con amplia proyección de aumento de usuarios. De tener valores intermedios se debe realizar la interpolación lineal.

En la tabla 7 se resumen los criterios y valores de las evaluaciones adoptados para el sub indicador Da.

Tabla 7. Evaluación Da.

Demanda de agua	No cumple	Da inicio proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución			Cumple
				Ejecuta la actividad parcialmente			
La Cantidad de agua en L/s otorgada por la autoridad Ambiental competente acorde con la cantidad de personas y su respectiva proyección de población más las pérdidas del sistema (si las hay) para lo cual se debe establecer un inventario de las personas beneficiadas, y la población flotante del sector	La demanda no es satisfecha por la concesión de aguas	Satisfecha la demanda sin proyección de aumento de usuarios, y con necesidad de aumento de caudal concesionado	Satisfecha la demanda con poca proyección de aumento de usuarios	Satisfecha la demanda con media proyección de aumento de usuarios	Satisfecha la demanda con proyección de aumento de usuarios	Satisfecha la demanda con amplia proyección de aumento de usuarios	

Tabla 7. (Continuación)

Evaluación	(0)	(3) >80%	(5) >70%	(7) >60%	(9) 40%	10
	>100%	(1) 100%	(4) 80%	(6) 70%	(8) 60%	<40%

6.2.3 Acceso al Agua (W_a). Para el cálculo de este indicador se necesita contar con datos de población que carece de servicio de agua potable en la parte urbana y en el parte rural discriminado por veredas, o el número de suscriptores de todos los sistemas de abastecimiento y acueducto además del dato de población del municipio (Si dentro del municipio no se cuenta con censo propio, es posible utilizar información secundaria del DANE o alguna entidad que hay elaborado dicha estimación).

Si la administración municipal cuenta con la identificación de las personas que no cuentan con servicio de suministro de agua potable:

$$I_{W_a} = ((P_T - P_{W_a}) / P_T) \times 100$$

Donde:

I_{W_a} = Índice de servicio de suministro de agua potable

P_{W_a} = Población que carece de servicio de suministro de agua potable.

P_{Total} = Población que carece de servicio de suministro de agua potable.

Si no se cuenta con la identificación de las personas que carecen de servicio de suministro de agua potable en el municipio, se puede estimar la población con acceso a agua potable con la sumatoria de suscriptores de todos los sistemas de acueducto y abastecimiento que operan del municipio teniendo en cuenta un número de 4 personas promedio por suscripción.

$$I_{a} = (P_a / P_T) \times 100$$

$$P_a = \left(\sum_{i=1}^N S_i \times 4 \right)$$

Donde:

IW_a = Índice de servicio de suministro de agua potable

P_a = Población que tiene servicio de suministro de agua potable.

P_{Total} = Población que carece de servicio de suministro de agua potable.

Suscriptores i = Suscriptores de cada sistema i

N = Numero de sistemas de abastecimiento y acueducto

- Una vez obtenido el IW_a se dividirá por 10 para la escala de evaluación del PSGA teniendo en cuenta la siguiente tabla en la siguiente tabla

$$W = I_a / 10$$

En la tabla 8 se resumen los criterios y valores de las evaluaciones adoptados para el sub indicador W_a .

Tabla 8. Evaluación Wa.

Acceso al agua	No cumple	Da inicio proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución	Ejecuta la actividad parcialmente	Cumple
Porcentaje total de la población de la región tiene acceso a una fuente mejorada de agua potable	Ninguno tiene acceso al agua potable	Se deben ejecutar alternativas urgentes para el suministro eficiente del recurso	Se deben plantear alternativas para el suministro eficiente del recurso	Se deben ampliar las redes de distribución de los sistemas	Se abarca un porcentaje importante de cubrimiento	Todas las personas cuentan con servicio
% de cobertura del servicio de suministro de agua potable	(0)	(1) 10%	(4) 40%	(6) 60%	(8) 80%	10
	0%	(3) 30%	(5) 50%	(7) 70%	(9) 90%	100%

6.2.4 Calidad del Agua (Ca). Para el cálculo de este indicador se necesita contar con el último reporte mensual del IRCA expedido por la secretaria de salud de departamental de cada sistema de abastecimiento y acueducto que opera dentro del municipio.

El valor de IRCA del municipio será entonces:

$$IRCA_m = \sum_{i=1}^N IRCA_i / N$$

Donde:

IRCA_{municipal} = Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano promedio del municipio

IRCA_i = Último IRCA mensual de cada sistema de abastecimiento y acueducto que opera dentro del municipio expedido por la Secretaría de Salud Departamental.

N = Numero de sistemas de abastecimiento y acueducto

- Si algún sistema no cuenta con cálculo de IRCA_i se asumirá un valor de cero (0)
- Para el cálculo del indicador Ca se tendrá en cuenta:

Si no se cuenta con registros de medición de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de ningún sistema, Ca tendrá un valor de cero (0)

Si el IRCA_{municipal} está entre 100% (tendrá un valor de uno, 1) y mayor a 80% (tendrá un valor de dos, 2) se catalogará que los sistemas prestan agua inviable sanitariamente y se procederá a informar a la Gobernación departamental. De tener valores intermedios se debe realizar la interpolación lineal.

Si el IRCA_{municipal} está entre 80% (tendrá un valor de tres, 3) y mayor a 35% (tendrá un valor de dos, 5) se catalogará que los sistemas prestan agua con riesgo alto, donde se procederá a informar al alcalde municipal, toda vez que

las aguas de suministro de agua potable no son aptas para consumo humano. De tener valores intermedios se debe realizar la interpolación lineal.

Si el IRCA municipal está entre 35% (tendrá un valor de seis, 6) y mayor a 14% (tendrá un valor de siete, 7) se catalogará que los sistemas prestan agua con riesgo medio, donde se precederá a informar al alcalde municipal y a las administraciones de los sistemas, toda vez que las aguas de suministro de agua potable no son aptas para consumo humano. De tener valores intermedios se debe realizar la interpolación lineal.

Si el IRCA municipal está entre 14% (tendrá un valor de ocho, 8) y mayor a 5% (tendrá un valor de nueve, 9) se catalogará que los sistemas prestan agua con riesgo bajo, donde se precederá a informar al alcalde municipal y a las administraciones de los sistemas, toda vez que las aguas de suministro de agua potable no son aptas para consumo humano, susceptibles a mejoramiento. De tener valores intermedios se debe realizar la interpolación lineal.

Por último, si el IRCA municipal tiene un valor menor o igual a 5% (tendrá un valor de diez, 10) se catalogará que los sistemas prestan aguas sin riesgo, aptas para consumo humano, con continuo control y vigilancia.

En la tabla 9 se resumen los criterios y valores de las evaluaciones adoptados para el sub indicador Ca.

Tabla 9. Evaluación Ca.

Calidad de agua	No cumple	Da inicio proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución	Ejecuta la actividad parcialmente	Cumple
Se realiza la Medición del cumplimiento de los parámetros de calidad de agua estipulados en la ley, además de contar con la autorización sanitaria favorable, esto debe ser medido periódicamente	No se realizan mediciones	Informar a Gobernación departamental. No apta para consumo INVIABLES SANITARIAMENTE	Informar al alcalde Municipal. No apta para consumo RIESGO ALTO	Informar al alcalde municipal y a las administraciones de los sistemas. No apta para consumo RIESGO MEDIO	Informar al alcalde municipal y a las administraciones de los sistemas. No apta para consumo susceptible a mejoramiento RIESGO BAJO	SIN RIESGO Apta para consumo humano
IRCA municipal	(0)	(1)	(3)	(6)	(8)	(10)
		100%	80%	35%	14%	
	Ningún sistema cuenta con mediciones	(2)	(5)	(7)	(9)	<=5%
		>80%	>35%	>14%	>5%	

6.2.5 Atención a Fugas en el Sistema Implementado (Af). Para el cálculo de este indicador se verificará la atención e implementación de planes de acción inmediata frente a las posibles fugas que puede llegar a presentar cada uno de los sistemas en sus redes de tuberías a fin de evitar desperdicios.

- El valor de Af del municipio será entonces:

$$A_T = \sum_{i=1}^N A_i / N$$

Donde:

Af_{Total} = Af del municipio

Af_i = Af de cada sistema de abastecimiento y acueducto.

N = Numero de sistemas de abastecimiento y acueducto

Para obtener el valor de Af para cada sistema se tendrá en cuenta:

- Si las fugas del sistema se atienden sin ninguna estrategia técnica de planificación se otorgará un puntaje de cero (0), si se atienden bajo el criterio de experiencia del personal de fontaneros tendrá un puntaje de uno (1).
- Si las fugas del sistema se atienden en un 50% bajo una estrategia técnica de planificación se otorgará un puntaje de dos (2), si se atienden en un 100% bajo una estrategia técnica de planificación, pero no están consignadas en un documento técnico se otorgará un puntaje de tres (3).
- Si el sistema cuenta con un documento donde se estipulen la estrategia técnica de planificación de contingencias por fugas, consolidado al 50%, se

dará una puntuación de cuatro (4). Si dicho documento se encuentra terminado al 100% se otorgará una puntuación de cinco (5).

- Si el sistema cuenta con el documento descrito en el párrafo anterior y el mismo se encuentra revisado y/o avalado por parte de un profesional idóneo al 50%, se dará una puntuación de seis (6). Si dicho documento se revisado y/o avalado por un profesional idóneo al 100% se otorgará una puntuación de siete (7).
- Si el sistema cuenta con el documento cuenta con la revisión y aval descrito en el párrafo anterior y cuenta con visto bueno de la administración del sistema, se dará una puntuación de ocho (8). Si dicho documento una vez cuente con visto bueno de la administración del sistema, se ha socializado con los usuarios mediante una asamblea, se otorgará una puntuación de nueve (9).
- El sistema recibirá puntuación de diez (10) cuando se atiendan las fugas de acuerdo a la implementación del documento socializado a los usuarios mediante asamblea

En la tabla 10 se resumen los criterios y valores de las evaluaciones adoptados para el sub indicador Af.

Tabla 10. Evaluación Af.

Atención fugas en el sistema implementado	No cumple	Da inicio proceso de planeación	Culmina la parte operativa de	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de	Ejecuta la actividad parcialment e	Cumple
---	-----------	---------------------------------------	-------------------------------------	---	---	--------

Tabla 10. (Continuación)

	de la actividad		la planeación	la actividad para ejecución		
Cuentan con planes de gestión inmediata frente a las posibles fugas que puede llegar a presentar el sistema a fin de evitar desperdicio	No cuentan con estrategias técnicas de planificación	Se plantean medidas técnicas para la atención de fugas	Se realiza un documento en el cual se plasman las contingencias a realizar frente a una eventualidad	El documento pasa a un proceso de revisión y/o aprobación por profesional idóneo	En este punto el documento debe contar con el visto bueno de la administración del sistema	Plan implementado en todos los puntos de las redes de tuberías.
Medidas de	(0)	(2)	(4)	(6)	(8)	(10)
	No tienen ninguna	Medidas implementadas al 50%	Documento maestro al 50%	Revisión y/o aval al 50%	visto bueno de la administración del sistema	
	(1)	(3)	(5)	(7)	(9)	Plan implementado en todos los puntos de las redes de tuberías.
	Según experiencia de fontaneros	Medidas a implementar a un 100%	Documento maestro al 100%	Revisión y aval al 100%	Documento socializado con los usuarios mediante asamblea	

Fuente: Caro, 2017.

6.3 VULNERABILIDAD HÍDRICA (VH)

Para el cálculo de este indicador se verificará la atención e implementación de planes de acción inmediata frente a las posibles contingencias que se presentan en caso de fallencias en los sistemas de abastecimiento (fallas, colapsos, mantenimientos, taponamientos etc.) a fin de evitar desperdicios de garantizar siempre el suministro del recurso.

- El valor de VH del municipio será entonces:

$$V_T = \sum_{i=1}^N V_i / N$$

Donde:

$V_{H\text{ Total}}$ = VH del municipio

VH_i = VH de cada sistema de abastecimiento.

N = Numero de sistemas de abastecimiento.

Para obtener el valor de VH_i para cada sistema se tendrá en cuenta:

- Si las eventualidades del sistema de abastecimiento se atienden sin ninguna estrategia técnica de planificación se otorgará un puntaje de cero (0), si se atienden bajo el criterio de experiencia del personal de fontaneros tendrá un puntaje de uno (1).

- Si las eventualidades del sistema de abastecimiento se atienden en un 50% bajo medidas técnicas de contingencia se otorgará un puntaje de dos (2), si se atienden en un 100% bajo medidas técnicas de contingencia, pero no están consignadas en un documento técnico se otorgará un puntaje de tres (3).
- Si el sistema de abastecimiento cuenta con un documento donde se estipulen las estrategias técnicas de acción frente a posibles contingencias, consolidado al 50%, se dará una puntuación de cuatro (4). Si dicho documento se encuentra terminado al 100% se otorgará una puntuación de cinco (5).
- Si el sistema de abastecimiento cuenta con el documento descrito en el párrafo anterior y el mismo se encuentra revisado y/o avalado por parte del comité municipal de gestión del riesgo al 50%, se dará una puntuación de seis (6). Si dicho documento se revisado y/o avalado por el comité municipal de gestión del riesgo al 100% se otorgará una puntuación de siete (7).
- Si el sistema cuenta con el documento cuenta con la revisión y aval descrito en el párrafo anterior y cuenta con aprobación del comité municipal de gestión del riesgo, se dará una puntuación de ocho (8). Si dicho documento una vez cuente con visto bueno de la administración del sistema, se ha socializado con los usuarios mediante una asamblea, se otorgará una puntuación de nueve (9).
- El sistema recibirá puntuación de diez (10) cuando se atiendan las contingencias del sistema de abastecimiento de acuerdo a la implementación del documento socializado a los usuarios mediante asamblea.

En la tabla 11 se resumen los criterios y valores de las evaluaciones adoptados para el indicador VH.

Tabla 11. Evaluación VH

Vulnerabilidad hídrica.	No cumple	Da inicio proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución	Ejecuta la actividad parcialmente	Cumple
Establece un plan de contingencia frente a las eventualidades que se presentan en caso de falencias en el sistema de abastecimiento a fin de garantizar el suministro permanente del recurso	No cuentan con estrategias de contingencia	Se plantean medidas técnicas para la implementación de medidas de contingencia	Se realizan documentos en el cual se plasman las contingencias	El documento pasa a un proceso de revisión por parte del comité municipal de gestión del riesgo	Documento evaluado por parte del comité municipal de gestión del riesgo	Plan implementado en todos los puntos del sistema de abastecimiento
Ejecución del documento de planificación	(0)	(2)	(4)	(6)	(8)	(10)
	No tienen ninguna medida	Medidas técnicas de contingencia al 50%	Documento al 50%	Revisión al 50%	aprobado a un 100%	
	(1)	(3)	(5)	(7)	(9)	

Tabla 11. (Continuación)

	Según experiencia de fontaneros	Medidas técnicas de contingencia a un 100%	Documento al100%	Revisión al 100 %	Documento aprobado y socializado a usuarios del sistema	Plan implementado en todos los puntos del sistema de abastecimiento
--	--	---	---------------------	----------------------	---	--

Fuente: Caro, 2017.

6.4 RIESGO (RI)

Para el cálculo de este indicador se evaluará las medidas ante un posible desabastecimiento de la fuente de la cual se capta el recurso para cada sistema de abastecimiento y acueducto., enfocado a la utilización de fuentes alternas que puedan configurar sistemas de captación de emergencia.

- El valor de RI del municipio será entonces:

$$R_T = \sum_{i=1}^N R_i / N$$

Donde:

RI_{Total} = RI del municipio

RI_i = RI de cada sistema de abastecimiento.

N = Numero de sistemas de abastecimiento.

Para obtener el valor de RI i para cada sistema se tendrá en cuenta:

- Si no estima fuentes alternas de contingencia ante posibles desabastecimientos, se otorgará un puntaje de cero (0), si se han realizado visitas de reconocimiento de posibles fuentes de contingencia ante posibles desabastecimientos tendrá un puntaje de uno (1).
- Si se reconocen las fuentes de captación aledañas a la abastecedora en un 50% se otorgará un puntaje de dos (2), si se reconocen las fuentes de captación aledañas a la abastecedora en un 100% bajo medidas técnicas de contingencia, otorgará un puntaje de tres (3).
- Si se realizan los estudios y diseños de las obras hidráulicas de captación del sistema de contingencia y conexión al sistema principal con un avance del 50%, se dará una puntuación de cuatro (4). Si dichos estudios y diseños se encuentran terminado al 100% se otorgará una puntuación de cinco (5).
- Si se obtienen la totalidad de los requisitos necesarios para obtener la concesión de aguas de contingencia, se dará una puntuación de seis (6). Si se tiene la resolución aprobatoria de la concesión de aguas de contingencia se otorgará una puntuación de siete (7).
- Si se ejecutan las obras inherentes a la concesión de aguas de contingencia en un 50%, se dará una puntuación de ocho (8). Si dichas obras están ejecutadas en un 100%, se otorgará una puntuación de nueve (9).
- Finalmente, si el sistema recibirá puntuación de diez (10) cuando las estructuras hidráulicas se encuentren conectadas a sistema principal y listas para operación en contingencia.

En la tabla 12 se resumen los criterios y valores de las evaluaciones adoptados para el indicador RI.

Tabla 12. Evaluación RI

Riesgo	No cumple	Da inicio proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución		Cumple
				Ejecuta la actividad parcialmente		
Medidas frente a un posible desabasteciendo de la fuente a la cual se deriva, esto en cuanto a inventario de fuentes alternas y otros puntos de los cuales se pueda implementar un sistema de captación de emergencia	No se estiman fuentes alternas	Se reconocen las fuentes de captación aledañas a la abastecedora	Se implementan diseños con fines de contingencia ante desabastecimientos de las fuentes abastecedoras	Se obtiene resolución aprobatoria de concesión de aguas de contingencia expedida por la autoridad ambiental competente	Ejecución del proyecto	Las estructuras hidráulicas construidas se encuentran conectadas para operación
Indicadores basados en actividades de cumplimiento	(0)	(2)	(4)	(6)	(8)	(10)
		Se reconocen las fuentes hídricas del área de	Se realizan los estudios y diseños con un avance del 50%	Se obtienen la totalidad de los requisitos necesarios para obtener	Se ejecutan las obras inherentes a la concesión	

Tabla 12. (Continuación)

		influencia en un 50%		la concesión de aguas de contingencia	de aguas de contingencia en un 50%	
	(1)	(3)	(5)	(7)	(9)	
	Se realizan recorridos de reconocimiento	Se reconocen las fuentes hídricas del área de influencia en un 100%	Se realizan los estudios y diseños con un avance del 100%	Se obtiene resolución aprobatoria de la concesión de aguas de contingencia	Se ejecutan las obras inherentes a la concesión de aguas de contingencia en un 100%	Estructuras hidráulicas conectadas para operación en contingencia

6.5 ESTRÉS HIDRICO (EH)

Para cuantificar este indicador se debe contar con el consumo doméstico anual del año completo inmediatamente anterior a la toma de datos, de todos los sistemas de abastecimiento y acueducto que operan en el municipio para poder calcular el consumo doméstico anual por persona.

Si todos los sistemas cuentan con los valores de consumo doméstico anual se podrá calcular de la siguiente forma:

$$C = \frac{D_i}{\left(\frac{m^3}{ha * año} \right)} = \frac{\sum_{i=1}^N C}{P_t} \frac{D_i}{i}$$

Donde:

Consumo Doméstico i = Consumo Doméstico de cada sistema de abastecimiento y acueducto

P_{total} = Población total del municipio.

N = Numero de sistemas de abastecimiento.

Para los sistemas de acueducto y abastecimiento que no cuenten con sistemas de macromedición, micromedición y/o registros de consumo se calculara asumiendo la dotación neta máxima de la tabla 6, estipulada en la Resolución 0330 de 2017, de la siguiente forma:

$$D_{\text{dotación neta}} = \left(\frac{m^3}{ha * año} \right) * N_{\text{dotación neta}} * 4$$

Una vez calculado el uso o dotación por persona por año, se procede a dar valor al indicador EH de la siguiente manera:

- Si la dotación es cero $m^3/año$ por persona, se otorgará una puntuación de cero (0), de tener un valor de $999m^3/año$ se dará una puntuación de uno (1). Para valores intermedios se deberá realizar interpolación lineal.
- Si la dotación es $1.000m^3/año$ por persona, se otorgará una puntuación de dos (2), de tener un valor de $1199m^3/año$ se dará una puntuación de tres (3). Para valores intermedios se deberá realizar interpolación lineal.

- Si la dotación es $1.200m^3/año$ por persona, se otorgará una puntuación de cuatro (4), de tener un valor de $1.399m^3/año$ se dará una puntuación de cinco (5). Para valores intermedios se deberá realizar interpolación lineal.
- Si la dotación es $1.400m^3/año$ por persona, se otorgará una puntuación de seis (6), de tener un valor de $1599m^3/año$ se dará una puntuación de siete (7). Para valores intermedios se deberá realizar interpolación lineal.
- Si la dotación es $1600m^3/año$ por persona, se otorgará una puntuación de ocho (8), de tener un valor de $1799m^3/año$ se dará una puntuación de nueve (9). Para valores intermedios se deberá realizar interpolación lineal.
- Si la dotación es igual o mayor $1700m^3/año$ por persona, se otorgará una puntuación de diez (10).

En la tabla 13 se resumen los criterios y valores de las evaluaciones adoptados para el indicador EH.

Tabla 13. Evaluación EH

Estrés hídrico	No cumple	Da inicio proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución	Ejecuta la actividad parcialmente	Cumple

Tabla 13. (Continuación)

Cuando la demanda del recurso hídrico afecta la oferta. Se considera que existe estrés hídrico cuando se tienen usos domésticos anuales por persona entre 1000 y 1700 m ³	dotación< 1.000m ³ /año	1.000<Dotación <1.200m ³ /año	1.200<Dotación <1.400m ³ /año	1.400<Dotación <1.600m ³ /año	1600<Dotación <1700m ³ /año	No hay estrés hídrico: Dotacion es >1700 m ³ /año
Niveles de evolución en corrección de escasez	(0)	(2)	(4)	(6)	(8)	(10)
		el 20%	el 40%	el 60%	el 80%	
	(1)	(3)	(5)	(7)	(9)	Cumple el 100%
	el 10%	el 30%	el 50%	el 70%	Cumple el 90%	

Fuente: Caro, 2017.

6.6 HUELLA DE AGUA (HA)

Para evaluar este indicador las administraciones municipales deberán contar con el compendio de consumo de agua dulce de los sectores económicos que ejercen sus actividades dentro del territorio, dichos valores serán verificados según la realidad al uso otorgado y totalizados según la facturación de cada sistema de abastecimiento y acueducto, de tal forma que se realizara la evaluación directa y

global al municipio con datos propios de cada sistema, entendiendo que es la administración municipal la responsable de velar por la optimización del uso del recurso hídrico dentro de su jurisdicción. La cuantificación se desarrollará bajo las siguientes premisas:

- Para municipios con niveles de identificación y definición de huella hídrica bajos, se dará una puntuación de cero (0) si no se tienen identificados los consumos según usos. Se otorgará una puntuación de uno (1) cuando los usos del servicio solicitado son verificados con las actividades económicas que se ejercen en la realidad.
- Una vez el municipio de inicio a la cuantificación del uso de recurso mediante sistemas de medición identificados de los sistemas de abastecimiento y acueducto que operan dentro del territorio se otorgará puntuación de dos (2) si se cuenta con sistemas de medición en las diferentes actividades económicas ejecutadas por los habitantes del municipio. Se dará un valor de tres (3) cuando los sistemas de acueducto y abastecimiento realizan el cobro y facturación del servicio de agua diferencialmente respecto al uso que se le da por el usuario según su actividad económica.
- Cuando el municipio cuente con la sistematización de los datos de medición y facturaciones hídricas se otorgará un valor de cuatro (4) cuando los sistemas de abastecimiento y acueducto reporten los datos de consumo por uso semestralmente a la administración municipal, y se dará un valor de cinco (5) a los municipios cuya administración municipal totaliza dichos consumos por uso de todos los sistemas.
- Si el municipio obtiene el cálculo de huella hídrica para menos del 50% de las actividades económicas ejercidas dentro del municipio se dará una

puntuación de seis (6), si la cuantificación de la huella hídrica se realiza para más del 50% de las actividades económicas que se desarrollan en el municipio se otorgará un valor de siete (7).

- Cuando el municipio realiza análisis de las huellas de agua calculadas y se formalizan dentro de la elaboración del 50% de un documento se otorgará un valor de ocho (8). Si dicho documento se encuentra terminado al 100% se otorgará un valor de nueve (9).
- Se dará una puntuación de diez (10) una vez el municipio ejecute acciones basadas en los análisis de huella hídrica para optimizar el uso del agua en la producción de bienes y servicios.

En la tabla 14 se resumen los criterios y valores de las evaluaciones adoptados para el indicador HA.

Tabla 14. Evaluación HA

Huella de agua	No cumple	Da inicio proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución	Ejecuta la actividad parcialmente	Cumple
----------------	-----------	---	--	--	---	--------

Tabla 14. (Continuación)

Volumen total de agua dulce que se utiliza para producir los bienes y servicios del área de influencia. Esto debería establecerse en relación a las exigencias de uso doméstico requeridas en la región es decir debe prevalecer el consumo de agua dulce frente a alguna otra actividad	Niveles de identificación y definición de huella hídrica bajos	Comienzo de definiciones con sistemas de medición identificados	Sistematización de los medios de medición de contabilizaciones y facturaciones hídricas	Implantación de sistemas de obtención de los diferentes tipos de huella hídrica.	Comienzo del análisis de los diferentes tipos de huella hídrica	Control de las estadísticas referentes a huella hídrica y comienzo de acciones en función a ello
Niveles de evolución en corrección de optimización de uso del recurso hídrico	(0)	(2)	(4)	(6)	(8)	(10)
	No se tienen identificados los consumos según usos	Se cuenta con sistemas de medición en las diferentes actividades económicas	Se reportan los datos de consumo por uso de todos los sistemas, a la administración municipal, semestralmente	Se obtienen datos de huella hídrica para < 50% de las actividades económicas ejercidas dentro del municipio	Se realiza documento en un 50% de análisis de huella hídrica de las actividades económicas del municipio.	
	(1)	(3)	(5)	(7)	(9)	

Tabla 14. (Continuación)

	Los usos del servicio solicitado son verificados con las actividades económicas que se ejercen en la realidad	La facturación del servicio de agua se realiza diferencialmente respecto al uso que se le da al recurso	La administración municipal totaliza los consumos por uso de todos los sistemas	Se obtienen datos de huella hídrica para 50% y 100% de las actividades económicas ejercidas dentro del municipio	Se realiza documento en un 100% de análisis de huella hídrica de las actividades económicas del municipio.	Se ejecutan acciones basadas en los análisis de huella hídrica para optimizar el uso del agua
--	---	---	---	--	--	---

6.7 AUTOSUFICIENCIA DEL AGUA (AUA)

La cuantificación del presente indicador obedece la disponibilidad del recurso hídrico dentro del territorio, es decir cuantifica la riqueza hídrica del municipio en función de su uso, de la siguiente forma:

- Se debe averiguar la ubicación de las captaciones de todos los sistemas de acueducto y verificar cuantos de ellas se encuentran dentro del territorio municipal, para poder calcular el porcentaje de las captaciones que se abastecen dentro del territorio municipal de la siguiente forma:

$$A = \frac{\# \text{ Satisfacciones}}{\# \text{ total}} \times 10$$

Una vez se calcula el porcentaje, se multiplica por 10, para dar la escala de la evaluación y encontrar el valor del indicador AUA del municipio como se presenta en la siguiente tabla.

En la tabla 15 se resumen los criterios y valores de las evaluaciones adoptados para el indicador AUA.

Tabla 15. Evaluación AUA

Autosuficiencia del agua	No cumple	Da inicio proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución	Ejecuta la actividad parcialmente	Cumple
La autosuficiencia es 100% si toda el agua necesaria está disponible y tomada desde el propio territorio	Toda el agua se deriva de otra región	Entre el 20 y 30 % de agua se deriva de la región	Entre el 40 y 50 % de agua se deriva de la región	Entre el 60 y 70% de agua se deriva de la región	Entre el 80 y 90% del recurso se deriva de la región	del 100% de agua requerida se toma el total de la región
Depende de la ubicación de las fuentes	(0)	(2)	(4)	(6)	(8)	(10)
	del 100% de agua requerida se toma el	del 100% de agua requerida se toma el	del 100% de agua requerida se toma el	del 100% de agua requerida se toma el	del 100% de agua requerida se toma el 80%	

Tabla 15. (Continuación)

	0% total de la región	20% total de la región	40% total de la región	60% total de la región	total de la región	
	(1)	(3)	(5)	(7)	(9)	
	del 100% de agua requerida se toma el 10% total de la región	del 100% de agua requerida se toma el 30% total de la región	del 100% de agua requerida se toma el 50% total de la región	del 100% de agua requerida se toma el 70% total de la región	del 100% de agua requerida se toma el 90% total de la región	del 100% de agua requerida se toma el total de la región

Fuente: Caro, 2017.

6.8 PROGRAMAS DE USO Y AHORRO EFICIENTE DEL AGUA (UAH)

Para el cálculo de este indicador se evaluará la existencia y ejecución de los programas de uso y ahorro eficiente del agua con proyección a cinco años, según la ley 373 de 1.997

- El valor de UAH del municipio será entonces:

$$U_T = \sum_{i=1}^N U_i / N$$

Donde:

UAH_{Total} = UAH del municipio

UAH_i = UAH de cada sistema de abastecimiento.

N = Número de sistemas de abastecimiento.

Para obtener el valor de UAH_i para cada sistema se tendrá en cuenta:

- Si el sistema no cuenta con ninguna medida de planificación en cuanto al uso y ahorro eficiente del agua o si su PUEAA se encuentra vencido, se otorgará un valor de cero (0), cuando el sistema presente medidas según experiencia de fontaneros o usuarios se otorgará una puntuación de uno (1).
- Si se ejecutan medidas de planificación en cuanto al uso y ahorro eficiente del agua en un 50% bajo criterios técnicos se otorgará un puntaje de dos (2), si se atienden en un 100% bajo criterios técnicos, pero no están consignadas en un documento técnico se otorgará un puntaje de tres (3).
- Si el sistema cuenta con el documento que constituya las medidas de los programas de uso y ahorro eficiente del agua PUEAA, consolidado al 50%, se dará una puntuación de cuatro (4). Si dicho documento se encuentra terminado al 100% se otorgará una puntuación de cinco (5).
- Si el sistema cuenta con el documento descrito en el párrafo anterior y el mismo se encuentra revisado en un 100% por la autoridad ambiental competente, se dará una puntuación de seis (6). Si dicho documento se encuentra aprobado por la autoridad ambiental competente se otorgará una puntuación de siete (7).
- Si el sistema cuenta con el documento aprobado y socializado ante los usuarios del sistema mediante una asamblea, se dará una puntuación de ocho (8). Si dicho documento se encuentra en ejecución del 50% se otorgará un valor de nueve (9).

- El sistema recibirá puntuación de diez (10) cuando el documento PUEAA se encuentra en vigencia y ejecutado en un 100%.

En la tabla 16 se resumen los criterios y valores de las evaluaciones adoptados para el indicador UAH.

Tabla 16. Evaluación UAH

Programas de uso y ahorro eficiente del agua	No cumple	Da inicio proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución	Ejecuta la actividad parcialmente	Cumple
Cuenta con la totalidad de las medidas para uso adecuado del recurso hídrico mediante la implementación del PUEAA, el cual debe estar debidamente aprobado por la autoridad ambiental	No cuentan con estrategias de planificación	Se plantean medidas para la implementación del PUEAA	Se cuenta con el documento que constituya las medidas de los programas de uso y ahorro eficiente del agua PUEAA	El documento pasa a un proceso de revisión y aprobación por parte de la autoridad ambiental	Documento evaluado y aprobado por la autoridad ambiental mediante concepto técnico	Resolución aprobatoria del PUEAA
	(0)	(2)	(4)	(6)	(8)	10

Tabla 16. (Continuación)

Ejecución del documento PUEA	No tienen ninguna medida o cuenta con expiración de la vigencia del PUEAA actual	Medidas técnicas de uso y ahorro eficiente al 50%	Documento al 50%	Revisión al 100%	Documento socializado a usuarios del sistema	Documento adoptado y ejecutado en un 100%
	(1)	(3)	(5)	(7)	(9)	
	Según experiencia de fontaneros o usuarios	Medidas técnicas de uso y ahorro eficiente a un 100%	Documento al 100%	Aprobado a un 100%	Documento adoptado y ejecutado en un 50%	

6.9 BIODIVERSIDAD (BD)

Para la cuantificación de este parámetro se busca medir la gestión ante las posibles afectaciones generadas a la fauna y flora de la cuenca donde se sitúa el municipio, teniendo en cuenta que el equilibrio natural de la cuenca genera estabilidad en la cantidad del recurso hídrico en las fuentes de capitación, por ende esta evaluación se basará en estudios de biodiversidad realizados directamente por las administraciones municipales o en apoyo con entidades adscritas al Ministerio de Ambiente como el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humbolt, entre otras, que cuenten con información en el Sistema Nacional de

Información sobre Biodiversidad, de tal forma que la revisión de y solicitud de información debe extenderse a dicha entidades.

La otorgación de puntaje se realizará teniendo en cuenta:

- Si la cuenca donde se sitúa el municipio no cuenta con estudios de biodiversidad se dará una puntuación de cero (0)
- Si los estudios de biodiversidad se encuentran en un 25% o menos de avance se otorgará un puntaje de uno (1), si se encuentran en un avance entre el 25% y el 50% se otorgará un puntaje de dos (2).
- Si los estudios de biodiversidad se encuentran entre un 50% y un 75% de avance se otorgará un puntaje de tres (3), si se encuentran completos en un 100% y entregados a la administración municipal se otorgará un puntaje de cuatro (4).
- Si se identifican el 50% de los riesgos posibles diagnosticados en el estudio de biodiversidad, se otorgará un valor de cinco (5), si los riesgos son identificados en un 100% se dará una puntuación de seis (6)
- Si se están ejecutando acciones de mitigación de los riesgo y afectaciones en cabeza de la administración municipal en un 25% o menos se dará una puntuación de siete (7), si la ejecución de las acciones mencionadas corresponde entre el 25% y el 50% se otorgará un valor de ocho (8). Si las mismas evidencian una ejecución entre el 50% y el 75% se dará un valor de nueve (9) y finalmente si se ejecutan acciones para mitigar el 100% de los riesgos con seguimiento anual se dará una puntuación de 10.

En la tabla 17 se resumen los criterios y valores de las evaluaciones adoptados para el indicador BD.

Tabla 17. Evaluación BD

Biodiversidad	No cumple	Da inicio proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución	Ejecuta la actividad parcialmente	Cumple
Se presentan las condiciones ecológicas estables del área de influencia de la fuente a pesar de la intervención antrópica	Sin estudio de biodiversidad	Inicio de un proceso de estudios de Biodiversidad	Entrega de estudio de Biodiversidad de la región.	Generación de planes de contingencia ante peligros a la biodiversidad.	Implementación planes de contingencia	Puesta en marcha y seguimiento anual a los planes
Esto se mide con respecto a la mitigación de los efectos del uso del recurso hídrico a las condiciones medio ambientales de	(0)	(1)	(3)	(5)	(7)	(9)
		Avance estudios 25%	Avance estudios 75%	Identificación de posibles Riesgos 50%	Implementación de acciones de mitigación 25%	Implementación de acciones de mitigación 75%
		(2)	(4)	(6)	(8)	(10)

Tabla 17. (Continuación)

biodiversidad de la cuenca donde se sitúa el municipio, en este caso se evalúa en antes y el ahora (después de las obras hidráulicas)	No tienen estudios de biodiversidad	Avance estudios 50%	Entrega 100%	Identificación de posibles Riesgos 100%	Implementación de acciones de mitigación 50%	Implementación de acciones de mitigación 100% y seguimiento anual
--	-------------------------------------	---------------------	--------------	---	--	---

6.10 EFICIENCIA MEDIO AMBIENTAL (EMA)

Para cuantificar este indicador es necesario contar con información de áreas, especies y número de compensaciones ambientales dictaminadas por la autoridad ambiental competente en el territorio municipal, a solicitantes de permisos y/o trámites ambientales; para poder crear y evaluar estrategias de seguimiento y mantenimiento a dichas compensaciones que serán ejecutadas en cooperación entre la autoridad ambiental competente y la administración municipal, es importante resaltar que este indicador evaluara intrínsecamente el trabajo articulado entre la autoridad ambiental competente y la administración municipal. Su valor se dará teniendo en cuenta lo siguiente:

- Se dará una puntuación de cero (0) cuando el municipio no cuente con información de las compensaciones ambientales impuestas por la autoridad ambiental competente a los solicitantes de trámites y permisos ambientales.

Si el municipio cuenta con una base de datos expedida por la autoridad ambiental competente donde se encuentran las compensaciones ambientales, con el objeto, cuantificación de especies o trabajos y localización se otorgará un valor de uno (1).

- Si el municipio cuenta con la identificación de predios y áreas disponibles para realizar compensaciones ambientales con siembras de árboles (predios de interés hídrico) se dará una puntuación de dos (2). Si para dichos predios se cuenta con la identificación de especies vegetales endémicas que pueden constituir la siembra de compensación, se otorgará una puntuación de tres (3).
- Si el municipio establece el documento para de seguimiento, control y mantenimiento a las compensaciones ambientales en un 25% se dará una puntuación de cuatro (4), si el documento se encuentra establecido entre el 25% y el 50%, se otorgará un valor de cinco (5). Si el documento se encuentra establecido entre el 50% y el 75%, se dará una puntuación de seis (6), así las cosas, si el documento se encuentra consolidado entre el 75% y el 100% se dará un valor de siete (7).
- Una vez el documento sea concertado y aprobado por la autoridad ambiental competente se otorgará un puntaje de ocho (8). De ser así las autoridades asumirán los compromisos adquiridos en el documento mediante convenios que permitan la inversión de recursos económicos.
- Si el plan de seguimiento, control y mantenimiento de compensaciones ambientales se encuentra ejecutado al 50% se dará un valor de nueve (9). Si el plan de seguimiento, control y mantenimiento de compensaciones ambientales se encuentra ejecutado al 100% se dará un valor de diez (10).

En la tabla 18 se resumen los criterios y valores de las evaluaciones adoptados para el indicador EMA.

Tabla 18. Evaluación EMA

Eficiencia medioambiental	No cumple	Da inicio proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución	Ejecuta la actividad parcialmente	Cumple
Compensaciones ambientales en las zonas de influencia directa del cuerpo hídrico del cual se deriva el recurso para ello puede ser medible la compensación forestal que plantea la Autoridad Ambiental frente al caudal que se deriva	No cuenta con información consolidada de compensaciones ambientales	Se cuenta con base de datos de compensaciones otorgadas por la autoridad ambiental competente	Se plantean las áreas y especies a compensar para la realización del plan de mantenimiento y establecimiento	Se elabora documento para seguimiento, control y mantenimiento de compensaciones ambientales	Documento avalado y concertado por autoridad ambiental competente	Ejecución de plan de seguimiento, control y mantenimiento o de compensaciones ambientales

Tabla 18. (Continuación)

Ejecución del plan de establecimiento y mantenimiento de los árboles a compensar	(0)	(1)	(3)	(5)	(7)	(9)
		Se cuenta con base de datos referente a compensaciones ambientales en el municipio	Se definen especies para realizar compensaciones	Documento plan de seguimiento y mantenimiento a compensaciones avance entre 25% y 50%	Documento plan de seguimiento y mantenimiento a compensaciones avance entre 75% y 100%	Ejecución plan de seguimiento y mantenimiento o a compensaciones a un 50%
	El municipio no cuenta con información de compensaciones ambientales	(2)	(4)	(6)	(8)	(10)
		Se definen áreas de compensación de influencia a las fuentes de abastecimiento del municipio (predios de interés hídrico)	Se inicia Documento plan de seguimiento y mantenimiento a compensaciones avance <25%	Documento plan de seguimiento y mantenimiento a compensaciones avance entre 50% y 75%	Se cuenta con visto bueno del documento por parte de la autoridad ambiental competente	Ejecución plan de seguimiento y mantenimiento o a compensaciones a un 100%

6.11 EFICIENCIA TRATAMIENTO RESIDUAL (ETR)

El cálculo de este indicador se realizará teniendo en cuenta las metas que debe alcanzar el municipio en función de la elaboración y cumplimiento del plan de saneamiento y manejo de vertimientos según lo establecido en la resolución 1433 de 2.005 y la resolución 1433 de 2.004 expedidos por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible y el decreto 1075 de 2.015, de tal forma que se realizará la evaluación global del Municipio con lo cual se buscaran las garantías generadas por el municipio para la calidad y conservación del recurso hídrico, de tal manera que las aguas residuales que se entreguen al cuerpo de agua no alteren sus condiciones naturales y este pueda ser disfrutado por las comunidades beneficiarias del recurso, garantizando la sostenibilidad del medio ambiente y así evitando daños irreversibles al ecosistema.

Los valores se otorgarán teniendo en cuenta lo siguiente:

- Si el municipio no tiene identificado los vertimientos de aguas servidas se dará un valor de cero (0), si cuenta con un inventario de los vertimientos reales de aguas servidas a fuentes receptoras se otorgará una puntuación de uno (1).
- Si el municipio cuenta con los estudio y diseños de obras para la unificación de vertimientos se dará un valor de dos (2), si ha ejecutado el 50% de dichas obras se otorgará un puntaje de tres (3) y cuando se tengan ejecutadas el 100% se otorgará un valor de cuatro (4).

- Si el municipio tiene definido el predio y cuenta con su propiedad donde se generará la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales PTAR, se otorgará un puntaje de cinco (5).
- Cuando el municipio cuente con la totalidad de estudios y diseños referentes a la PTAR se dará un valor de seis (6) y si cuenta con resolución aprobatoria por parte de la autoridad ambiental competente del permiso de vertimientos se otorgará un puntaje de siete (7).
- Si las obras de construcción de la PTAR se han ejecutado en un 50% se otorgará un puntaje de ocho (8), si se han ejecutado en un 100% se dará un valor de nueve (9).
- Si la PTAR se encuentra en operación, el municipio recibirá una puntuación de diez (10).

En la tabla 19 se resumen los criterios y valores de las evaluaciones adoptados para el indicador ETR.

Tabla 19. Evaluación ETR

Eficiencia tratamiento residual	No cumple	Da inicio	Culmina la	Cuenta con el	Ejecuta la	Cumple
		proceso de planeación de la actividad	parte operativa de la planeación	planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución	actividad parcialmente	

Tabla 19. (Continuación)

Porcentaje de aguas residuales tratadas, y % de planes implementados en fuentes contaminantes.	No cuenta con identificación de vertimientos.	Cuenta con los estudios y diseños de unificación de vertimientos	Ejecuta el 100% de las obras de unificación de vertimientos	Estudio y diseños PTAR	Construcción PTAR 50%	Puesta en marcha PTAR
% Cumplimiento	(0)	(2)	(4)	(6)	(8)	(10)
	Tienen identificación de los vertimientos	Ejecuta el 50% de las obras de unificación de vertimientos	Predio para PTAR	Permiso de vertimientos	Construcción de la PTAR 100%	
	(1)	(3)	(5)	(7)	(9)	PTAR en operación
	Cuenta con la identificación de los vertimientos	Ejecuta el 50% de las obras de unificación de vertimientos	Definición de predio y propiedad para la PTAR	Resolución aprobatoria de Permiso de vertimientos	Construcción de la PTAR 100%	

6.12 ATRACTIVO (A)

Para la evaluación se debe conocer todas las actividades de ecoturismo con incidencia directa en las fuentes hídricas que se realizan dentro del territorio

municipal, desde criterios del cumplimiento con la aprobación de los planes de manejo respectivos y criterios operatividad.

- El valor de A del municipio será entonces:

$$A_T = \sum_{i=1}^N A_i / N$$

Donde:

A_{Total} = A del municipio

A_i = A de cada uno de los sitios donde se desarrollan actividades de ecoturismo con incidencia directa en fuentes hídricas.

N = Número de sitios donde se desarrollan actividades de ecoturismo con incidencia directa en fuentes hídricas.

Si el municipio no cuenta con labores de ecoturismo dentro de su jurisdicción se dará un valor de cero (0) en el presente indicador.

Para la obtención del A de cada uno de los sitios donde se desarrollan actividades de ecoturismo con incidencia directa en fuentes hídricas se deberá tener en cuenta lo siguiente:

- Si el sitio no presenta ninguna medida de manejo estipulada por la ley, se otorgará un puntaje de cero (0).
- Si el sitio cuenta con el documento consolidado al 100% del plan de manejo se otorgará un puntaje otorgará un puntaje de uno (1), si cuenta con la

aprobación por parte de la autoridad ambiental competente se dará un valor de dos (2).

- Si el sitio cuenta con el cálculo y control de la capacidad de carga se otorgará un puntaje otorgará un puntaje de tres (3), si cuenta con acceso adecuado, bien sea peatonal y/o vehicular se dará un valor de cuatro (4).
- Si el sitio cuenta con el cálculo y control de la capacidad de carga se otorgará un puntaje otorgará un puntaje de tres (3), si cuenta con acceso adecuado, bien sea peatonal y/o vehicular se dará un valor de cuatro (4).
- Cuando el sitio tenga baterías de baños se otorgará un puntaje otorgará un puntaje de cinco (5), si cuenta con senderos internos se dará un valor de seis (6), si cuenta con señalización referente a particularidades y mitigación de riesgos e impactos interna tendrá una calificación de siete (7).
- Si en el sitio se disponen elementos para la recolección y separación de residuos sólidos se dará un valor de ocho (8), si cuenta con un sitio en el cual se puedan atender posibles eventualidades de los usuarios se otorgará un puntaje de nueve (9).
- Si el sitio cuenta con un sistema de alertas tempranas ante crecientes, desbordamientos, inundaciones, incendios, sequias etc. que permita generar elementos de juicio para la operación y uso, se dará una puntuación de diez (10).

En la tabla 20 se resumen los criterios y valores de las evaluaciones adoptados para el indicador A.

Tabla 20. Evaluación A

Atractivo	No cumple	Da inicio proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución	Ejecuta la actividad parcialmente	Cumple
El agua como punto generador de ecoturismo, según plan de manejo y criterios de servicio y operación	No presenta plan de manejo	Plan de manejo aprobado por autoridad ambiental competente	Capacidad de carga y acceso	Servicios de saneamiento y tránsito interno	Disminución y atención de impactos	Sistema de alertas tempranas
Esto se mide con el aprovechamiento responsable del recurso hídrico como atractivo turístico y el grado de cumplimiento de los planes de manejo y criterios de servicio y operación	(0)	(1)	(3)	(5)	(8)	(10)
		Cuenta con el documento consolidado al 100% del plan de manejo del sitio	Se cuenta con el cálculo y control de capacidad de carga del sitio.	El sitio cuenta con baterías de baños	Se realiza recolección y separación de residuos sólidos	Cuenta con sistemas de alertas tempranas en cuanto a crecientes, desbordamientos, incendios, sequías, alto oleajes etc. que impidan la atención al público
	No tienen ninguna medida	(2)	(4)	(6)	(9)	
		Se cuenta con aprobación del plan de manejo del sitio por	Se cuenta con acceso adecuado al sitio	Se cuenta con senderos internos	Se cuenta con sitio de atención ante posibles emergencias	
				(7)		

Tabla 20. (Continuación)

		parte de la autoridad ambiental competente	(peatonal y/o vehicular)	Se cuenta señalización interna referente a particularidades y mitigación de riesgos e impactos	de los usuarios.	
--	--	---	-----------------------------	---	---------------------	--

6.13 CAPITAL HUMANO (CH)

Para la obtención del valor de este indicador, se deberá revisar la planta de personal inherente con cada sistema de abastecimiento, acueducto y alcantarillado, determinando la capacidad e idoneidad técnica y de atención para la prestación del servicio y operación del sistema

- El valor de CH del municipio será entonces:

$$A_T = \sum_{i=1}^N C_i / N$$

Donde:

CH_{Total} = CH del municipio

CH_i = CH de cada uno de los sistemas de abastecimiento, acueducto y/o alcantarillado.

N = Número de sistemas de abastecimiento, acueducto y/o alcantarillado.

Los valores de CH para cada sistema se otorgarán teniendo en cuenta lo siguiente:

- Si el sistema opera sin personal y carece de organización directiva se dará un valor de cero (0). Si cuenta solo con junta directiva tendrá un valor de uno (1).
- Si cuenta con personal asistencial, con fontaneros se otorgará una puntuación de dos (2), más personal de secretaria y atención al público tendrá un valor de tres (3).
- Si además cuenta con personal técnico administrativo, con técnicos o tecnólogos se otorgará una puntuación de cuatro (4), más personal de gerencia tendrá un valor de cinco (5).
- Si además cuenta con personal en el área contable y adquisiciones, con personal de facturación se otorgará una puntuación de seis (6), más personal de compras y adquisiciones tendrá un valor de siete (7).
- Si además cuenta con personal en gestión de la información y asesoría jurídica, con personal en archivo, almacén y sistemas de información se otorgará una puntuación de ocho (8), más personal de asesoría jurídica y contratación tendrá un valor de nueve (9).
- El sistema tendrá un valor de diez (10), si se cuenta con personal profesional que coordina cada servicio que ofrece el sistema.

En la tabla 21 se resumen los criterios y valores de las evaluaciones adoptados para el indicador CH.

Tabla 21. Evaluación CH

Atractivo	No cumple	Da inicio	Culmina la	Cuenta con el		Cumple
		proceso de planeación de la actividad	parte operativa de la planeación	planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución	Ejecuta la actividad parcialmente	
Personal requerido para la óptima operatividad del sistema de abastecimiento	No cuenta con personal inherente al sistema	Personal asistencial	Personal técnico administrativo	Personal del área contable y adquisiciones.	Personal gestión de información y asesoría jurídica	Personal profesional en coordinación de servicios
Esto se mide con respecto a la idoneidad y cantidad de personal inherente al sistema	(0)	(2)	(4)	(6)	(8)	(10)
	No tiene personal	Cuenta con fontaneros	Cuenta con técnicos y tecnólogos operativos	Cuenta con personal de facturación	Cuenta con personal en archivo, almacén y sistemas de información	
	(1)	(3)	(5)	(7)	(9)	Cuenta con personal profesional en los diferentes servicios prestados
	Cuenta con junta directiva	Cuenta con secretaria y servicio de atención al público	Cuenta con gerencia	Cuenta con personal para compras	Cuenta con asesoría jurídica y de contratación	

6.14 PARTICIPACIÓN MEDIDA DEL PUBLICO (PP)

Para la cuantificación de este indicador se debe tener información de los mecanismos de participación que tienen los usuarios frente a las decisiones que se toman dentro de la administración de los sistemas de abastecimiento, acueducto y/o alcantarillado.

- El valor de PP del municipio será entonces:

$$P_{Total} = \sum_{i=1}^N P_i / N$$

Donde:

PP_{Total} = PP del municipio

PP_i = PP de cada uno de los sistemas de abastecimiento, acueducto y/o alcantarillado que operan dentro del municipio.

N = Número de sistemas de abastecimiento, acueducto y/o alcantarillado.

Los valores de PP para cada sistema se otorgarán teniendo en cuenta el número de asambleas con los usuarios o representantes realizadas en el año cumplido inmediatamente anterior.

En la tabla 22 se resumen los criterios y valores de las evaluaciones adoptados para el indicador PP.

Tabla 22. Evaluación PP

Participación medida del público	No cumple	Da inicio proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución		Ejecuta la actividad parcialmente	Cumple
Se puede establecer mediante reuniones anuales de rendición de cuentas, a través de juntas de acción comunal, por lo menos una vez al año.	Satisfacción entre un 0 - 10%	Satisfacción entre un 20 - 30%	Satisfacción entre un 40 - 50%	Satisfacción entre un 60 - 70%	Satisfacción entre un 80 - 90%	Satisfacción 100	
Numero de asambleas con usuarios o representantes realizadas en el año cumplido inmediatamente anterior	(0)	(2)	(4)	(6)	(8)	(10)	
	No se realizan asambleas	Dos asambleas	Cuatro asambleas	Seis asambleas	Ocho asambleas		
	(1)	(3)	(5)	(7)	(9)	Diez o más asambleas	
	Una asamblea	Tres asambleas	Cinco asambleas	Siete asambleas	Nueve asambleas		

6.15 EFICIENCIA ECONOMICA (EEC)

Para el cálculo de este indicador se debe obtener información de cada sistema de abastecimiento, acueducto y alcantarillado, en cuanto al porcentaje promedio anual de usuarios que pagan mensualmente su consumo en los tiempos establecidos.

- El valor de EEC del municipio será entonces:

$$E_{T} = \frac{\sum_{i=1}^N E_i / N}{10}$$

Donde:

EEC_{Total} = EEC del municipio

EEC_i = EEC de cada uno de los sistemas de abastecimiento, acueducto y/o alcantarillado que operan dentro del municipio.

N = Número de sistemas de abastecimiento, acueducto y/o alcantarillado.

Para calcular el valor de EEC para cada sistema se tendrá en cuenta:

$$E_i = \left(\sum_{j=1}^{N-d} N_i / N_i \right) / 12$$

Donde:

EEC_i = EEC de cada uno de los sistemas de abastecimiento, acueducto y/o alcantarillado que operan dentro del municipio.

NSP_i = Número de usuarios que pagaron la factura en el mes i .

NS_i = Número de usuarios totales del sistema en el mes i .

En la tabla 23 se resumen los criterios y valores de las evaluaciones adoptados para el indicador EEC.

Tabla 23. Evaluación EEC

Eficiencia económica	No cumple	Da inicio proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución	Ejecuta la actividad parcialmente	Cumple
Facturación mensual acorde con los consumos estimados a cada suscriptor,	10% de facturación	pago del 20 al 30%	pago del 40 al 50%	pago del 60 al 70%	pago del 80 al 90%	Pago del 100% de cobertura
Esto debe medir con respecto al recaudo realizado para la totalidad de los usuarios de los sistemas	(0)	(2)	(4)	(6)	(8)	(10)
	No pago	Pago del 20% de cobertura	Pago del 40% de cobertura	Pago del 60% de cobertura	Pago del 80% de cobertura	
	(1)	(3)	(5)	(7)	(9)	Pago del 100% de cobertura
	Pago del 10% de cobertura	Pago del 30% de cobertura	Pago del 50% de cobertura	Pago del 70% de cobertura	Pago del 90% de cobertura	

Fuente: Caro, 2017.

6.16 ADAPTABILIDAD AL CAMBIO CLIMATICO (ACC)

Para la determinación del valor de este indicador, se tendrá en cuenta la preparación con elementos técnicos y de infraestructura ante posibles eventos de inundación en el municipio.

Para la otorgación de puntaje se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Si el municipio no ha generado medidas técnicas ante eventos de inundación se dará una puntuación de cero (0), si cuenta con un avance del 50% en estudios de inundabilidad del territorio se otorgará un valor de uno (1) y de tener el 100% de dichos estudios, se dará puntuación de dos (2).
- Si se tienen identificadas las áreas inundables del municipio se otorgará un valor de tres (3).
- Si el municipio define el 50% de las posibles alternativas de mitigación ante los efectos de posibles eventos de inundación se dará una puntuación de cuatro (4), si cuenta con la definición en 100% de las alternativas de mitigación, se otorgará un valor de cinco (5).
- Si el municipio cuenta con la totalidad de los diseños de las obras de infraestructura definidas para la mitigación de posibles eventos de inundación se otorgará un puntaje de seis (6), si cuenta con todos los permisos ambientales para su construcción se dará un valor de siete (7).
- Si se han construido el 50% de las obras de infraestructura definidas para la mitigación de posibles eventos de inundación se otorgará un puntaje de ocho

(8), si cuenta con la ejecución del 100% de las obras, se dará un valor de nueve (9).

- Si las áreas de inundación del municipio se encuentran despejadas y no hay personas habitándolas porque han sido reubicadas, se otorgará una puntuación de diez (10).

En la tabla 24 se resumen los criterios y valores de las evaluaciones adoptados para el indicador ACC.

Tabla 24. Evaluación ACC

Adaptabilidad al cambio climático	No cumple	Da inicio proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución	Ejecuta la actividad parcialmente	Cumple
El municipio cuenta con estudios de inundación, con planes, obras y alternativas en función de disminuir las posibles afectaciones ante la posibilidad de ocurrencia de dichos eventos.	No se cuenta con información	Determinación de áreas inundables	Definición de alternativas.	Diseños de obras de infraestructura necesarias	Construcción de obras	Cumple con infraestructura control de inundaciones y reubicación de población
	(0)	(2)	(4)	(6)	(8)	(10)

Tabla 24. (Continuación)

Niveles de estudio e implementación	No se ha generado información	Se cuenta con el 100% de los estudios de inundabilidad	Definición de alternativas en 50%	Diseños definitivos de obras de mitigación de inundaciones	Construcción de obras de mitigación de inundaciones en un 50%	
	(1)	(3)	(5)	(7)	(9)	
	Se cuenta con el 50% de avance en estudios de inundabilidad	Determinación de áreas inundables	Definición de alternativas en 100%	Permisos ambientales para la construcción de obras de mitigación de inundaciones	Construcción de obras de mitigación de inundaciones en un 100%	Reubicación de habitantes de áreas inundables

6.17 CALIDAD DE LA INFORMACION (CI)

Para la cuantificación de este indicador se debe realizar la evaluación a cada sistema de abastecimiento, acueducto y alcantarillado que opera en el municipio, en función de la calidad de la información de las condiciones técnicas de los elementos de los sistemas y la gestión del conocimiento del mismo

- El valor de CI del municipio será entonces:

$$C_T = \sum_{i=1}^N C_i / N$$

Donde:

$CI_{Total} = CI_{del\ municipio}$

$CI_i = CI$ de cada uno de los sistemas de abastecimiento, acueducto y/o alcantarillado que operan dentro del municipio.

N = Número de sistemas de abastecimiento, acueducto y/o alcantarillado.

Para obtener el valor de CI_i para cada sistema se tendrá en cuenta:

- Si el sistema no cuenta con información planimetría ni técnica tendrá puntuación de cero (0), si la gestión de información se basa en personal que labora en el sistema se otorgará un valor de uno (1).
- Si el sistema cuenta con planimetría en físico elaborada a mano tendrá puntuación de dos (2), si la información planimetría se encuentra en medio digital y editable se otorgará un valor de tres (3).
- Si el sistema se encuentra levantando información en terreno con un catastro de sus elementos con todas las especificaciones técnicas hasta en un 25% tendrá puntuación de cuatro (4), si su avance es hasta 50% se otorgará un valor de cinco (5), para un avance hasta 75% tendrá una valoración de seis (6) y para cuando se tenga el 100% se otorgará una puntuación de siete (7).
- Si con la información levantada en el catastro se constituye un 50% de la base de datos del sistema se otorgará una puntuación de ocho (8), si esta se encuentra realizada en un 100% tendrá un valor de nueve (9).
- Si el sistema cuenta con un SIG actualizado y la totalidad de las especificaciones técnicas de todos los elementos se otorgará un puntaje de diez (10).

En la tabla 25 se resumen los criterios y valores de las evaluaciones adoptados para el indicador CI.

Tabla 25. Evaluación CI

Calidad de la información y del sistema de gestión del conocimiento	No cumple	Da inicio proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución	Ejecuta la actividad parcialmente	Cumple
El sistema debe contar con un sistema de información geográfica, donde se describan todos sus elementos, con las condiciones técnicas reales.	Sin documentación y archivo	Se compilan toda la información manual existente	Se inicia proceso de catastro de los elementos del sistema	Se cuenta con el catastro del sistema	Se construye una base de datos de toda la información del sistema	Se valida toda la información y se implanta en un SIG
Este indicador será evaluado a partir de la información existente y su generación de organización hacia el establecimiento de un sistema de información geográfica y base de datos actualizada	(0)	(2)	(4)	(6)	(8)	(10)
	No cuenta con información	Se cuenta con planimetría a elaborada a mano	Catastro del sistema en un 25%	Catastro del sistema en un 75%	Base de datos al 50%	
	(1)	(3)	(5)	(7)	(9)	SIG creado, actualizado con información validada y aprobada
	Se tiene alguna idea mediante el personal del sistema	Se cuenta con planimetría digitalizada y editable	Catastro del sistema en un 50%	Catastro del sistema en un 100%	Base de datos al 100%	

6.18 CONTROL DE LA CORRUPCIÓN (CC)

Dentro del territorio nacional la Procuraduría General de la Nación, la Contraloría General de la República y la Fiscalía General de la Nación son los entes de control del servicio público, si bien es cierto las administraciones municipales, las empresas de servicios públicos y las asociaciones de los acueductos, son vigilados por dichos entes y de tener denuncias por anomalías y efectos de corrupción, mal inversión de fondos, obras inconclusas, entre otros; se inician investigaciones con sanciones disciplinarias, económicas y penales. De tal forma que una metodología efectiva de realizar la evaluación de este parámetro podría realizarse desde la cuantificación de las investigaciones de cada ente cuyo objeto sea enmarcado dentro del manejo del recurso hídrico.

Para la otorgación de puntaje se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones de la escala inversa:

- Si en el municipio cursan diez o más investigaciones se dará puntaje de cero (0), para nueve investigaciones se otorgará un valor de uno (1), para ocho investigaciones se otorgará un valor de dos (2), para siete investigaciones se otorgará un valor de tres (3), para seis investigaciones se otorgará un valor de cuatro (4), para cinco investigaciones se otorgará un valor de cinco (5), para cuatro investigaciones se otorgará un valor de seis (6), para tres investigaciones se otorgará un valor de siete (7), para dos investigaciones se otorgará un valor de ocho (8), para una investigación se otorgará un valor de nueve (9).
- Si en el municipio no se presentan investigaciones enmarcadas dentro del recurso hídrico, se dará una puntuación de diez (10).

En la tabla 26 se resumen los criterios y valores de las evaluaciones adoptados para el indicador CC.

Tabla 26. Evaluación CC

Control de la corrupción	No cumple	Da inicio proceso de planeación de la actividad	Culmina la parte operativa de la planeación	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecución	Ejecuta la actividad parcialmente	Cumple
Se realizan Estrategias para controlar y supervisar el desempeño, de las autoridades en función del recurso hídrico.	Investigaciones >9	Investigaciones entre 8 y 7	Investigaciones entre 6 y 5	Investigaciones entre 4 y 3	Investigaciones entre 2 y 1	Satisfacción 100%, sin investigaciones
Se cuantifican la cantidad de investigaciones en curso realizadas por los entes de control (procuraduría, fiscalía y/o contraloría) dentro del municipio.	(0)	(2)	(4)	(6)	(8)	(10)
	Cursan más de 10 investigaciones	Cursan 8 investigaciones	Cursan 6 investigaciones	Cursan 4 investigaciones	Cursan 2 investigaciones	
	(1)	(3)	(5)	(7)	(9)	No Cursan investigaciones
	Cursan 9 investigaciones	Cursan 7 investigaciones	Cursan 5 investigaciones	Cursan 3 investigaciones	Cursan 1 investigaciones	

7 IDENTIFICACIÓN, AGRUPACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS INDICADORES POR CONTENIDOS TEMÁTICOS.

Una vez encontrado el punto de inicio de cada uno de los 18 indicadores en la revisión exhaustiva del estado del arte y enfocado los mismos a la gestión integral del recurso hídrico dentro del país con los elementos normativos existentes y las prácticas de buena ingeniería o experiencias exitosas a nivel mundial, es posible clasificar los indicadores por contenidos temáticos enmarcados dentro de los puntos neurálgicos del desarrollo sostenible y el carácter técnico del manejo del recurso hídrico.

Se apreciaron 3 categorías principales, indicadores de Carácter Técnico, indicadores de Gobernanza y Economía e indicadores de Ambiente y Sociedad.

7.1 INDICADORES DE CARÁCTER TÉCNICO

En esta categoría se encuentran los indicadores que para su evaluación se debe poseer conocimientos técnicos mínimos en cuanto a diseño, construcción y funcionamiento de elementos para el uso y manejo del recurso hídrico, es decir son aquellos que requieren de información proporcionada por el municipio y/o por los sistemas de servicios de acueducto, abastecimiento y alcantarillado, como inventarios y elementos de sistemas y su evaluación de operación, reportes mensuales, planes de acción ante posibles eventos de emergencia, fallas, fugas o desabastecimientos de fuentes y datos estadísticos con referencia a consumos, así mismo aspectos relacionados con calidad de agua tanto potable como residual.

- 1. Mantenimiento a la infraestructura. (MI)
- 2.1 Efectividad en Gestión Hídrica – Saneamiento (EGHSa)
- 2.2 Efectividad en Gestión Hídrica – Demanda de Agua (EGHDa)
- 2.3 Efectividad en Gestión Hídrica – Acceso al Agua (EGH_{wa})
- 2.4 Efectividad en Gestión Hídrica – Calidad del Agua (EGH_{Ca})
- 2.5 Efectividad en Gestión Hídrica – Atención a Fugas (EGH_{Af})
- 3. Vulnerabilidad Hídrica (VH)
- 4. Riesgo (RI)
- 5. Estrés Hídrico (EH)
- 11. Eficiencia de Tratamiento Residual (ETR)

7.2 INDICADORES DE GOBERNANZA Y ECONOMIA

En esta categoría se encuentran los indicadores que su evaluación depende de la administración municipal o de cada sistema, la generación del cumplimiento de normativas nacionales en función de planificación en cuanto al buen uso del recurso hídrico o el ordenamiento del aprovechamiento del agua como generador de recursos económico, la estabilidad financiera de los sistemas, y la gestión de información.

- 6. Huella de Agua (HA)
- 8. Programas de Uso y Ahorro Eficiente del Agua (UAH)
- 13. Capital Humano (CH)

15. Eficiencia Económica (EEC)

17. Calidad de la Información y del Sistema de Gestión del Conocimiento (CI)

18. Control de la Corrupción (CC)

7.3 INDICADORES DE AMBIENTE Y SOCIEDAD

En esta categoría se encuentran los indicadores que hacen referencia a la gestión ante el impacto que tiene el uso del recurso, su equilibrio natural y la posible generación de la riqueza geográfica en la existencia de fuentes, así mismo información de áreas que se deben conservar y la participación de la comunidad en cada sistema.

7. Autosuficiencia del Agua (AUA)

9. Biodiversidad (BD)

10. Eficiencia Medio Ambiental (EMA)

12. Atractivo (A)

14. Participación Medida del Público (PP)

16. Adaptabilidad al Cambio Climático (ACC)

8 IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS INDICADORES SEGÚN CARÁCTER DE EVALUACIÓN O DESARROLLO.

El resultado del diseño del enfoque de cada indicador y del diseño de las 18 metodologías permite encontrar que tanto el indicador como su metodología se relacionan en función de su naturaleza y su evaluación; es decir que los indicadores al igual que sus metodologías de evaluación poseen un carácter, teórico, práctico o teórico practico

Los Indicadores Teóricos, son los que hacen referencia a los que por su naturaleza y/o metodología de evaluación cuentan con características teóricas además de necesitar datos específicos.

Los indicadores Prácticos se refieren a los que para su obtención o desarrollo se necesita obtener datos de entidades diferentes a las administraciones municipales centrales y/o que depende de ejecución de actividades u obras.

Consecuentemente los indicadores Teorico-Practicos, son los que tienen desarrollo y características evaluación mixtos.

Tabla 27. Carácter de Evaluación o Desarrollo de Indicadores

Carácter de Evolución o Desarrollo de Indicadores			
Ítem	ID	Indicador	Categorización
1	MI	Mantenimiento a la Infraestructura	Practico
2	EGH	Efectividad en Gestión Hídrica General	Teórico - Practico
2.1	Sa	Saneamiento	Teórico
2.2	Da	Demanda de Agua	Teórico - Practico
2.3	Wa	Acceso al Agua	Teórico
2.4	Ca	Calidad del Agua	Practico

Tabla 27. (Continuación)

2.5	Af	Atención a fugas en el sistema implementado	Teórico
3	VH	Vulnerabilidad Hídrica	Teórico - Practico
4	RI	Riesgo	Practico
5	EH	Estrés hídrico	Teórico
6	HA	Huella de agua	Teórico - Practico
7	AUA	Autosuficiencia del agua	Practico
8	UAH	Programas de uso y ahorro eficiente del agua	Teórico - Practico
9	BD	Biodiversidad	Teórico - Practico
10	EMA	Eficiencia medioambiental	Teórico
11	ETR	Eficiencia de Tratamiento Residual	Teórico - Practico
12	A	Atractivo	Practico
13	CH	Capital humano	Teórico
14	PP	Participación medida del público	Teórico
15	ECC	Eficiencia económica	Teórico
16	ACC	Adaptabilidad al cambio climático	Teórico - Practico
17	CI	Calidad de la información y del sistema de gestión del conocimiento	Teórico
18	CC	Control de la Corrupción	Teórico

9 INFORMACIÓN REQUERIDA

En la medida de lo posible se debe solicitar la información a personal que tenga la idoneidad y experiencia suficiente para obtener respuestas que muestren la realidad del comportamiento de la gestión integral del recurso hídrico del municipio, de la misma forma se debe intentar solicitar pruebas o documentos que acrediten la veracidad de la información generada.

Entendiendo que es posible que toda la información que se requiere para realizar las evaluaciones de cada indicador, no repose dentro de las administraciones municipales, se diferenciará la información que se requerirá a las administraciones municipales, la que se tomara directamente de las administraciones de los sistemas de acueducto, abastecimiento y alcantarillado y la que tiene relación directa con sitios particulares.

Algunos son datos precisos, otros son preguntas cuyas respuestas permitirán realizar los análisis para las evaluaciones.

9.1 INFORMACIÓN ADMINISTRACIÓN MUNICIPAL

La información específica que debe ser tomada de las administraciones municipales será la resumida en la tabla 28

Tabla 28. Información Administración Municipal

ID	DESCRIPCIÓN
A	Población Total
B	Inventario de sistemas de abastecimiento y acueducto que operan dentro del municipio (numero, nombre, dirección y teléfono de contacto)
C. SANEAMIENTO BASICO	
C1	Número de personas o censo que no cuentan con unidades sanitarias en sus viviendas o sistema de alcantarillado (población urbana) o no cuentan con unidades sanitarias dentro de sus viviendas y/o no cuentan con soluciones de tratamiento de aguas residuales domesticas en el sitio de origen (población rural)
C2	Si no cuenta con dicho censo se verificará si la administración está realizando la estimación de personas sin saneamiento básico y su porcentaje avance
D. SISTEMAS DE ALCANTARILLADO	
D1	Copia de plan maestro de alcantarillado si existe,
D2	Información de ejecución de obras de alcantarillado o unidades de tratamiento de aguas residuales domesticas (si o no)
E	Número de personas que no cuentan con suministro de agua potable
F. CONSUMOS DE AGUA POTABLE	
F1	¿Se tienen identificados los consumos de agua según sus usos? (si o no)
F2	¿Se tienen identificados los consumos de agua según sus usos? (si o no)
F3	¿Se cuenta con sistemas de medición de consumo del agua según actividades económicas? (si o no)
F4	¿La facturación del servicio de agua se realiza diferencialmente respecto al uso? (si o no)
F5	¿Se reportan los datos de consumo por uso de todos los sistemas, a la administración municipal, semestralmente? (si o no)
F6	¿La administración municipal totaliza los consumos? (si o no, si lo hacen solicitar copia)
F7	¿La administración calcula datos de huella hídrica? (si o no, si lo hacen solicitar copia)
G. HUELLA HIDRICA	
G1	Avance y copia de documento de análisis de huella hídrica de las actividades económicas del municipio
G2	¿Se ejecutan acciones basadas en los análisis de huella hídrica para optimizar el uso del agua? (si o no, si lo hacen solicitar copia)
H. ESTUDIOS DE BIODIVERSIDAD	

H1	Copia de estudios de biodiversidad que se han realizado en el municipio
H2	Si cuentan con estudios de biodiversidad se verificará si estos cuentan con:
	Identificación de riesgos (si o no y avance)
	Acciones de mitigación (si o no y avance)
I. COMPENSACIONES AMBIENTALES	
I1	¿El municipio cuenta con información de las compensaciones ambientales otorgadas por la corporación ambiental dentro de la jurisdicción del municipio? (si o no, copia base de datos)
I2	¿El municipio cuenta con áreas de compensación de influencia a las fuentes de abastecimiento del municipio (predios de interés hídrico)? (si o no, copia base de datos o planimetría)
I3	¿El municipio cuenta con la definición de especies para realizar compensaciones? (si o no, listado de especies)
I4	¿El municipio cuenta con un documento plan de seguimiento y mantenimiento a compensaciones? (si o no, avance de realización y copia)
	Si es positiva la respuesta anterior,
I5	¿El documento plan de seguimiento y mantenimiento a compensaciones cuenta con aprobación por parte de la autoridad ambiental competente? (si o no, copia de aprobación)
I6	Se debe solicitar información del porcentaje de ejecución del plan de seguimiento y mantenimiento a compensaciones (porcentaje)
J	Base de datos de vertimientos a fuentes superficiales de aguas servidas dentro del municipio (solicitar copia)
K	Diseños de unificación de vertimientos (solicitar copia) y porcentaje de ejecución de dichas obras
L. PLANIFICACIÓN TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	
L1	¿El municipio tiene definido el predio y propiedad del mismo para la construcción de la PTAR? (si o no, coordenadas)
L2	Diseños de PTAR (solicitar copia)
L3	Aprobación permiso de vertimientos PTAR (solicitar copia)
K. CONSTRUCCIÓN DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	
K	Porcentaje de avance de construcción PTAR o confirmación de operación de la PTAR
M	Número de sitios donde se desarrollan actividades de ecoturismo con incidencia directa en fuentes hídricas

Tabla 28. (Continuación)

N. INUNDABILIDAD	
N1	El municipio cuenta con estudios de inundabilidad (si o no, avance)
N2	Determina las áreas inundables (si o no, coordenadas o planimetría)
N3	Porcentaje de definición de las posibles alternativas de mitigación ante los efectos de posibles eventos de inundación (Si o no, avance)
N4	Diseños de las obras de infraestructura definidas para la mitigación de posibles eventos de inundación (Copia de diseños)
N5	Permisos ambientales para la construcción de las obras de infraestructura definidas para la mitigación de posibles eventos de inundación (Copia de aprobación)
N6	Porcentaje de avance de la construcción de las obras de infraestructura definidas para la mitigación de posibles eventos de inundación (Porcentaje)
N7	Áreas de inundación del municipio se encuentran despejadas y las personas que las habitaban fueron reubicados (Si o no)
O	número total de investigaciones que cursan en el municipio por parte de la Procuraduría General de la Nación, la Contraloría General de la República o la Fiscalía General de la Nación dentro del manejo del recurso hídrico

9.2 INFORMACIÓN ADMINISTRACIÓN SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ABASTECIMIENTO

La información específica que debe ser tomada de las administraciones de cada uno de los sistemas será la resumida en la tabla 29

Tabla 29. Información Administración Sistema de Acueducto

ID	DESCRIPCIÓN
A	Altitud promedio de del sistema (metros sobre el nivel del mar)
B	Población de diseño del sistema
C	Número de suscriptores
D	Índice de Agua no contabilizada
F	Consumo doméstico del último año cumplido
G	Copia de la Resolución de aprobación de concesión de aguas (verificar vigencia, caudal aprobado y estructuras del sistema) Si no cuenta con concesión de aguas verificar si cuenta con los siguientes estudios, solicitar copia de la información con la que se cuenta:
H. INFORMACIÓN PARA SOLICITUD DE CONCESIÓN DE AGUAS	
H1	Nombre y localización de la fuente de donde se pretende hacer la derivación, o donde desea usar el agua (Si o no)
H2	Nombre del predio o predios, municipios o comunidades que se van a beneficiar, señalando en este último caso su ubicación (Si o no)
H3	Información sobre la destinación que se le dará al agua (Domestico, comercial, industrial etc)
H4	Cantidad de agua que se desea utilizar en litros por segundo (caudal a solicitar)
H5	Información sobre los sistemas para la captación, derivación, conducción, restitución de sobrantes, distribución y drenaje (Copia de planimetría y memorias de cálculo)
H6	Término en el cual se van a realizar las inversiones
H7	Informar si se requiere establecimiento o servidumbre para el aprovechamiento del agua o para la construcción de las obras proyectadas (Si o no)
H8	Término por el cual se solicita la concesión (Si o no)
H9	Copia de la autoliquidación realizada a través de VITAL y del comprobante de pago, tal cual lo establece la Resolución 324 de 2015, modificada por la resolución 1978 de 2018 de la ANLA (Si o no)
I	Si cuenta con los requisitos del numeral anterior se verificará si ya se encuentra radicada la solicitud de concesión ante la autoridad ambiental competente y el estado de su trámite

Tabla 29. (Continuación)

J	Se verificará el número de estructuras diseñadas, que en la realidad se encuentren construidas y su estado (visita de campo, número de estructuras, descripción y estado)
K	Se solicitará los certificados de calibración de la micromedición y macromedición del sistema, en los últimos 5 años
L	Último reporte mensual del IRCA expedido por la secretaría de salud de departamental
M. ATENCIÓN DE FUGAS EN TUBERIAS	
M1	¿Qué proceso realizan para la atención de fugas en las tuberías? (Se deberá transcribir la respuesta)
M2	¿Cuentan con algún documento? (si o no) Si cuentan con un documento, se realizarán las siguientes preguntas y se solicitará copia del documento:
M3	¿El documento esta revisado o avalado por un profesional idóneo? (si o no)
M4	¿El documento cuenta con aprobación de la administración del sistema? (si o no)
M5	¿El documento ha sido socializado con los usuarios en una asamblea? (si o no)
N. EVENTUALIDADES EN CAPTACIONES	
N1	¿Qué proceso realizan para la atención de eventualidades en las captaciones (taponamientos, rupturas, fallas o cualquier evento que impida la captación de agua del sistema)? (Se deberá transcribir la respuesta)
N2	¿Cuentan con algún documento? (si o no) Si cuentan con un documento, se realizarán las siguientes preguntas y se solicitará copia del documento:
N3	¿El documento esta revisado o aprobado por el comité municipal de gestión del riesgo? (si o no, revisado o aprobado)
N4	¿El documento ha sido socializado con los usuarios en una asamblea? (si o no)
N5	¿El documento se encuentra implementado? (si o no)
O. FUENTES ALTERNAS DE ABASTECIMIENTO	
O1	¿Se estiman fuentes alternas para el abastecimiento? (si o no)
O2	¿Se realizan recorridos de reconocimiento? (si o no)
O3	¿Se reconocen las fuentes hídricas del área de influencia? (si o no, cuantas, ¿es la totalidad?)

Tabla 29. (Continuación)

O4	Si la respuesta es positiva para las preguntas anteriores, se solicitará copia de los estudios y diseños de la captación para la fuente alterna y su conexión al sistema principal
O5	Se solicitará copia de la resolución aprobatoria de la concesión de aguas de contingencia
O6	Se verificará el número de estructuras diseñadas, que en la realidad se encuentren construidas y conectadas al sistema principal para operación
P	Ubicación de las estructuras de captación (coordenadas, archivo kmz, shape o dwg georreferenciado)
Q. USO Y AHORRO EFICIENTE DEL AGUA	
Q1	¿Qué medidas toman para el uso y ahorro eficiente del agua? (Se deberá transcribir la respuesta)
	Si cuentan con un documento, se realizarán las siguientes preguntas y se solicitará copia del documento:
Q2	¿El documento esta revisado por la autoridad ambiental competente? (si o no)
Q3	¿El documento está aprobado por la autoridad ambiental competente? (si o no, copia de documento de aprobación)
Q4	¿El documento ha sido socializado con los usuarios en una asamblea? (si o no)
Q5	¿El documento se encuentra adoptado y en qué porcentaje ejecutado? (si o no)
R. TALENTO Y RECURSOS HUMANOS	
R1	¿Con que personal cuenta?
R2	Junta directiva organización directiva (si o no)
R3	Fontaneros (si o no)
R4	Secretaría y atención al público (si o no)
R5	Técnicos o tecnólogos (si o no)
R6	Gerencia (si o no)
R7	Personal de facturación (si o no)
R8	Personal de compras y adquisiciones (si o no)
R9	Personal en archivo, almacén y sistemas de información (si o no)
R10	Asesoría jurídica y contratación (si o no)
R11	Personal profesional que coordina cada servicio que ofrece el sistema (si o no)

Tabla 29. (Continuación)

S	Número de asambleas con los usuarios o representantes realizadas en el año cumplido inmediatamente anterior (Copia de actas)
T	Número de usuarios que pagaron la factura por cada mes durante el año cumplido inmediatamente anterior
U	Número de usuarios totales por cada mes durante el año cumplido inmediatamente anterior
V. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA	
V1	¿Con que información gráfica cuenta para la operación del sistema? (transcriba la respuesta) Si la respuesta es afirmativa se verificará:
V2	Planimetría en físico elaborada a mano (si o no, fotografías)
V3	Planimetría se encuentra en medio digital y editable (si o no, copia)
V4	Si el sistema está realizando el levantamiento de la información en terreno con un catastro de sus elementos con todas las especificaciones técnicas se solicitará el porcentaje de avance (porcentaje y copia)
V5	Porcentaje de avance de la creación de una base de datos del sistema con la información levantada en el catastro (Porcentaje y copia)
V6	Si el sistema cuenta con un SIG actualizado y la totalidad de las especificaciones técnicas de todos los elementos se solicitará copia de los archivos (geodatabase, shape, etc)

9.3 INFORMACION DE SITIOS DONDE SE DESARROLLAN ACTIVIDADES DE ECOTURISMO CON INCIDENCIA DIRECTA EN FUENTES HÍDRICAS.

La información específica que debe ser tomada de las administraciones de cada uno de los sistemas será la resumida en la tabla 30

Tabla 30. Información Actividades de Ecoturismo

ID	DESCRIPCIÓN
A	Plan de manejo (solicitar copia)
B	Aprobación autoridad ambiental competente (Solicitar copia de la aprobación)
C	Cálculo de capacidad de carga (valor)
D	Acceso adecuado al sitio peatonal y/o vehicular (si o no)
E	Baterías de baños (si o no)
F	Senderos internos (si o no)
G	Señalización interna referente a particularidades y mitigación de riesgos e impactos (si o no)
H	Recolección y separación de residuos sólidos (si o no)
I	Sitio de atención ante posibles emergencias de los usuarios (si o no)
J	sistemas de alertas tempranas en cuanto a crecientes, desbordamientos, incendios, sequias, altos oleajes etc (si o no)

10 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

El levantamiento de la información se realizó mediante métodos integrados de análisis literario y encuesta/entrevista, donde se analizaron los planes de desarrollo de la vigencia presente del municipio escogido y se llevaron a cabo entrevistas con las secretarías de planeación y empresas de servicios públicos del municipio mediante llamadas telefónicas, videollamadas y/o en persona, teniendo en cuenta la dificultad existente debido a la emergencia sanitaria dada la pandemia por el virus Covid-19; de tal forma que se diligenciaron formatos para obtener de manera ordenada la información necesaria expuesta en el numeral anterior:

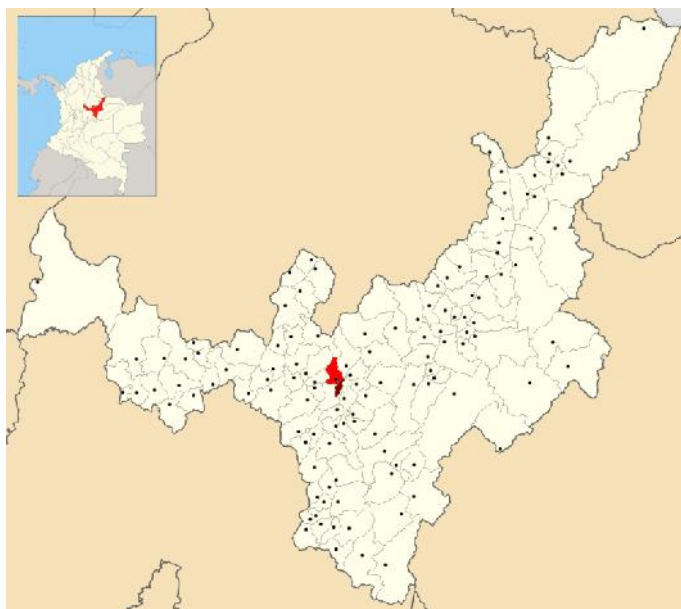
- Formato Administración Municipal: Anexo 1a
- Formato Administración del Sistema Anexo 1b
- Formato Sitios Ecoturismo Sector Recurso Hídrico Anexo 1c

Para la obtención de la información se obtuvo el apoyo de estudiantes que hacen parte del semillero de investigación SHWR (seedbed in hydrology and wáter resources management) en el proyecto de Gobernanza del agua en cuencas rurales, quienes en conjunto realizaron los acercamientos y diligenciamientos correspondientes a los municipios escogidos como casos de estudio para el desarrollo experimental de la presente investigación.

11 CASO DE ESTUDIO

El municipio escogido para realizar la aplicación de las metodologías diseñadas y posterior cálculo del GWI, fue Motavita, ubicado en el departamento de Boyacá como se muestra en la Figura 2.

Figura 3. Ubicación de municipios con cuencas rurales a analizar.



Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki>

El municipio fue fundado en 1.816, pertenece a la Provincia de Centro del Departamento de Boyacá y cuenta con una extensión aproximada de 60Km² en altitudes que van desde los 2.690 a 3.240 msnm. Políticamente esta dividió en el centro urbano y en la zona rural por cinco veredas: Salvial, Centro, Ristá, Carbonera, y Sote Panelas. De las proyecciones del Censo Nacional de Población

y Vivienda – 2.018 realizado por el DANE se tiene para el año 2.020 una población de 5.703 habitantes; sin embargo el DANE, registra un 5,7 de porcentaje por omisión censal, mostrando que si bien es cierto el 94.3% de los habitantes del municipio atendieron al censo, muchos quedaron sin censar y algunos manifiestan que quedaron mal censados, gran población de adulto mayor quedó por fuera del censo, debido a que se encontraban en otros sitios y luego regresan a sus veredas (Municipio de Motavita, 2020).

Para el cálculo de cada uno de los indicadores, se tuvo en cuenta documentación oficial, a pesar que documentos importantes como el Esquema de Ordenamiento Territorial se encuentran desactualizados; y entrevistas realizadas tanto a la Secretaria de Planeación e Infraestructura Física y la Empresa de Servicios Públicos Servimotavita, cuyos formatos conforman el anexo 2.

11.1 MOTAVITA MI

El municipio cuenta con una empresa de servicios públicos SERVIMOTAVITA, la cual abastece al casco urbano y las veredas Sote Panelas y Versalles; y dentro del mismo funcionan 3 asociaciones de acueducto que abastecen a las veredas restantes, los cuales son: Asociación de Suscriptores del Acueducto de la vereda Carbonera, Asociación de Suscriptores del Acueducto de la vereda Quebrada Honda y Asociación de Suscriptores del Acueducto de la vereda Ristá. Sin embargo administrativamente las 3 asociaciones de acueducto están unificadas administrativamente a Servimotavita mediante el pago unificado del servicio, por ende la evaluación del presente indicador se realizará únicamente a dicha empresa según el formato dirigido a la Administración Municipal en el literal B, según información de Servimotavita en el formato dirigido a la administración del sistema, las estructuras son obsoletas en muy mal estado, fueron construidas hace más de

30 años y no cuentan con macromedición, ni calibraciones de los micromedidores; el valor de MI es de 6,5.

11.2 MOTAVITA EGH

Para el cálculo de este indicador se obtuvieron los siguientes sub indicadores:

11.2.1 MOTAVITA Sa: Se trabajó con el dato suministrado por el Plan de Desarrollo “Construyendo progreso para Motavita”; y los valores de los literales C1 Y C2 del formato dirigido a la Administración Municipal para la población en riesgo de saneamiento

PRR = Población riesgo saneamiento Rural = 1.323 personas (27%)

PRU = Población riesgo saneamiento Urbano = 0 personas (0%)

$$\%P_{\text{ón R}} = \left(\frac{1.323 + 0}{5703} \right) \times 100 = 23,20\%$$

Teniendo en cuenta que a la fecha lo no se está ejecutando ningún programa de mejoras de vivienda, ni construcción de unidades sanitarias el valor de este subindicador será:

$$Sa = 8$$

11.2.2 MOTAVITA Da: Según la información de Servimotavita, los sistemas están diseñados para una población total de 5.000 personas, población que a la fecha es inferior a la real, por ende el subindicador Da se calculó teniendo en cuenta el número de suscriptores del sistema, con los literales A, B, C, D y F del formato dirigido a la Administración del Sistema

El valor de altitud del sistema (2.965 msnm) se adquirió del promedio de las alturas existentes en el municipio, que van desde 2.690 a 3.240 msnm (Municipio de Motavita, 2020); de tal forma que la dotación neta máxima será de $120 \frac{L}{ha} * d$. El número de suscriptores a los sistemas de acueducto es de 1386 (Servimotavita, 2019).

$$D_{\text{dotación}} \left(\frac{L}{s} \right) = (1.386 \times 4) \times 0,0014 \left(\frac{L}{ha} * s \right) = 7,76 \frac{L}{s}$$

El valor del IANC según Servimotavita es del 40% valor que sobre pasa el máximo permitido por la normatividad nacional, de tal forma que se asume el máximo permitido (30%)

$$D_{\text{total}} \left(\frac{L}{s} \right) = 7,76 \left(\frac{L}{s} \right) + 30\% (C, 2004) = 10,09 \frac{L}{s}$$

El Caudal concesionado total en el municipio (sumatoria de concesiones actuales) es de $12,72 \frac{L}{s}$ (Servimotavita, 2019). Entonces:

$$\frac{10,09 \text{ (L/s)}}{12,72 \text{ (L/s)}} \times 100 = 79,32\%$$

El valor de Da para el Municipio de Motavita será

$$Da = 5$$

11.2.3 MOTAVITA Wa: La cobertura de acueducto para el sector urbano es del 100% y para el sector rural del 56,99% (Municipio de Motavita, 2020).

PW_a = Población que carece de servicio de suministro de agua potable.

PW_{aR} = Población con servicio de suministro de agua potable Rural = 2.791 personas (56,99%)

PW_a = Población con servicio de suministro de agua potable Urbano = 0 personas (0%)

El índice de servicio de agua potable para Motavita es:

$$I\text{I}_a = (2.791 / 5.703) \times 100 = 48,93\%$$

El valor final del sub indicador W_a :

$$W = \frac{48,93}{10} = 4,9$$

11.2.4 MOTAVITA Ca: El municipio ha sido reportado con un nivel de riesgo medio en los últimos tres años, para el último año reportado 24,64 (Municipio de Motavita, 2020).

Realizando la interpolación, el valor de Ca para Motavita es 6,22

11.2.5 MOTAVITA Af: El municipio y Servimotavita no cuentan con documento ante la atención de fugas en las tuberías, sin embargo ante dichos eventos realizan la suspensión del servicio, una inspección visual del daño, inmediatamente se procede a hacer la reparación del mismo, información dada por parte de Servimotavita según el formato de información para la administración del sistema, literales M1 y M2; de tal forma:

$$Af = 3$$

Finalmente, el valor de EGH es:

$$E_t = \frac{8 + 5 + 4,9 + 6,22 + 3}{5} = 5,42$$

11.3 MOTAVITA VH

Según información de Servimotavita no se cuenta con documento ante posibles contingencias que se presentan en caso de falencias en los sistemas de abastecimiento (fallas, colapsos, mantenimientos, taponamientos etc.) sin embargo a fin de evitar desperdicios de garantizar siempre el suministro del recurso se ejecutan las siguientes labores según el formato dirigido a la administración del sistema en los literales N1 y N2 cuando:

Taponamientos: Se hace excavación en el terreno y con compresor se inyecta aire para poder establecer el punto está el taponamiento, o limpieza de las estructuras tapadas.

Rupturas: Se hace la suspensión del servicio, excavación y observación del punto de humedad y se hace la reparación.

Fallas: Se realiza la excavación y se hace una observación.

De tal forma el valor de VH para Motavita es 2

11.4 MOTAVITA RI

La Corporación Autónoma de Boyacá CORPOBOYACA, conceptuó favorablemente ante la solicitud del Municipio de Motavita para la consecución de la concesión de aguas superficial a derivar de las fuentes Quebrada NN, Nacimiento Pantano Amarillo, Nacimiento Balseros, Nacimiento Barro Hondo, Quebrada la Hoya, Nacimiento el Tanque, Nacimiento Cardonal y Nacimiento Boqueron (CorpoBoyaca,

2019); sin embargo a la fecha no se ha expedido resolución aprobatoria por parte de la corporación.

De tal forma que el valor de RI para el Municipio de Motavita es 6

11.5 MOTAVITA EH

El valor de altitud del sistema (2.965 msnm) se adquirió del promedio de las alturas existentes en el municipio, que van desde 2.690 a 3.240 msnm (Municipio de Motavita, 2020); de tal forma que la dotación neta máxima será de $120 \frac{L}{ha * d}$.

$$43,8 \left(\frac{m^3}{ha * año} \right)$$

EL valor de EH para el Municipio de Motavita es 0.

11.6 MOTAVITA HA

Teniendo en cuenta lo diligenciado en el formato para la administración municipal, los literales F1, F2, F3, F4, F5, F6, G1, G2 y G3, se evidencia que el municipio cuenta con medición y facturación diferenciada del servicio de agua potable según

los usos, sin embargo, estos datos no son reportados ni gestionados por la administración municipal ni se realiza ningún análisis de huella de agua.

El valor de HA es 3.

11.7 MOTAVITA AUA

El 100 % de las captaciones que surten de agua potable al municipio están situadas dentro de su mismo territorio, por ende, el valor de AUA es de 10.

11.8 MOTAVITA UAH

Actualmente el municipio deberá revisar, actualizar y ajustar el Programa para el Uso Eficiente y Ahorro del Agua, PUEEA, con el fin de implementar acciones que permitan ayudar a mitigar esta problemática (Municipio de Motavita, 2020) por ende al contar con un PUEEA aprobado por la corporación ambiental el valor de UAH es 8.

11.9 MOTAVITA BD

El municipio no cuenta con estudio de biodiversidad, el valor de BD es 0.

11.10 MOTAVITA EMA

A pesar que el municipio no cuenta con la información de las compensaciones ambientales interpuestas por la corporación ambiental en su territorio, la Administración Municipal y Servimotavita iniciaron una reforestación a la fuente hídrica del Cardonal, con 1.950 plántulas y esperaba completar 5.400, y se programan, para invertir parte del 1% de sus ingresos corrientes para recuperar la cobertura vegetal de las zonas de importancia hídrica, a través de la reforestación, (Municipio de Motavita, 2020) de tal forma que se entiende que se tienen definidas áreas de interés hídrico, entonces el valor de EMA es 3.

11.11 MOTAVITA ETR

Según el seguimiento que la corporación ambiental realiza al PSMV se encuentra en vigencia a la fecha, con un avance de ejecución del 66.42% hasta el año 8 (a 2 de enero de 2019), donde se evidencia atraso en la ejecución en las actividades tendientes a la reducción de cargas contaminantes. La PTAR no se encuentra en funcionamiento y el vertimiento del municipio no tiene permiso de vertimientos otorgado por CorpoBoyaca para la PTAR. El uso del suelo establecido en el EOT, no corresponde al que debería ser, por consiguiente, incumple los requisitos para el establecimiento y operación de la misma en este sector (Municipio de Motavita, 2020), así entonces el valor de ETR es 4.

11.12 MOTAVITA A

Dentro del municipio ni se desarrollan actividades de ecoturismo con incidencia directa en las fuentes hídricas según el formato dirigido a la Administración Municipal literal M, a pesar de contar con extensión en ecosistema estratégico de paramo (Municipio de Motavita, 2020), el valor de A es 0.

11.13 MOTAVITA CH

Servimotavita cuenta con junta directiva, fontaneros, secretaria, personal técnico, gerencia, facturación y de compras y adquisiciones, según lo contemplado en el formulario dirigido a la Administración del Sistema en los literales R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10 y R11; donde el valor de CH es 7.

11.14 MOTAVITA PP

Servimotavita realizó 2 asambleas el año anterior según lo informado por la gerencia y el literal S del formato dirigido a la Administración del Sistema, sin embargo, no se cuenta con evidencia de ello; la puntuación de PP es de 2.

11.15 MOTAVITA ECC

Servimotavita no cuenta con la estadística de la cantidad de usuarios que pagaron puntualmente la factura según el literal T del formato dirigido a la Administración del Sistema por ende el valor de ECC es de 0

11.16 MOTAVITA ACC

A pesar que el municipio no cuenta con un estudio de inundabilidad completo, ha identificado las áreas de mayor predisposición a presentar problemas de inundación corresponden a las zonas de más baja pendiente, asociadas al valle de la quebrada El Infierno, a la altura de la vereda Centro, el río Farfacá, en los límites con el municipio de Tunja (vereda Ristá) y el gran valle cuaternario del río Pomeca, una extensa zona de antiguos humedales y que conforman parte de la vereda Sote Panelas (sector Frutilla). Los depósitos fluviales son los de mayor afectación con niveles de retorno cada 7 años aproximadamente, los humedales y depósitos aluviales son consideradas como zonas de amortiguamiento hídrico, como lo describe el EOT, documento que se encuentra desactualizado, pero aún vigente (Municipio de Motavita, 2020); entonces el valor de ACC es 3.

11.17 MOTAVITA CI

Servimotavita cuenta con información planimetría en físico, elaborada a mano, el valor de CI es 2.

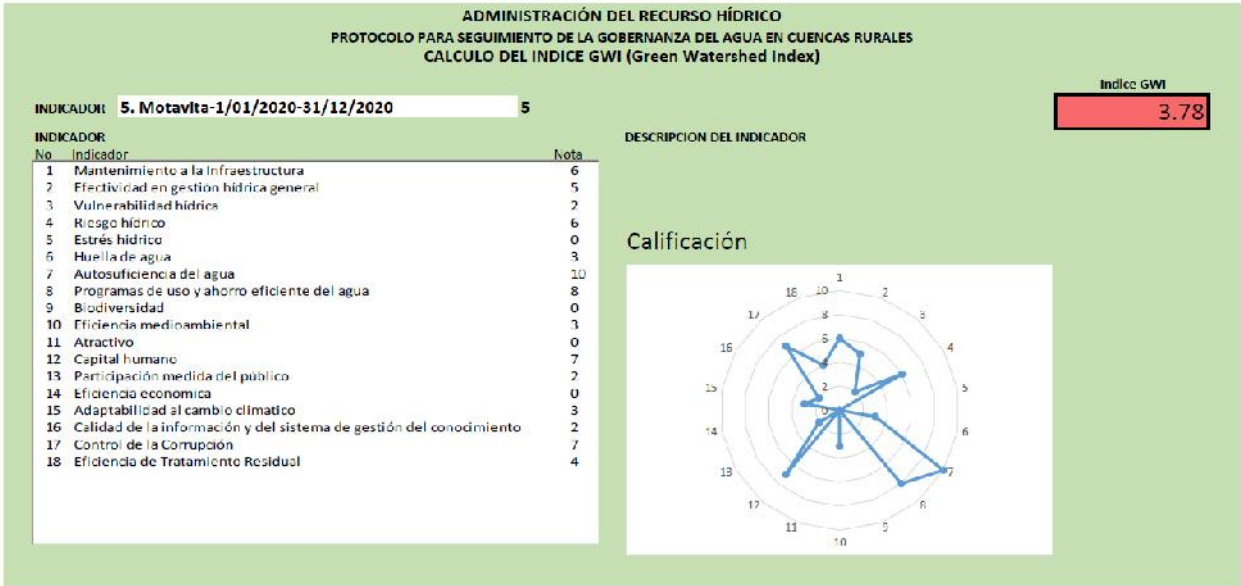
11.18 MOTAVITA CC

Sobre la PTAR cursan dos acciones de tutela 2016-040, cuyo accionante es el señor Clemente Daza Chivata y 2017-037 interpuesta por el señor José Libardo Tipazoca Torres, en contra del municipio de Motavita, CORPOBOYACA y otros, por la no reducción de cargas contaminantes, la ubicación de la PTAR, los problemas ambientales de olores y vectores, entre otros. En la vigencia anterior, se registraron dos incidentes de desacato 2019-054 y 2019-055, por no atender lo dispuesto en el fallo de las tutelas (Municipio de Motavita, 2020). Sobre el servicio de acueducto el municipio fue declarado responsable de la vulneración de los derechos colectivos a la seguridad y salubridad pública, por la no prestación del servicio de acueducto oportuno a los habitantes de la vereda Salvial. La Sentencia de Primera Instancia tiene el radicado 15001-33-33-003-2017-00201-00, del Juzgado Tercero Administrativo Oral, proceso que se encuentra vigente. El valor de CC es de 7.

Finalmente, se ingresaron los datos a la aplicación que permite realizar el cálculo el cálculo del GWI para el municipio de Motavita donde se obtuvo un valor de **3,78** en una escala de 0 a 10, es importante resaltar que la aplicación permite visualizar un diagrama tipo radar con el que se puede verificar el resultado y algunas particularidades interesantes del municipio de Motavita, dentro de lo apreciable se puede verificar que el comportamiento de los indicadores es bastante irregular donde dos indicadores muestran pico favorable hacia la sostenibilidad, y el resto

muestran una tendencia desfavorable hacia escenarios no sostenibles del manejo integral del recurso hídrico dentro del municipio de Motavita.

Figura 4. GWI Motavita



12 ANÁLISIS DE RESULTADOS

En general Motavita muestra una gestión no sostenible sobre el recurso hídrico del municipio, pero con facilidad en el aumento del valor del GWI en el corto y mediano plazo, teniendo en cuenta la actualidad y algunas características favorables que permiten proyectar dentro de los siguientes años, acciones rápidas que deben plasmarse en planes y programas dentro de la gestión integral del recurso hídrico; específicamente se analiza cada indicador a detalle a continuación:

Para el indicador **MI** (Mantenimiento a la Infraestructura) el valor es de **6,5**, en una escala de **10**, comportamiento medianamente sostenible.

Partiendo de la importante característica con la que cuenta El municipio, referente a la unificación administrativa de los sistemas de acueducto y abastecimiento que operan dentro del territorio, característica que permite la toma de decisiones en pro del bien común de la población, con criterios objetivos y sesgando los intereses particulares que el manejo del recurso hídrico genera. Sin embargo el estado de los sistemas de abastecimiento que suministran el agua potable, cuentan con infraestructura obsoleta en función de la población actual servida además del mal estado de las estructuras que se construyeron hace más de 25 años, la inexistencia de la macromedición y ausencia de calibración a la micromedición; en otras palabras, el municipio cuenta con sistemas que están debidamente constituidos con sus respectivas concesiones de aguas, pero con necesidad de reformas, mejoras y actualizaciones a las necesidades de la población. Como es de esperarse la inversión para aumentar el valor de este indicador es considerable y se deben plantear objetivos para el corto mediano y largo plazo, en función de la disponibilidad presupuestal y prioridad según diagnóstico que permita encontrar técnicamente el estado de cada sistema y cada estructura

Para el indicador EGH el cual comprende sub índices como: Sa (Saneamiento) Da (Demanda de agua), Wa (Acceso al agua), Ca (Calidad de Agua), Af (Atención a Fugas en el Sistema Implementado)

El valor respectivo de cada uno fue:

Para Sa el valor de este sub indicador es de 8, en una escala de 10, comportamiento medianamente sostenible.

La Administración Municipal cuenta con la identificación de la población que carece de servicio de alcantarillado o que carece de unidades sanitarias y con base en el dato de población total plasmado en el Plan de Desarrollo “Construyendo progreso para Motavita 2.020-2.023”, se encuentra que la población rural en riesgo de saneamiento representa el 27% (1.323 personas) y la población urbana no presenta riesgo de saneamiento, lo cual indica cuantitativamente un riesgo bajo, entendiendo que la cobertura de saneamiento es significativa con el cubrimiento total en la zona urbana y parcial (73%) en la zona rural; sin embargo las 1.323 personas que presentan riesgo de saneamiento en el sector rural evidencian la carencia de servicios públicos de las poblaciones rurales de la región, las cuales se encuentran en condición de susceptibilidad ante enfermedades de origen hídrico al hombre y animales, generación de vectores y/o alteración del normal desempeño de las labores de la población propia de la vivienda y sus aledaños. Las soluciones más eficientes para la disminución de la población en riesgo por saneamiento y el aumento del valor para el subindicador **Sa** estarán sujetas a la generación de proyectos de diseño y construcción de unidades sanitarias que cuenten con los aparatos sanitarios mínimos (sanitario, lavamanos y ducha) además de los demás parámetros establecidos en el código colombiano de fontanería NTC-1500 y de la mano de sistemas de tratamiento de aguas residual en el sitio de origen según los requerimientos de la Resolución 0330 de 2.017 y el Título E del Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.

Para Da el valor de este sub indicador es de 5, en una escala de 10.

Es importante partir de la premisa que la población de diseño para los sistemas en la actualidad es superada en un 14,06% por la población actual del municipio, además que los sistemas actuales tienen al menos 30 años de uso por ende su infraestructura es precaria ante las necesidades que el Municipio tiene hoy en día. La altitud promedio de Motavita evidencia una población con clima frío por ende el consumo de agua dulce no es tan elevado como en zonas cálidas o costeras; adicionalmente el índice de agua no contabilizada estimado según Servimotavita es del 40% el cual sobrepasa el máximo permitido mostrando que existen pérdidas en los sistemas de abastecimiento y distribución de agua potable de gran magnitud y que su existencia se da a partir de la ausencia de sistemas de macromedición que permitan tener el control de los flujos de agua dentro del sistema. Sin embargo la relación entre la demanda de agua del municipio y el caudal total concesionado en todo su territorio es del 79,32%, es decir la cantidad de agua que solicita el municipio para su desarrollo y actividades básicas en la actualidad es inferior a la cantidad de agua que según la corporación ambiental CorpoBoyacá puede captar y para la que están diseñados los sistemas, de tal forma que Servimotavita podría ampliar las redes de sus sistemas según el desarrollo urbanístico y económico de cada zona, para cobijar hasta un 20,68% más de usuarios que traduciría a 2,63 L/s adicionales a la demanda actual.

Para W_a = el valor de este sub indicador es de 4,9, en una escala de 10.

La cobertura de acueducto para el sector urbano que es del 100% y para el sector rural de 56,99% según el Plan de Desarrollo “Construyendo progreso para Motavita 2.020-2.023”, lo que representa a 2.106 personas (51% de la población del municipio) sin servicio de agua potable para sus viviendas y labores diarias, todas situadas en la zona rural del municipio evidenciando la carencia de servicios públicos de las poblaciones rurales de la región al igual que el sub indicador **Sa**. Las personas sin servicio de agua potable se ven obligados a recoger agua sin ningún tratamiento de fuentes superficiales, represas y afloramientos, en algunos casos desde sitios muy lejanos para suplir sus necesidades básicas, haciéndolos

población susceptible enfermedades de origen hídrico al hombre y animales, además de la alteración del normal desempeño de las labores de dicha población. Si bien es cierto la relación evaluada en el sub indicador anterior sugiere que los sistemas de ServiMotavita pueden ampliar sus redes para ampliar su cobertura, la capacidad de ampliación no será suficiente para abarcar la dotación mínima para las 2.106 personas que no cuentan con servicio de agua potable, que en función del caudal traducen 2,95 L/s; esto evaluando el municipio en la actualidad, pero al proyectarlo al futuro en los siguientes años el aumento de población generará que los sistemas no den abasto para suplir con la demanda exigida, obligando a pensar en diagnosticar a detalle el estado actual de las estructuras y redes de los sistemas de Servimotavita para diseñar y ejecutar las repotencializaciones necesarias con proyección suficiente para abarcar no solo el 100% de la población con el servicio de agua potable sino cubrir el crecimiento demográfico normal del territorio.

Para C_a = el valor de este sub indicador es de 6,22, en una escala de 10, comportamiento medianamente sostenible.

Con el último reporte del IRCA expedido por la Secretaria de Salud Departamental de cada sistema de abastecimiento y acueducto que opera dentro de Motavita se expone que el agua consumida presenta riesgo medio y que sus características fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas no son aptas para consumo humano, situación que según el Sistema de Información para la Vigilancia de Calidad de Agua Potable, SIVICAP, del Instituto Nacional de Salud; ha sido una constante durante los últimos tres años con valores que han oscilado entre 14,1 y 35,09%, por lo tanto se relaciona como posible fuente de enfermedades de la población es especial de la niñez; por ende y de manera prioritaria debe informarse al Alcalde Municipal y la administración de ServiMotavita para que se gestionen y dispongan los recursos necesarios para articular y ejecutar diagnósticos a las PTAP en operación y las respectivas obras de mejora hasta tanto el agua suministrada a la población no presente riesgo sanitario de ningún tipo y la puntuación de C_a sea 10, siendo el único valor aceptable para este sub indicador.

Para Af = el valor de este sub indicador es de 3, en una escala de 10, comportamiento no sostenible.

La forma en que ServiMotavita atiende las posibles fugas dentro de las redes de tuberías para evitar el desperdicio y posibles afectaciones sobre todo a la infraestructura vial, obedece a labores de suspensión del servicio, excavación, inspección visual del daño y respectiva reparación; es decir las atención a fugas se realiza únicamente basado en la experiencia y conocimiento empírico de los fontaneros, con supervisión y aprobación por parte del personal profesional y técnico de la empresa, mostrando que no se ha apostado a definir un protocolo que genere eficiencia tanto económica como en los tiempos de intervención de las posibles fugas, puntualizando los procesos desde la seguridad de los usuarios y personal operativo de la reparación que evite traumatismos al normal desarrollo específicamente en la posibilidad del sector afectado y permita. Además es importante tener en cuenta que la definición y elaboración de dichos planes de acción con la revisión y aprobación de personal idóneo, el respectivo visto bueno de la administración del sistema, socialización a los usuarios mediante asamblea para finalmente su implementación, propende adicionalmente a lo expuesto anteriormente, forzar la sinergia de todos los actores involucrados del sistema mejorando la operatividad del mismo en la probable ocurrencia de fugas en las tubería del sistema bien sea en las redes de aducción, conducción y/o distribución y disminuyendo la dependencia a personal que para las empresas de servicios públicos cambian según las disposiciones políticas en frecuencias de aproximadamente 4 años.

Amen a lo anterior la evaluación del indicador **EGH** que corresponde a **5,42**, indica que Motavita presenta un comportamiento medio, con algunas características medianamente sostenibles en la efectividad de la gestión hídrica, donde se debe dar atención prioritaria la mejora de la calidad del agua de los sistemas administrados por Servimotavita, potencializando sus PTAP para poder optimizar el

IRCA municipal, sin embargo expone puntos favorables dentro del manejo de servicios públicos enfocados al recurso hídrico sobre todo en la zona urbana, pero con un atraso en la atención en la zona rural que pueden ser corregidos mediante proyectos gubernamentales en convenios con Servimotavita en el corto y mediano plazo.

Para el indicador VH (Vulnerabilidad hídrica) el valor es de **2**, en una escala de **10**, comportamiento no sostenible.

De la misma forma que el sub indicador Af se evidencia la ausencia de planes de acción en este caso ante posibles eventualidades que puedan ocasionar la falta del suministro del recurso, debido a fallas en los sistemas de abastecimiento (colapsos, mantenimientos, taponamientos etc.), aunque se adoptan labores a fin de evitar desperdicios y garantizar la dotación de agua basados en la experiencia y conocimiento empírico de los fontaneros, con supervisión y aprobación por parte del personal profesional y técnico de la empresa como suspensión del servicio, excavaciones, observación visual de los puntos de humedad, limpieza de las estructuras tapadas y sus respectivas reparaciones; se ratifica la falta de disposición por parte de la administración de Servimotavita para definir un protocolo que genere eficiencia tanto económica como en los tiempos de intervención que disminuyan las consecuencias negativas en posibles fallas en los sistemas de abastecimiento toda vez que las administraciones de los sistemas y municipales deben garantizar el servicio continuo de suministro de agua potable a la población servida. Por otro lado, también es apreciable la poca articulación entre las dependencias encargadas de la gestión del riesgo en el municipio y Servimotavita, entendiendo que el servicio de agua potable continuo mencionado debe estar blindado de manera especial mediante elementos aprobados y reconocidos desde la gestión del riesgo para que se pueda tener respuesta inmediata ante la ocurrencia de cualquier tipo de falla en la captación y abastecimiento del municipio.

Para el indicador RI (Riesgo) el valor es de **6**, en una escala de **10**, comportamiento medianamente sostenible.

Teniendo en cuenta el enfoque ante situaciones de desabastecimientos, se evaluó la gestión en cuanto a obtención del recurso de fuentes alternas, resaltando que el municipio adelanta ante la Corporación Ambiental CorpoBoyacá, la concesión de agua superficial a derivar de las fuentes Quebrada NN, Nacimiento Pantano Amarillo, Nacimiento Balseros, Nacimiento Barro Hondo, Quebrada la Hoya, Nacimiento el Tanque, Nacimiento Cardonal y Nacimiento Boqueron (CorpoBoyaca, 2019); y a la fecha cuenta con el concepto favorable, es decir que los estudios y diseños presentados son viables tanto financiera como ambientalmente; gestión que es muy considerable teniendo en cuenta que el municipio se ha declarado en repetidas ocasiones en urgencia manifiesta, como consecuencia de la problemática de desabastecimiento de agua y para dar solución debe apoyarse en la Gobernación de Boyacá y a la Alcaldía de Tunja, para poder suministrar agua a la población mediante carro tanques (15 a 20 veces a la semana), con capacidad entre 8 a 10 metros cúbicos, que es distribuida a la población tanto en el sector urbano como en el rural (Municipio de Motavita, 2020); de la misma forma el número de fuentes de las cuales se derivaran las concesiones solicitadas evidencian el reconocimiento de las fuentes hídricas del territorio, configurando un gran acierto en la misma solicitud. Por consiguiente, la administración municipal deberá gestionar los recursos económicos para la construcción de dichas obras de captación, tratamiento y conexión a las redes de distribución de los sistemas, de manera equitativa para que el uso del recurso se garantice teniendo en cuenta escenarios de desabastecimientos comunes en Motavita.

Para el indicador EH (Estrés hídrico) el valor es de **0**, en una escala de **10**, comportamiento no sostenible.

ServiMotavita a pesar de contar con sistema de micromedición y por ende con los datos de consumos por su facturación, no genera ningún tipo de estadística que le permita analizar patrones de consumo y analizar escenarios para controlar y operar

el sistema de manera sostenible en el tiempo, por lo cual la obtención de este indicador se realizó con base en la dotación neta máxima de la Resolución 0330 de 2.017 según el valor de altitud del sistema (2965 msnm) y así el resultado calculado del consumo doméstico es $43,8 \text{ m}^3/\text{ha} * \text{año}$; valor que es menor a $1.000 \text{ m}^3/\text{hab} * \text{año}$ arrojando la existencia de estrés hídrico. Esta característica se produce, cuando la demanda de agua excede la cantidad disponible durante un periodo determinado o cuando su baja calidad restringe su uso, entonces para Motavita la existencia de estrés hídrico permite corroborar la afectación por las sequias y desabastecimientos que se dan dentro del territorio, además de la baja calidad del agua suministrada; esto expuesto con en indicadores anteriores. En la medida que se ejecuten proyectos para mitigar las consecuencias de las sequias y mejorar la calidad del agua, el consumo doméstico aumentará y el estrés hídrico disminuirá considerablemente.

Para el indicador HA (Huella del agua) el valor es de **3**, en una escala de **10**, comportamiento no sostenible.

ServiMotavita realiza el cobro del servicio de agua potable a sus usuarios según su uso, es decir que cuenta con la base de datos del consumo de agua según renglones económicos del municipio, pero no genera ningún tipo de estadística ni control de la cantidad de agua que se usa para producir los bienes y servicios que se dan dentro de Motavita; el desconocimiento de la gestión de los patrones de consumo cohibe la obtención de elementos de juicio para la toma de decisiones acertadas en los eventos de desabastecimiento y control de consumos elevados en servicios donde el coste del recurso llega a ser irrisorio en función de cantidad y uso responsable. Las medidas para aumentar el valor de este indicador pueden adoptarse en el corto plazo toda vez que se cuenta con toda la información necesaria.

Para el indicador AUA (Autosuficiencia del agua) el valor es de **10**, en una escala de **10**, comportamiento sostenible.

Este valor premia la riqueza de la geografía municipal teniendo en cuenta la disponibilidad del recurso hídrico dentro del mismo. Los sistemas que operan dentro de Motavita y que se encuentran unificados administrativamente por ServiMotavita poseen sus estructuras de captación dentro del territorio, factor de gran importancia ya que no debe llevar agua de otros municipios para su abastecimiento, así como también otorga la suficiente autonomía administrativa para tomar decisiones referentes al uso y gestión del recurso, disminuyendo posibles problemas de políticos entre municipios vecinos y la incurrencia en elevados costos que implican la construcción de sistemas con líneas de aducción y conducción de entre municipios.

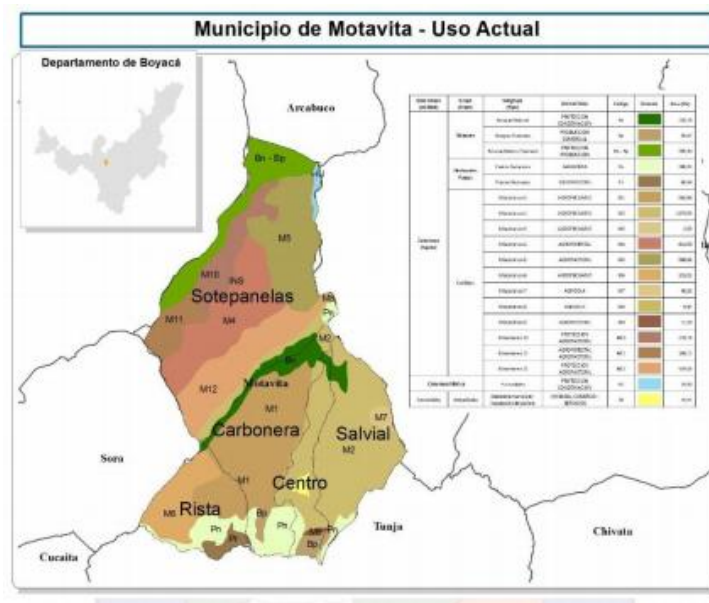
Para el indicador UAH (Programas de uso y ahorro eficiente del agua) el valor es de 8, en una escala de 10, comportamiento medianamente sostenible.

El municipio actualmente cuenta con un documento aprobado, pero con ejecución desconocida por tal motivo está sujeto a actualización y ajustes. Sin embargo ServiMotavita siendo la entidad responsable de la formulación e implementación de los proyectos o lineamientos dirigidos al uso eficiente y ahorro del agua, ha presentado ante la corporación ambiental CorpoBoyacá, al menos en tres oportunidades actualizaciones y ajustes, que a la fecha se encuentran sin visto bueno, toda vez que no hay estrategias claras sobre la protección y conservación de las fuentes abastecedoras, como tampoco una propuesta para reducción de pérdidas, eficiencia administrativa, educación ambiental y cultura frente al uso adecuado del recurso hídrico (Municipio de Motavita, 2020); es apreciable la falta de disposición del municipio ante la elaboración y definición de planes operativos y de acción que permitan mejorar la eficiencia del uso y manejo del recurso, reafirmando la falta de planificación ante la gestión integral del recurso hídrico en la creación de estrategias que permitan tener control de su territorio, comportamiento evidenciado también en indicadores como **HA**, **HV** y el sub indicador **Af**.

Para el indicador BD (Biodiversidad) el valor es de **0**, en una escala de **10**, comportamiento no sostenible.

Desde el contexto departamental, Boyacá enfrenta amenazas a la riqueza natural y por ende a la biodiversidad de ecosistemas que equilibran y sostienen ambientalmente siguiendo la tendencia nacional según el sistema de información sobre biodiversidad, el municipio de Motavita contempla en su Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT), la clasificación de las zonas para la conservación y protección del medio ambiente como se muestra en la figura 4.

Figura 5. Usos de Suelo, Municipio de Motavita



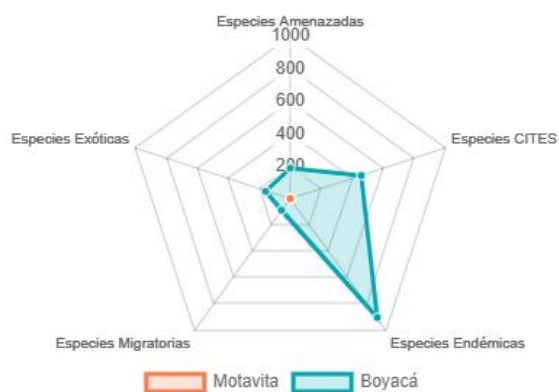
Fuente: (Municipio Motavita, 2000)

El EOT reconoce zonas de páramo y subpáramo, zonas periféricas de amortiguamiento, áreas periféricas de nacimiento de quebradas y ríos, zonas de bosque protector productor, zonas de restauración ecológica y conservación de suelos, zonas de recreación ecoturística, zonas históricas, culturales y de protección del paisaje, áreas de protectoras aferentes a los acueductos municipales y zonas

de amenazas por riesgos. Es evidente que el ordenamiento territorial del municipio se encuentra desactualizado a raíz de lo cual no es clara la realidad de las zonas mencionadas, teniendo en cuenta que desde su realización no se le han realizado evaluaciones periódicas sobre los temas relacionados con el medio ambiente y los recursos naturales. Es apreciable el abandono a la riqueza de los recursos naturales y el desconocimiento de su importancia para el desarrollo sostenible del municipio y de sus municipios vecinos con un área de páramos de 694,2 Ha, equivalentes al 11,61% del área Total del municipio (Municipio Motavita, 2020).

La falta de atención a su riqueza natural de enorme magnitud se ve reflejada en la inexistencia de estudios de biodiversidad dentro de Motavita, tal y como se muestra en la figura 5, donde se expone la situación actual de números de estudios de biodiversidad dentro de Motavita en comparación con el Departamento de Boyacá, generando la pérdida de control total de los desarrollos no sostenibles dentro del sector rural que pueden afectar en la actualidad las extensiones y calidades sobre todo del ecosistema de estratégico de paramo hacedor de agua no solo para el mismo territorio, sino para municipios vecinos como Tunja, capital del departamento.

Figura 6. Biodiversidad y amenazas, Boyacá vs Motavita



Fuente: (<https://boyaca.biodiversidad.co/#!/municipios?name=Motavita&id=15476>)

Para el indicador EMA (Eficiencia medio ambiental) el valor es de **3**, en una escala de **10**, comportamiento no sostenible.

El municipio no cuenta con información sobre compensaciones otorgadas por el corporación ambiental Corpoboyacá, exponiendo la falta de articulación entre las autoridades ambientales y los municipios, si bien cierto las corporaciones ambientales otorgan compensaciones ambientales cuando la comunidad altera el estado de los recursos naturales, pero dichas compensaciones en la mayoría de los casos no tienen seguimiento para la variación de su estricto cumplimiento y su mantenimiento continuo que garantice el traslapo de utilidad ambiental y permanencia en el tiempo de dichas acciones; situación que conforma una generalidad en el territorio nacional, sustentando el fracaso de dichas compensaciones. Es imperativo que las corporaciones ambientales en conjunto con las administraciones municipales, además de disponer áreas para las compensaciones y las especies permitidas para siembra, establezcan planes de verificación y mantenimiento que permitan el asentamiento y de las especies compensadas y su desarrollo favorable para las fuentes hídricas cercanas a proteger. Por otro lado, Motavita cuenta con la identificación de áreas disponibles para realizar compensaciones en predios de interés hídrico, con especies endémicas y genera inversión propia que no obedecen propiamente a compensaciones ambientales otorgadas por CorpoBoyaca invirtiendo el 1% de los ingresos corrientes de la Administración Municipal; comportamiento que es de exaltar y replicar en los municipios del departamento y la región.

Para el indicador ETR (Eficiencia tratamiento residual) el valor es de **4**, en una escala de **10**, comportamiento no sostenible.

El PSMV se encuentra en vigencia a la fecha, con un avance de ejecución del 66,42%, con ejecución de unificación de vertimientos pero visible atraso en la ejecución en las actividades tendientes a la reducción de cargas contaminantes. La PTAR no se encuentra en funcionamiento por falta de cumplimiento en la normativa local como nacional, obedeciendo a vacíos dentro de la planificación de su

localización y permiso de vertimientos, castigando al municipio con multas retributivas por el vertimiento directo a la fuente receptora y afectando a las comunidades aguas abajo; la actualización del ordenamiento territorial debe contemplar criterios técnicos del plan maestro de alcantarillado del municipio, para la definición del área conveniente y obtención de un predio dentro del área delimitada para la construcción de la PTAR. La inversión económica para el aumento del valor de este indicador es muy alta, por ende deben planificarse objetivos claros y medibles en el corto mediano y largo plazo; esto de la mano de alta gestión para su consecución entendiendo que Motavita es un municipio de sexta categoría cuyos ingresos propios no podrían cubrir dichos gastos.

Para el indicador A (Atractivo) el valor es de 0, en una escala de **10**, comportamiento no sostenible.

Dentro del municipio no se desarrollan actividades con ecoturismo, a pesar de con zonas para la conservación y protección del medio ambiente, donde se destacan páramo y subpáramo, zonas periféricas de amortiguamiento, áreas periféricas de nacimiento de quebradas y ríos, zonas de bosque protector productor, zonas de restauración ecológica y conservación de suelos, zonas de recreación ecoturística, zonas históricas, culturales y de protección del paisaje, con ecosistemas de bosque andino húmedo y seco, (Municipio de Motavita, 2020); espacios que acentúan gran importancia hídrica del territorio municipal y regional, siendo potenciales atractivos turístico, que podrían atraer un crecimiento al ecoturismo municipal y convertirlo en un renglón económico importante generador de ingresos tanto para la comunidad como para la administración municipal.

Para el indicador CH (Capital Humano) el valor es de **7**, en una escala de **10**, comportamiento medianamente sostenible.

La planta de personal esencial de Servmotavita tiene aceptable capacidad e idoneidad técnica y de atención para la prestación del servicio y operación del sistema, cuenta con representante legal, apoyo administrativo, “escobita” (aseo), 3

fontaneros, aforador, contador, secretaria, atención al público, personal de facturación, personal técnico y gerencia, sin embargo existe la necesidad de contar con un asesor jurídico y contratación que permita a la empresa desarrollar los proyectos y programas según los requerimientos de ley, personal de archivo almacén y sistemas de información que le dé al sistema memoria técnica para la toma de decisiones en la operación efectiva y maximización de los insumos; y profesionales idóneos para la coordinación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo, así se aumentaría la eficacia de los servicios con la garantía de soluciones técnicas y veracidad en el cumplimiento de los planes y programas pertinentes.

Para el indicador PP (Participación medida del público) el valor es de 2, en una escala de **10**, comportamiento no sostenible.

Servimotavita realizó dos asambleas el año anterior según lo informado por la gerencia, a pesar de esto no se cuenta con la evidencia como actas, lo cual conviene señalar que una baja participación y el desentendimiento por parte de la comunidad conlleva a no tener injerencia en la toma de decisiones sobre la gestión integral del recurso hídrico, su manejo y uso eficiente; además del control a los recursos de la empresa, además del conocimiento de los planes y proyectos, haciendo un ejercicio de inclusión a todos los sectores para tener equidad y transparencia dentro del desarrollo de las actividades y prestación de los servicios; en otras palabras la falta de elementos de participación ciudadana delimitan las decisiones y ejecución de labores de la empresa, impidiendo una visión holística de la gestión integral del recurso hídrico

Para el indicador ECC (Eficiencia Económica) el valor es de **0**, en una escala de **10**, comportamiento no sostenible.

Servimotavita no cuenta con la estadística de la cantidad de usuarios que pagaron puntualmente la factura mes a mes, ya que el servicio de agua potable no se suspende bajo ningún criterio, no obstante, se cuenta con los datos de facturación

y pago; variables con las que aplicando una estadística sencilla se pueden revisar el equilibrio económico de la empresa, para proyectar inversiones según las necesidades de los servicios. El aumento del valor de este indicador puede dar elementos de juicio a ServiMotavita para cumplir a cabalidad con procesos de planificación, además de aumentar la estabilidad económica buscando estrategias para saldar deudas y de pago oportuno; llega a ser peligroso financieramente el desconocimiento del porcentaje de pagos mensual y su control, ya que podría generar insuficiencia y en consecuencia posterior liquidación.

Para el indicador ACC (Adaptabilidad al cambio climático) el valor es de **3**, en una escala de **10**, comportamiento no sostenible.

A pesar que Motavita no cuenta con un estudio de inundabilidad completo que permita determinar con exactitud huellas de inundación o alturas máximas inundables, ha identificado las áreas de que puedan presentar problemas de inundación que corresponden a las zonas de más baja pendiente, asociadas al valle de la quebrada El Infierno, a la altura de la vereda Centro, el río Farfacá, en los límites con el municipio de Tunja (vereda Ristá) y el gran valle cuaternario del río Pomeca, una extensa zona de antiguos humedales y que conforman parte de la vereda Sote Panelas (sector Frutillal). Los depósitos fluviales son los de mayor afectación con niveles de retorno cada 7 años aproximadamente, los humedales y depósitos aluviales son consideradas como zonas de amortiguamiento hídrico, como lo describe el EOT (Municipio de Motavita, 2020) y comportamiento que a la fecha se conserva; en consecuencia para poder desarrollar obras de mitigación en las áreas diferentes a los humedales y depósitos aluviales, se debe realizar a detalle el análisis de inundabilidad para poder actualizar las condiciones descritas en el EOT y verificar su existencia en la actualidad y dar solución a las posibles afectaciones del desarrollo que está teniendo el municipio.

Para el indicador CI (Calidad de la información y del sistema de gestión del conocimiento) el valor es de 2, en una escala de **10**, comportamiento no sostenible.

La información con la que cuenta Servimotavita es básica y desactualizada, planimetría en físico elaborada a mano correspondiente a los diseños de los sistemas que administra, esta no corresponde a los planos record de construcción. Situación que impide una operación optima de los sistemas ya que el desconocimiento de las redes, específicamente de los alineamientos de las tuberías, diámetros, pendientes, materiales, válvulas, pozos etc, en eventos que ameriten la toma de decisiones produce retrasos y errores en la solución de problemáticas al no entender el funcionamiento del sistema; así mismo condiciona a que el desarrollo de la cobertura de los servicios sea dado bajo criterios empíricos por parte del personal más antiguo de la empresa. Debe apuntarse a realizar un catastro de redes en el corto plazo y una vectorización de la información levantada en sitio para la conformación de un sistema de información geográfica, con el que se podría actualizar constantemente y consultar según la necesidad tanto para la toma de decisiones teniendo en cuenta las generalidades y condiciones específicas de cada punto de cada sistema; como para planificar sincrónicamente los planes y proyectos de mejora en los servicios prestados.

Para el indicador CC (Control de corrupción) el valor es 7, en una escala de **10**, comportamiento medianamente sostenible.

El 66% de las investigaciones se enfocan sobre la PTAR con dos incidentes de desacato por no atender lo dispuesto en el fallo de las tutelas (Municipio de Motavita, 2020). Sobre el servicio de acueducto cursa el 33% de las investigaciones, actualmente en curso; es decir que las irregularidades están dadas sobre derechos fundamentales que de alguna forma están siendo vulnerados; donde los responsables (Administración Municipal, ServiMotavita y Corpoboyacá) deben acatar en el corto media y largo plazo medidas para garantizar el cumplimiento de los derechos colectivos y particulares de la comunidad; exponiendo los errores en la planificación y descuidos dentro de la planificación del sistema con acciones nulas de correcciones pertinentes.

13 RECOMENDACIONES AL MUNICIPIO DE MOTAVITA

Si bien es cierto el protocolo para el seguimiento de la gobernanza del agua en cuencas rurales, se plantea con la obtención del GWI con una frecuencia anual, lo que permitirá tener el control ante las situaciones específicas que ameritan actuaciones cuya implementación aumentaría el valor numérico del GWI e indicar mejoras continuas además de la disposición de los entes responsables, la presente investigación permitió encontrar los puntos neurálgicos a desarrollar en el corto, mediano y largo plazo que sugerirían un aumento en la gestión integral hídrica del Municipio de Motavita; los cuales se relacionan a continuación.

13.1 ACTUALIZACIÓN DEL ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL (CORTO Y MEDIANO PLAZO):

El municipio tiene como necesidad prioritaria la actualización de su hoja de ruta para la proyección de su desarrollo en sus próximos 25 años, ya que actualmente se está dando sobre lineamientos desactualizados y condiciones desconocidas, desde el punto de vista del recurso hídrico, muchas de sus condiciones desde su expedición a la fecha han cambiado, desde la ubicación y existencia de fuentes, la dinámica geográfica, tendencia demográfica, huella urbanística y condiciones ambientales del mismo. La actualización de dicho documento también arrojará los estudios a detalle que se necesitan para el reconocimiento del territorio y sus condiciones ante los actuales riesgos y amenazas. Específicamente se deben definir zonas de interés hídrico, de conservación y protección natural y de construcción de la planta de tratamiento de agua residual.

13.2 CALIBRACIÓN DE LOS SISTEMAS DE MICROMEDICIÓN (CORTO PLAZO)

Se debe realizar la calibración certificada de los sistemas de micromedición, y llevar el control de las fechas de su realización para establecer la frecuencia de las calibraciones.

13.3 IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE MACROMEDICIÓN

Implementación de sistemas de macromedición en los sistemas de acueducto (mediano plazo): realizar la inversión para la adquisición e instalación de macromedidores que se ubiquen después de las estructuras del sistema de acueducto, antes de la red de distribución y en puntos estratégicos dentro de la configuración de las redes de distribución; lo cual permitirá tener control de las fugas y por consiguiente disminuir el Índice de Agua No Contabilizada.

13.4 DIAGNÓSTICO Y MEJORAS DE LOS SISTEMAS DE ACUEDUCTO Y ABASTECIMIENTO

Diagnóstico y mejoras de los sistemas de acueducto y abastecimiento que operan dentro del municipio (corto y mediano plazo): Teniendo en cuenta las falencias encontradas en el suministro de agua potable dentro del municipio, se deben diagnosticar y evaluar a detalle dichos sistemas de acueducto desde su capacidad,

estado, funcionabilidad y operación. De tal forma que se desprenden planes específicos a ejecutar que se relacionan a continuación.

13.5 DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DE LAS ESTRUCTURAS DE LOS SISTEMAS DE ACUEDUCTO Y ABASTECIMIENTO (CORTO PLAZO).

Es importante generar el inventario de la totalidad de estructuras de captación ubicadas dentro del municipio, en el que se determinen los estados estructurales y funcionales de cada una de ellas y por consiguiente la definición de las mejoras, reformas y actualizaciones; para obtener la viabilidad en comparación de la ejecución de dichos trabajos o la construcción de nuevos sistemas en función de los costos.

13.5.1 Ampliación de la cobertura de Agua Potable al límite de las concesiones actuales (corto y mediano plazo). Motavita al tener identificada la población que carece del suministro de agua potable, y teniendo en cuenta que la cantidad de agua con la que se abastece el municipio es inferior a la concesionada, puede ampliar sus redes de los sistemas de acueducto y alcantarillado para satisfacer a un 20,68% más de la población que actualmente cuenta con dicho servicio.

13.5.2 Obtención de la demanda de agua y potencialización de los sistemas existentes y/o construcción de los nuevos sistemas (mediano y largo plazo). Sin embargo el agua concesionada no daría la cobertura suficiente para el 30,32% de la población restante, por ende habría que analizar según la ubicación de las viviendas que carecen del servicio de agua potable y las respectivas proyecciones de población, los sistemas que estén más próximos y así evaluar la demanda de dichos posibles usuarios para determinar las potencializaciones pertinentes y su viabilidad; ya que de no ser viables se deberá diseñar los sistemas necesarios que suplan las necesidades del suministro del recurso para un escenario no menor a 25 años a futuro.

13.5.3 Diagnóstico y Potencialización de las PTAP (corto, mediano y largo plazo). Se debe levantar la información a detalle de las estructuras y dosificaciones en cada una de las PTAP que operan dentro del municipio, para verificar su funcionamiento hidráulico y químico, así como también su cumplimiento según la Resolución 0330 de 2.017. Del diagnóstico se podrá identificar puntualmente la capacidad de las PTAP en función del caudal que realmente tratan y las labores a ejecutar para anular el riesgo sanitario disminuyendo el IRCA municipal hasta menos del 5%; de la mano con caracterizaciones periódicas que permitan calibrar cada una de las PTAP.

13.5.4 Ejecución de las obras referentes a las concesiones dadas en fuentes alternas para los desabastecimientos que sufre el municipio (mediano y largo plazo). Si bien la Administración Municipal ha venido adelantando la obtención de las concesiones en fuentes alternas para disminuir el efecto de los desabastecimientos comunes a lo largo del año, se debe realizar la gestión presupuestal y los procesos de contratación para la construcción de las obras pertinentes que garanticen el suministro del recurso constante y de manera óptima en todo el territorio municipal.

13.6 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES SANITARIAS

Diseño y Construcción de Unidades Sanitarias (mediano y largo plazo): Para dar la solución a las 1.323 personas en el sector rural que presentan riesgo por saneamiento se debe generar los diseños arquitectónicos, estructurales e hidrosanitarios de unidades sanitarias que consten como mínimo de un inodoro, lavamanos y ducha, para suplir las necesidades básicas sanitarias; que cumplan con las disposiciones de la Norma Sismo resistente del 2.010 y el código colombiano de fontanería NTC 1500. De la misma forma se deben elaborar los diseños tipo de los sistemas de tratamiento de agua residual doméstica en el sitio de origen como mínimo con las estructuras convencionales como trampa de grasas (pretratamiento), pozo séptico (tratamiento principal), Filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente (Tratamiento anaeróbico) según las disposiciones del título E del Reglamento para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico y la Resolución 0330 de 2.017; en cuanto al pos tratamiento (campo de infiltración, pozo de absorción, humedal artificial) deberá diseñarse en el momento de la ejecución de las unidades sanitarias, toda vez que la escogencia de alguna de las alternativas, depende de las condiciones topográficas del terreno y la capacidad de absorción del mismo, es decir que una vez se tengan los diseños, la administración municipal gestionara los recursos para la ejecución de las unidades sanitarias y los sistemas de tratamiento en el sitio de origen, destinando una parte del presupuesto para el diseño específico de cada alternativa de postratamiento y su misma ejecución.

13.7 CREACIÓN DE PLANES DE ACCIÓN

Creación de planes de acción ante fugas, fallas en los sistemas de abastecimiento (colapsos, mantenimientos, taponamientos etc.) (Corto y mediano plazo): Servimotavita podrá definir los planes para atender fugas en las redes de tuberías de los sistemas, fallas en los sistemas de abastecimiento (colapsos, mantenimientos, taponamientos etc.), con protocolos que permitan la ejecución clara de pasos, donde se optimicen los tiempos de atención ante dichos eventos y disminuyan al máximo el impacto ante la interacción de los usuarios y demás sistemas municipales. Estos planes deberán tener como uno de los insumos principales la experiencia del personal que lleva un tiempo considerable atendiendo los eventos mencionados, es decir los planes deberán articular las consideraciones técnicas y empíricas. Una vez definidos estos planes se llevarán a revisión por parte de personal idóneo y administración del sistema, para posterior socialización con los usuarios e implementación en los futuros eventos que representan contingencias.

13.8 MANEJO DE PATRONES Y ESTADÍSTICAS DE CONSUMO DE AGUA

Manejo de patrones y estadísticas de consumo de agua (corto plazo): A pesar de contar micromedición y los datos de los consumos de cada uno de los usuarios según su uso; se podrá realizar la sumatoria del consumo doméstico anual para encontrar el porcentaje de estrés hídrico. De la misma forma al reportar de manera mensual los consumos según usuarios y usos, la Administración Municipal podrá encontrar la huella de agua para cada uno de los servicios y actividades económicas que se desarrollan dentro del municipio y así tener un control estricto del uso del

recurso dentro de los sectores productivos para tomar medidas en cuanto a costos del recurso y usos responsables del mismo.

13.9 IMPLEMENTACIÓN DEL PUEA

Actualización, mejoramiento e implementación del PUEA (corto y mediano plazo): Al documento que se ha presentado en repetidas ocasiones ante la autoridad ambiental se deben implantar estrategias claras sobre la protección y conservación de las fuentes abastecedoras, como también una propuesta para reducción de pérdidas (instalación de macromedición), eficiencia administrativa (creación de planes de acción y manejo de patrones y estadísticas de consumo), educación ambiental y cultura frente al uso adecuado del recurso hídrico.

13.10 BIODIVERSIDAD

Estudio de Biodiversidad (mediano y largo plazo): Mediante figuras como convenios interadministrativos o interinstitucionales, con institutos adscritos al ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible como el Alexander Von Humbolt y/o Organizaciones ambientalistas no gubernamentales; se puede gestionar el análisis de la biodiversidad del Municipio de Motavita, donde sean identificables las posibles amenazas y planes de contingencia ante la mitigación de los efectos generados por el desarrollo de la población.

13.11 COMPENSACIONES AMBIENTALES Y PLANES DE SEGUIMIENTO

Creación de base de datos de compensaciones ambientales y planes de seguimiento a la eficiencia medio ambiental (corto plazo): La Administración Municipal solicitará semestralmente a la corporación ambiental, el registro de las a compensaciones ambientales otorgadas sobre su territorio y de forma articulada generarán el documento para el seguimiento, control y mantenimiento de compensaciones ambientales y su ejecución inmediata, con lo que se garantizara la eficiencia de dichas compensaciones y su mayor efectividad posible en los predios de interés hídrico protegiendo las fuentes que abastecen de agua al municipio.

13.12 EFICIENCIA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

Diagnóstico de eficiencia de tratamiento de agua residual (corto, mediano y largo plazo): en primera medida se debe realizar la actualización del plan de saneamiento y manejo de vertimientos, de la mano con la actualización del ordenamiento territorial donde se defina la zona posible para la construcción de la PTAR; así el municipio buscara ejecutar obras de colectores que transporten el agua residual lo más cerca posible. Posteriormente se deben adelantar las gestiones de la obtención de la titularidad del predio para realizar los diseños a nivel de detalle y posterior construcción de la PTAR municipal con los respectivos permisos de vertimientos expedidos por la corporación ambiental.

13.13 ECOTURISMO

Generación de Ecoturismo y aprovechamiento de la riqueza natural (corto plazo): De la mano de la actualización del ordenamiento territorial, una vez se definan las zonas de conservación, protección, restauración y contemplación natural y en conjunto con la comunidad titular de dichos predios, se pueden generar las estrategias para la definición de senderos, servicios de alimentación, accesibilidad, servicios de saneamiento básico y aseo. Posteriormente definir sistemas de alerta temprana que permitan operar la riqueza natural como actividad económica de ecoturismo ante eventos de crecientes, desbordamientos, incendios o sequías.

13.14 MEJORAS ADMINISTRATIVAS DENTRO DE SERVIMOTAVITA

Mejoras Administrativas dentro de la Empresa de Servicios Públicos Servimotavita (corto plazo): Servimotavita podrá aumentar su planta de personal para archivo, almacén y sistemas de información, además debería contar con asesoría jurídica que permita facilidades en los procesos de contratación. Por otro lado el apoyo para coordinación de cada uno de los servicios con profesionales en las áreas de acueducto, alcantarillado y aseo. Si bien es cierto tendrían un costo adicional, se podrían gestionar por convenios a universidades con grupos de investigación o pasantes. Se deberán convocar juntas administrativas y asambleas con los presidentes de las justas de acción comunal de los barrios y veredas de manera semestral, donde se realicen las respectivas rendiciones de cuentas de las gestiones realizadas por la junta directiva y la gerencia además de la socialización de los planes y programas. Por otro lado con los datos del número de usuarios totales y el número de usuarios que pagan mensualmente los servicios, se debe

sacar la relación para encontrar el porcentaje de usuarios que pagan puntualmente y de la misma forma encontrar el total de las deudas de los usuarios morosos, para así buscar estrategias para saldar dichas deudas y por consiguiente recuperar un monto importante que pueda invertirse en las mejoras necesarias descritas en los numerales anteriores; además de tener control de la estabilidad económica de la empresa y prevenir riesgos financieros futuros que en el peor de los casos podría generar insuficiencia económica y por ende liquidación de la misma.

13.15 ANÁLISIS DE INUNDABILIDAD

Análisis de Inundabilidad (corto plazo): este es un factor intrínseco a la actualización del ordenamiento territorial, toda vez que se debe verificar las condiciones actuales de las áreas de inundación identificadas en el anterior EOT mediante la elaboración de un modelo de inundación dentro del municipio, el cual debe contemplar las coberturas actuales y sus extensiones reales y un registro de lluvias acorde a los últimos años donde se evidencien los fenómenos de las precipitaciones más importantes que se han presentado en la región durante las últimas 2 décadas, de tal forma que como resultado se deberán obtener los sitios con probabilidad de inundación alta, sus aislamientos y si es el caso medidas de mitigación de riesgo en cuanto a obras civiles a ejecutar como también a las restricciones del desarrollo urbano y rural dentro de las mismas. Por otro lado, la determinación de las zonas inundables que tengan incidencia en las zonas de antiguos humedales, podría aumentar la calidad de los ecosistemas existentes y garantizarían su permanencia en el tiempo, convirtiéndose en una medida de preservación y unas áreas de conservación ecosistémica.

13.16 ELABORACIÓN DEL CATASTRO DE REDES

Elaboración del Catastro de redes y vectorización de la información para la construcción de un sistema de información geográfica del municipio (mediano y largo plazo): Mediante la actualización del ordenamiento territorial se obtendrá planimetría con el manzaneo, el sistema vial, las construcciones entre otras, que serán insumo primordial para iniciar a realizar el levantamiento de los sistemas de acueducto y alcantarillado (para la zona urbana), sin embargo se debe realizar el levantamiento de información de manera detallada, de cada uno de los sistemas de acueducto y el sistema de alcantarillado urbano, donde se consigne información georreferenciada, que para los sistemas de acueducto sería la misma que diagnostica el numeral 13,4 más las redes de tuberías con sus respectivos alineamientos, longitudes, diámetros, materiales, pendientes, año de instalación, válvulas existentes y demás información relevante. En cuanto al sistema de alcantarillado urbano, será necesario levantar la información pozo a pozo donde se describa claramente su estructura, profundidades y por ende los alineamientos de las tuberías con sus respectivas longitudes, diámetros, materiales y pendientes que permitan encontrar la dirección de los flujos. Una vez se realice el levantamiento de la información se procederá a conformar la base de datos de cada sistema para su posterior vectorización y construcción del sistema de información geográfica municipal. Esta herramienta permitirá ser actualizada según los mantenimientos, ampliaciones, cambios y demás intervenciones de los sistemas y será el elemento clave para la operación de cada uno de ellos, llevando a tomar decisiones exactas dependiendo de criterios técnicos y desprendiendo cada sistema del conocimiento empírico de los trabajadores longevos. Además, permitirá realizar modelaciones de escenarios futuros para encontrar los puntos que se deberán actualizar y las condiciones que se podrán proyectar según el desarrollo municipal.

13.17 CONTROL DE LA CORRUPCIÓN

Control de la corrupción (permanente): Teniendo en cuenta la dinámica del Municipio en función de las investigaciones de entes de control ante las entidades encargadas de ordenar y administrar el recurso hídrico, sería importante la creación de una veeduría, conformada por los diferentes barrios y veredas donde se permita la articulación e inclusión de las condiciones sociales dentro del manejo del recurso, así se garantizara la definición real de las necesidades de cada comunidad y de la misma forma una articulación holística de todos los actores que se encuentran alrededor del recurso hídrico.

14 CONCLUSIONES

El Municipio de Motavita presenta una característica no sostenible en cuanto a la gestión integral del recurso hídrico, con un GWI de 3,83, sin embargo, cuenta con bastantes elementos para su mejora continua en el corto, mediano y largo plazo. Es imperativo la actualización de las hojas de ruta del desarrollo municipal, especialmente su documento de ordenamiento territorial, ya que su desarrollo se está dando sobre criterios desactualizados y desconocimiento de la realidad del municipio, con improvisaciones en la toma de decisiones para la adecuada gestión del recurso hídrico. La independencia de los planes enfocados al suministro de agua potable, saneamiento básico y actividades económicas enmarcadas dentro del recurso hídrico que no sean concatenadas y coherentes al desarrollo y ordenamiento territorial, pueden traducirse en fracasos y generar problemas aún mayores en el futuro, es decir que el recurso hídrico debe ser un eje fundamental del ordenamiento territorial, donde su visualización se haga de manera holística dentro del desarrollo y contemple las prioridades para las inversiones institucionales.

Los indicadores de carácter técnico indican para el municipio de Motavita en general un comportamiento medianamente sostenible, con conocimiento superficial del mal estado y funcionamiento insuficiente de sus primarios sistemas cuya capacidad es superada por la necesidad de la población servida; una plena identificación de la población que carece de servicios de agua potable (51% de la población) y saneamiento básico (27% de la población); adicionalmente con gran deficiencia en la calidad del agua para consumo humano siendo esta no apta para tal fin, situación que solicita intervención prioritaria ante el inminente peligro de generación de enfermedades de origen hídrico. De la misma forma muestra la inexistencia del tratamiento de aguas residuales generadas dentro de su jurisdicción que también representa prioridad. A pesar de estar en camino de mitigar los efectos de los

fenómenos de desabastecimiento que durante los últimos años les ha afectado, mediante la solicitud y favorabilidad de concesiones de agua adicionales para suplir dichos efectos y aumentar la capacidad de los sistemas; no cuentan con sistema de macromedición, igualmente carecen de planes de intervención ante las fugas y pérdidas en las redes de tuberías de abastecimiento y distribución de agua potable y/o posibles fallas dentro de las estructuras de los sistemas de captación y abastecimiento; generando dependencia de la solución ante las posibles fallas a los trabajadores que fácilmente rotan cada periodo político, traducido a traumatismos para la comunidad no solo en el funcionamiento y obtención del recurso hídrico de manera oportuna sino en demás sistemas como movilidad, transporte, economía entre otros.

En cuanto a los indicadores de gobernanza y economía los indicadores se encuentran en general entre valores no sostenibles y medianamente sostenibles, es de resaltar que administrativamente los sistemas de acueducto y abastecimiento que operan dentro de Motavita están unificados, permitiendo que la toma de decisiones se pueda hacer de forma autónoma, eficaz y sobre todo equitativa, el cobro de los servicios de suministro de agua y alcantarillado (para la población urbana) se hace desde la empresa Servimotavita y es diferenciado según su uso, es decir se cuenta con los datos de los consumos de cada bien y servicio que produce el municipio; sin embargo no se genera conexión entre Servimotavita y la Administración Municipal para realizar el análisis de las tendencias de dichos consumos, y así encontrar mejoras en el uso y ahorro eficiente del agua que permitan actualizar el PUEA con la realidad de la huella hídrica de las actividades económicas de Motavita. Servimotavita cuenta con una planta de personal aceptable, sin embargo la información técnica con la que administra los sistemas es casi nula y desactualizada; además desconoce su eficiencia económica al no analizar los patrones de pago de sus usuarios y las deudas que se tienen para implementar estrategias de recaudo y saldo de obligaciones atrasadas que resultarían en más ingresos y estabilidad de los mismos para su inversión en

mejoras de la calidad del servicio y planes específicos prioritarios. El manejo administrativo del recurso cursa algunas investigaciones que han evidenciado falencias del servicio, pero no de mal inversión de fondo, ni configuración de delitos, esto a pesar de no ser del todo positivo muestra una cultura de gobierno diferente a la tendencia nacional.

La categoría de medio ambiente y sociedad encontró indicadores ampliamente positivos que indican su independencia a otros territorios para la obtención del recurso hídrico y su riqueza natural, pero que lastimosamente no es vista como un posible atractivo turístico contemplativo, que no solo permita generar ingresos a la comunidad, sino que arroje elementos para identificar riesgo y a su vez programas de protección ante las especies que interactúan y mantienen el equilibrio en los ecosistemas presentes de paramo y sub paramo. Se trabaja independientemente a la autoridad ambiental en cuanto a reforestaciones en predios de interés hídrico con especies nativas; pero no se tiene definido planes de seguimiento a los individuos sembrados para fortalecer su crecimiento y garantizar su función dentro de la cuenca. Existen áreas con probabilidad de inundación que no obedecen a estudios a nivel de detalle que deben realizarse para verificar su existencia, condición y posibles afectaciones al desarrollo urbanístico y económico del municipio. Las inexistentes herramientas de participación ciudadana muestran una administración del recurso hídrico que no es inclusiva, desconoce la totalidad de las sensaciones de su gestión y necesidades de la comunidad.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR, Enrique. Diálogo Regional de Política de América Latina y el Caribe: Retos y oportunidades en adaptación al cambio climático en materia de agua: Elementos para una agenda regional. Versión: Cancún COP-16, Diciembre 2010.

ALEGRE, Helena; BAPTISTA, Jaime; CABRERA, Enrique; CUBILLO, Francisco; DUARTE, Patricia; HIRNER, Wolfram; MERKEL, Wolf; PARENA, Renato Indicadores de Desempeño para Servicios de Abastecimiento de Agua. {En línea}. Junio 2018 {25 marzo 2020}. Disponible en: <https://doi.org/10.2166/9788490486641>

AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES (ANLA). Concesión de Aguas Superficiales. En línea}. 2019. {9 Abril 2020}. Disponible en: <http://portal.anla.gov.co/concesion-aguas-superficiales>.

AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES (ANLA). Concesión de Aguas Subterráneas. {En línea}. 2019. {9 Abril 2020}. Disponible en: <http://portal.anla.gov.co/concesion-aguas-subterraneas>.

AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES (ANLA). Permiso de Vertimientos. {En línea}. 2019. {16 Abril 2020}. Disponible en: <http://portal.anla.gov.co/permiso-vertimientos>.

BEREZIARTUA, Miren. Elaboración de los indicadores del programa marco ambiental relativos a la biodiversidad y el paisaje. {En línea}. 2003 {29 marzo 2020}. Disponible en: http://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/indicadores_biodiversidad/es_doc/adjuntos/metodologia.pdf

BROWN, Lester Russell. Eco-Economy: Building an Economy for the Earth {En línea}. Enero 2013. {29 marzo 2020}. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/287592198_Eco-Economy_Building_an_Economy_for_the_Earth

CARO CAMARGO, Carlos Andres; BLADÉ CASTELLET, Ernest; GERÓNIMO SOLER, David. Administración del recurso hídrico: gobernanza del agua en cuencas rurales. Índice GWI {En línea}. 2020. {9 abril 2020}. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2117/192821>

COMISIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO. Resolución 151. Colombia. 2001

COMISIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO. Resolución 17. Colombia. 1995

COMISIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO. Resolución 287. Colombia. 2004

CONGRESO DE COLOMBIA. Ley 142. Colombia. 1994

CONGRESO DE COLOMBIA. Ley 23. Colombia. 1973

CONGRESO DE COLOMBIA. Ley 330 Colombia. 1996

CONGRESO DE COLOMBIA. Ley 373 Colombia. 1997

CONGRESO DE COLOMBIA. Ley 388. Colombia. 1997

CONGRESO DE COLOMBIA. Ley 79. Colombia. 1986

CONGRESO DE COLOMBIA. Ley 99. Colombia. 1993

CORPOBOYACÁ. Resolución 0631. Colombia. 2015

CORPOBOYACÁ. Resolución 1848. Colombia. 2014

CORPOBOYACÁ. Resolución 3382. Colombia. 2015

CORPOBOYACÁ. Términos de referencia para la formulación de los programas de uso eficiente y ahorro del agua (pueaa) para grandes acueductos rurales. Segunda edición. (2007); p. 2-7.

CORPORACIONES AUTÓNOMAS REGIONALES Y DE DESARROLLO SOSTENIBLE (CAR). Plan de saneamiento y manejo de vertimientos. {En línea}. Sin fecha. {16 Abril 2020}. Disponible en: <https://www.car.gov.co/vercontenido/1169>.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN; BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO. Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia Síntesis. Naciones Unidas. 2014

DOUROJEANNI, Axel. Sobre la gestión del agua y del ambiente y las propuestas de organización de un ministerio de Medio Ambiente. Santiago de Chile. 2008

ERIKSEN, Siri; KELLY, Peter. Developing Credible Vulnerability Indicators for Climate Adaptation Policy Assessment Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. {En línea}. 2007. {24 Marzo 2020}. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11027-006-3460-6>

FALKENMARK, Malik; LUNDQVIST, Jan; WIDSTRAND, Carl. Macro-scale water scarcity requires microscale approaches: aspects of vulnerability in semi-arid development. {En línea}. Noviembre 1989. {9 Abril 2020}. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1477-8947.1989.tb00348.x>

FALKENMARK, Marcus; LINDH, George .Impact of Water Resources on Population. UN World Population Conference. Bucharest. 1974

GARDNER-OUTLAW, Tom; ENGELMAN, Robert. Sustaining water, easing scarcity: a second update. Washington, DC: Population Action International. Portsmouth, Hampshire. University of Portsmouth. 1997.

HSU, Angel; YAN, Chendan; CHENG, Yaping. ADDRESSING GAPS IN CHINA'S ENVIRONMENTAL DATA: THE EXISTING LANDSCAPE. {En línea}. Enero 2017. {23 Abril 2020}. Disponible en: https://datadrivenlab.org/wp-content/uploads/2017/01/ThirdWave_Data_Gap_Analysis_Final.pdf

KAUFMANN, Daniel; KRAAY, Aart; MASTRUZZI, Massimo. Governance Matters VIII: Aggregate and Individual Governance Indicators, 1996-2008. {En línea}. 2018.

{2 Abril 2020}. Disponible en:
https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1424591&download=yes.

KAUFMANN, Daniel; KRAAY, Aart; MASTRUZZI, Massimo. The Worldwide Governance Indicators. {En línea}. 2018. {2 Abril 2020}. Disponible en:
<http://info.worldbank.org/governance/wgi/Home/Documents#wgiAggMethodolo>.

KAUFMANN, Daniel; KRAAY, Aart; MASTRUZZI, Massimo. The Worldwide Governance Indicators: Methodology and Analytical Issues. {En línea}. Septiembre 2010. {2 Abril 2020}. Disponible en:
https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1682130.

KOOP, Steven; VAN LEEUWEN, Kees. Assessment of the Sustainability of Water Resources Management: A Critical Review of the City Blueprint Approach. {En línea}. Diciembre 2015. {28 Marzo 2020}. Disponible en:
<https://www.researchgate.net/deref/http%3A%2F%2Fdx.doi.org%2F10.1007%2Fs11269-015-1139-z>

MALVEZZI, Richard. La cuestión del agua en América Latina. {En línea}. 01 Febrero 2006. {15 Abril 2020}. Disponible en:
<http://www.bolpress.com/art.php?Cod=2006020103>.

MINISTERIO DE AGRICULTURA COLOMBIA. Decreto 1541. Colombia. 1978

MINISTERIO DE AGRICULTURA. Decreto 1449. Colombia. 1977

MINISTERIO DE AGRICULTURA. Decreto 1541. Colombia. 1978

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiental 1076 de 2015. Colombia. 2015

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Programas de Uso Eficiente y Ahorro de Agua. Colombia. 2020

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO ECONÓMICO. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS-2000: Título E, Tratamiento de Aguas Residuales. Colombia. 2000

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Bogotá, D.C.. 2010. 124.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 1433. Colombia. 2004

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2145. Colombia. 2004

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. RESOLUCION 1096. Colombia. 2000

MINISTERIO DE HACIENDA Y CRÉDITO PÚBLICO, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Colombia Resolución 3570. 2011

MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL Y EL MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL COLOMBIA. Resolución 2115. Colombia. 2007

MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL Y EL MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL COLOMBIA. Decreto 1575. Colombia. 2007

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. Decreto 2755. Colombia. 1993

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. Decreto 901. Colombia. 1997

MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO COLOMBIA. Resolución 0330. Colombia. 2017

MUNICIPIO DE MOTAVITA. (2020). Plan de Desarrollo Municipal "Construyendo Progreso para Motavita 2020 -2023". {En línea}. Sin fecha. {20 Marzo 2020}. Disponible en: <https://motavitaboyaca.micolombiadigital.gov.co>

MUNICIPIO DE MOTAVITA. Esquema de Ordenamiento Territorial 2000. Boyacá. 2000

MUSSETTA, Paula. Vulnerabilidad Al Cambio Climático: Dificultades En El Uso de Indicadores En Dos Cuencas de Colombia y Argentina. En: Empiria. España. No 36 (2017); 47-119.

NACIONES UNIDAS. Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile: Naciones Unidas. 2018

NACIONES UNIDAS. El Nexo entre el agua, la energía y la alimentación en América Latina y el Caribe, Planificación, marco normativo e identificación de interconexiones prioritarias. Santiago de Chile: Naciones Unidas. 2017

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. Código colombiano de fontanería. Norma técnica colombiana. Tercera actualización. Bogotá. 2017

PARQUES NACIONALES (UAESPNN) - MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO

PEREVOCHTCHIKOVA, María. Gestión y Política Pública. {En línea}. 1992. {13 Marzo 2020}. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-10792013000200001%0Ahttp://www.scielo.org.mx/pdf/gpp/v22n2/v22n2a1.pdf

PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA. Constitución Política. Colombia. 1991

PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA. Decreto 1594. Colombia. 1984

PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA. Decreto 1681. Colombia. 1978

PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA. Decreto 2811. Colombia. 1974

PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA. Decreto 2857. Colombia. 1981

PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA. Decreto 2858. Colombia. 1981

PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA. Decreto 475. Colombia. 1998

RODRÍGUEZ, Juan; GARCÍA, César; GARCÍA, Juan. Enfermedades transmitidas por el agua y saneamiento básico en Colombia. {En línea}. 22 Julio 2016. {13 Marzo 2020}. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15446/rsap.v18n5.54869>

ROJAS, Johnny; PÉREZ, Mario Alejandro; MALHEIROS, Tadeu; MADERA, Carlos Arturo; GUIMARÃES, Mariza; DOS SANTOS, Raquel. Análisis comparativo de modelos e instrumentos de gestión integrada. {En línea}. 4 Abril 2013. {15 Abril 2020}. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.971>

SEGRELLES, José Antonio. Geopolítica del Agua en América Latina: Dependencia, exclusión y privatización. {En línea}. 28 Agosto 2007. {25 Abril 2020}. Disponible en: <https://web.ua.es/en/giecryal/documentos/documentos839/docs/aguaamericalatina.pdf>

SERVIMOTAVITA. Informe estado de concesiones de agua Municipio de Motavita. 2019

SIEMENS AG. GCI Report. {En línea}. 2012. {04 Marzo 2020}. Disponible en: https://www.siemens.com/entry/cc/features/greencityindex_international/all/en/pdf/gci_report_summary.pdf

SIEMENS AG. Green City index. {En línea}. 2009. {04 Marzo 2020}. Disponible en: https://www.siemens.com/entry/cc/features/greencityindex_international/all/en/pdf/report_en.pdf

TERRITORIAL. Lineamientos para el Ecoturismo Comunitario en Colombia. Bogotá. Colombia. 2006

UNESCO. Case Studies on Climate Change and World Heritage. {En línea}. 01 Junio 2007. {13 Febrero 2020}. Disponible en: <https://whc.unesco.org/en/activities/473/>

UNESCO. IWRM Guidelines at River Basin Level. Part I: Principles. United Nations World Water Development Report. {En línea}. 2009. {22 Febrero 2020}. Disponible en: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000186417>

VAN LEEUWEN, Cornelis. City Blueprints: Baseline Assessments of Sustainable Water Management in 11 Cities of the Future. {En línea}. 13 Noviembre 2013. {23 Marzo 2020}. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11269-013-0462-5>

VAN LEEUWEN, Cornelis; FRIJNS, Jos; VAN WEZEL, Annemarie; VAN DE VEN, Frans. City blueprints: 24 indicators to assess the sustainability of the urban water cycle. {En línea}. 8 Marzo 2012. {23 Marzo 2020}. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11269-012-0009-1>

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARÍA

ACIA. Impact of a Warming Arctic: Arctic Climate Impact Assessment. En: Cambridge University Press. (2004).

BÁEZ, Ana; ACUÑA, Alejandra. . Guía para las mejores prácticas de Ecoturismo en Áreas Protegidas. Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. {En línea}. 2003. {25 marzo 2020}. Disponible en: http://www.cdi.gob.mx/ecoturismo/docs/guia_mejores_practicas_ecoturismo.pdf

BANCO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. Nutrición en el caribe colombiano y su relación con el capital humano. Bogotá. 2007

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (BID). El Reto de la Gestión Integral de Cuencas Hídricas. Oficina de Evaluación y Supervisión (OVE). Análisis de la acción del BID en programas de manejo de cuencas 1989-2010. 2010

CEBALLOS LASCUARÁIN, Héctor. Ecoturismo, Naturaleza y Desarrollo Sostenible. En: Diana. México DF, México. (1998).

CEPAL. (2014). Procesos de adaptación al cambio climático, Análisis de América Latina. Santiago de Chile. Editorial CEPAL. (Mayo 2012); p 134.

CEPAL. La economía del cambio climático en Chile. Santiago de Chile. Editorial CEPAL. (Mayo 2012); p 134.

CHAOUA, Sana; BOUSSAA, Samia; KHADRA, Ahmed; BOUMEZZOUGH, Ali. Efficiency of two sewage treatment systems (activated sludge and natural lagoons) for herminth egg removal in Morocco {En línea}. Marzo – Abril 2018. {9 abril 2020}. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2017.07.026>

CONCORD CONSORTIUM. Calculating the Biodiversity Index. {En línea}. Sin fecha. {29 Marzo 2020}. Disponible en: https://staff.concord.org/~btinker/GL/web/water/biodiversity_index.html

DENIG, Stefan. European Green City Index. München. Siemens AG. 2009.

DIAZ DOMINGUEZ, Linda Jazmín; PISCOYA PAZ, Mayra Paola. El agua. Instituto Superior Tecnológico Público Argentina. 2015

DISTANONT, Antanitha; KHONGMALAI, Orapan; RASSAMEETHES, Royboon; DISTANONT, Sasipin. Collaborative triangle for effective community water resource management in Thailand {En línea}. Agosto, 2017. {18 Abril 2020}. Disponible en: <https://www.researchgate.net/deref/http%3A%2F%2Fdx.doi.org%2F10.1016%2Fj.kjss.2017.07.015>

DOMINGUEZ CALLE, Efraín; BLANCO, Javier; SANCLEMENTE, Gloria; HERNANDEZ, Diana. Indicadores, tendencias y escenarios hidrológicos para el Cambio Climático. {En línea}. Junio 2010. {9 abril 2020}. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/274073057_Indicadores_tendencias_y_e_scenarios_hidrologicos_para_el_Cambio_Climatico.

FEINGOLD, Daniel; KOOP, Stef; VAN LEEUWEN, Kees. The City Blueprint Approach: Urban Water Management and Governance in Cities in the U.S. {En línea}. 3 Noviembre 2017. {16 Abril 2020}. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.1007%2Fs00267-017-0952-y>

FERNANDEZ COLÓN, Gustavo, La crisis del agua en América Latina. {En línea}. 2009. {9 Abril 2020}. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3406358>

GÓMEZ GUITIÉRREZ, Anna; MIRALLES JOSEPA, Maria; CORBELLA CORDOMÍ, Irene; GARCÍA, Soledad; NAVARRO, Sonia; LLEBARIA, Xavier. La calidad Sanitaria del Agua de Consumo. {En línea}. 2016. {13 Abril 2020}. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6378504>

MEDELLÍN, Hernando. Guía Metodológica para la Formulación de los Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos - PSMV. {En línea}. Diciembre 2004. {15

abril 2020}. Disponible en:

http://corponarino.gov.co/expedientes/psmv/guia_metodologica_para_psmv.pdf

NIETO, Nubia. La gestión del agua: tensiones globales y latinoamericanas. En: Política y cultura. México DF. (Enero 2011)

OMS/UNICEF. Informe de Actualización 2015 y Evaluación Del ODM. En: Progresos en materia de saneamiento y agua potable. (2015); p. 90.

REVOLLO, Daniel; LONDOÑO, Giovanna. Analysis of economics of scale and scope in water supply and sanitation services in Colombia. En: Desarrollo y Sociedad, Universidad de los Andes. (19 Agosto 2010); p. 145-182.

RODRIGUEZ MIRANDA, Juan Pablo; GARCÍA UBAQUE, César; GARCÍA UBAQUE, Juan. Enfermedades transmitidas por el agua y saneamiento básico en Colombia. {En línea}. Septiembre – Octubre 2016. {20 marzo 2020}. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15446/rsap.v18n5.54869>

SALDÍVAR, Américo. Gobernanza multidimensional del agua: la directiva del agua europea. {En línea}. Julio- Agosto 2013. {13 Marzo 2020}. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0185-0849\(13\)71329-X](https://doi.org/10.1016/S0185-0849(13)71329-X)

SÁNCHEZ, Fabio; VEGA, Alexander. Cobertura de Acueducto y Alcantarillado, Calidad del Agua y Mortalidad Infantil en Colombia, 2000-2012. {En línea}. 2014. {08 Marzo 2020}. Disponible en: <http://hdl.handle.net/1992/8527>

WWF INTERNACIONAL. Directrices para el desarrollo del turismo comunitario. {En línea}. Julio 2001. {25 Marzo 2020}. Disponible en: https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/directrices_para_el_ecoturismo_comunitario_wwf_1.pdf