



flumen
Dinàmica fluvial i enginyeria hidrològica

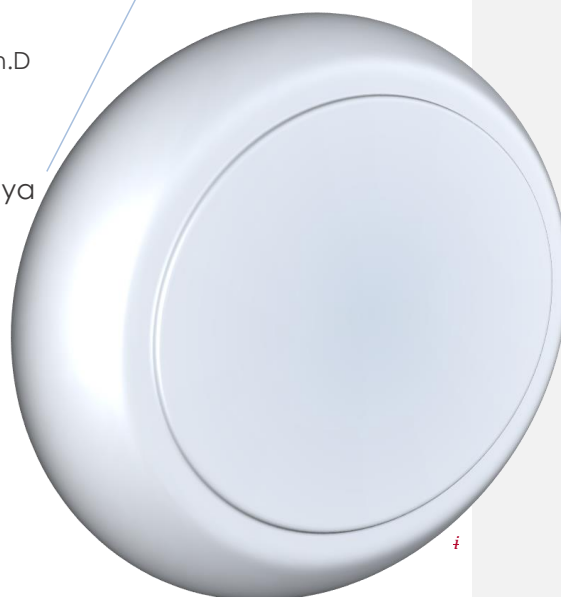


**ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS:
PROTOCOLO PARA SEGUIMIENTO DE LA
GOBERNANZA DEL AGUA EN CUENCAS
RURALES.**

Autor: Carlos Andrés Caro Camargo, Ph.D
Director: Ernest Bladé i Castellet, Ph.D

Universitat Politècnica de Catalunya

Barcelona, Marzo, 2019





UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERS DE CAMINS, CANALS I PORTS DE BARCELONA

INSTITUT DE RECERCA FLUMEN (UPC-CIMNE)

INVESTIGACIÓN POSTDOCTORAL

**ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS:
PROTOCOLO PARA SEGUIMIENTO DE LA GOBERNANZA
DEL AGUA EN CUENCAS RURALES.**

Autor:

Dr. CARLOS ANDRÉS CARO CAMARGO

Memoria ~~presentada para obtener la certificación del trabajo de investigación~~
postdoctoral ~~por realizado en el Instituto Flumen~~

~~la~~ UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Director:

Dr. ERNEST BLADÉ I CASTELLET

Barcelona, 2019

RESUM

Un dels majors problemes i reptes per a l'enginyeria i gestió dels recursos hídrics i ambientals és la correcta distribució i aprofitament de l'aigua i el medi ambient, d'una manera sostenible. Part del problema és la mala distribució i administració predominantment a Llatinoamèrica, on es té una gran quantitat de recursos naturals, però la distribució i aprofitament racional i responsable d'ells no s'ha aconseguit ja sigui per polítiques ineficients o per falta d'eines que facilitin i orientin els governs o responsables locals a nivell urbà i rural. En la present investigació s'aconsegueix obtenir una metodologia d'aplicació d'un índex de gestió de conques rurals (GWI) basat en indicadors que mesuren el grau de gestió de una conca i regió en general, depenent de la zona d'estudi. La metodologia contempla el desenvolupament i aplicació d'una eina computacional amb una interfície amigable que permet la visualització clara dels indicadors d'acompliment i el seu seguiment en el temps com a base de planificació. En el mateix sentit, es va realitzar l'avaluació in situ en 4 municipis dins del departament de Boyacá a Colòmbia, evidenciant en general absència de cultura de planificació a llarg termini i gestió dels recursos hídrics i ambientals.

RESUMEN

Uno de los mayores problemas y retos para la ingeniería y gestión de los recursos hídricos y ambientales es la correcta distribución y aprovechamiento del agua y el medio ambiente, de una manera sostenible. Parte del problema es la mala distribución y administración predominantemente en Latinoamérica, donde a pesar de contar con una gran cantidad de recursos naturales, la distribución y aprovechamiento racional y responsable de ellos no se ha logrado ya sea por políticas ineficientes o por falta de herramientas que faciliten y orienten a los gobiernos o responsables locales a nivel urbano y rural. En la presente investigación se logra obtener una metodología de aplicación de un índice de gestión de cuencas rurales (GWI) basado en indicadores que miden el grado de gestión de una cuenca y región en general, dependiendo de la zona de estudio. La metodología contempla el desarrollo y aplicación de una herramienta computacional con una interface amigable que permite la visualización clara de los indicadores de desempeño y su seguimiento en el tiempo como base de planificación. En el mismo sentido, se realizó la evaluación in situ en 4 municipios dentro del departamento de Boyacá en Colombia, evidenciando en general ausencia de cultura de planificación a largo plazo y gestión de los recursos hídricos y ambientales.

ABSTRACT

One of the biggest problems and challenges for the engineering and management of water and environmental resources is the correct distribution and use of water and the environment, in a sustainable way. Part of the problem is the poor distribution and administration predominantly in Latin America, where there is a large amount of natural resources, but the distribution and rational and responsible use of them has not been achieved either by inefficient policies or by lack of tools that facilitate and guide governments or local leaders at the urban and rural levels. In the present investigation, it is possible to obtain a methodology of application of a rural watershed management index (GWI) based on indicators that measure the degree of management of a basin and region in general, depending on the study area. The methodology contemplates the development and application of a computational tool with a friendly interface that allows the clear visualization of performance indicators and their follow-up over time as a basis for planning. In the same sense, the on-site evaluation was carried out in 4 municipalities within the department of Boyacá in Colombia, evidencing in general absence of culture of long-term planning and management of water and environmental resources.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento especial a Ernest Bladé I Castellet, director de Tesis, por sus valiosos aportes y direccionamiento para lograr la investigación.

A mis padres y familia, por su apoyo incondicional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUM..... i

RESUMEN..... ii

ABSTRACT.....iii

Agradecimientos..... iv

ÍNDICE DE CONTENIDO..... v

LISTA DE FIGURAS..... ix

LISTA DE TABLAS.....10

1 INTRODUCCIÓN.....11

1.1 Justificación y marco general de la investigación11

1.2 Objetivos.....12

1.3 Descripción del documento.....13

2 ESTADO DEL ARTE.....15

3 Análisis de indicadores de sostenibilidad y gestión hídrica.....20

3.1 ANÁLISIS INDIVIDUAL DE INDICADORES27

3.1.1 Mantenimiento a la Infraestructura (MI):.....27

3.1.2 Saneamiento (S):28

3.1.3 Acceso al agua (AA):.....28

3.1.4 Demanda de Agua (DA):.....29

3.1.5 Calidad de Agua (CA):.....29

3.1.6 Atención de Fugas en el sistema (FS):30

3.1.7 Riesgo (RI):.....30

3.1.8 Estrés hídrico (EH):.....31

3.1.9 Huella de Agua (HA):32

3.1.10 Autosuficiencia del Agua (AUA):.....32

3.1.11 Programas de Uso y Ahorro eficiente del Agua (UAH):.....33

3.1.12 Biodiversidad (BD):33

3.1.13 Eficiencia Medio Ambiental (EMA):.....34

3.1.14 Atractivo (A):35

3.1.15 Capital Humano (CH):.....	35
3.1.16 Eficiencia de tratamiento residual (ETR):	36
3.1.17 Participación medida del público (PP):.....	36
3.1.18 Eficiencia Económica (ECC):.....	37
3.1.19 Adaptabilidad al cambio climático (ACC):.....	38
3.1.20 Calidad de la información y del sistema de gestión del conocimiento (CI):	38
3.1.21 Control de la corrupción (CC):.....	39
4 Planteamiento del índice de gestión HÍDRICA en cuencas rurales, GWI (green watersheds index).....	40
4.1 Definición del Índice GWI.	40
4.2 Factor de Ponderación por indicador P _i	42
5 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	43
6 RESULTADOS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL.....	51
7 IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOCOLO FINAL.....	57
8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	69
8.1 Recomendaciones para futuros estudios.....	70
RESUM.....	iii

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de municipios con cuencas rurales a analizar.....	45 41
Figura 2. Herramienta GWI. Fuente: propia.....	49 45
Figura 3. Resultados aplicación herramienta de Gestión GWI para Gachantivá.....	51 46
Figura 4. Resultados aplicación herramienta de Gestión GWI para Chiquiza.	52 46
Figura 5. Resultados aplicación herramienta de Gestión GWI para Arcabuco.	52 47
Figura 6. Resultados aplicación herramienta de Gestión GWI para Villa de Leyva.....	53 47
Figura 7. Comparación de municipios analizados.....	53 48

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Información de indicadores iniciales por índice referenciado.	2149
Tabla 2. Información indicadores con mayor relevancia en cuencas rurales.	2324
Tabla 3. Definición de indicadores para cuencas rurales.	2523
Tabla 4. Criterio general de los indicadores.	2624
Tabla 5. Evaluación específica de los criterios de gestión.	2624
Tabla 6. Evaluación del indicador MI.	2725
Tabla 7. Evaluación del indicador S.	2826
Tabla 8. Evaluación del indicador AA.	2927
Tabla 9. Evaluación del indicador DA.	2927
Tabla 10. Evaluación del indicador CA.	3028
Tabla 11. Evaluación del indicador FS.	3028
Tabla 12. Evaluación del indicador RI.	3129
Tabla 13. Evaluación del indicador EH.	3129
Tabla 14. Evaluación del indicador HA.	3230
Tabla 15. Evaluación del indicador AUA.	3330
Tabla 16. Evaluación del indicador UAH.	3331
Tabla 17. Evaluación del indicador BD.	3431
Tabla 18. Evaluación del indicador EMA.	3432
Tabla 19. Evaluación del indicador A.	3533
Tabla 20. Evaluación del indicador CH.	3633
Tabla 21. Evaluación del indicador ETR.	3634
Tabla 22. Evaluación del indicador PP.	3734
Tabla 23. Evaluación del indicador EEC.	3735
Tabla 24. Evaluación del indicador ACC.	3835
Tabla 25. Evaluación del indicador CI.	3936
Tabla 26. Evaluación del indicador CC.	3937
Tabla 27. Indicadores definitivos para cálculo del índice GWI.	4138
Tabla 28. Características generales Municipios estudio.	4643
Tabla 29. Metodología de aplicación de los 18 indicadores de gestión del índice GWI.	6862

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación y marco general de la investigación

A nivel mundial, el problema del agua presenta múltiples focos, de una parte, el problema de escasez hídrica y por otra parte eventos extremos que facilitan condiciones de inundabilidad. En muchos de los casos referentes a países desarrollados como en Holanda, el problema se ha enfrentado con herramientas de planificación sostenible (Woltjer & Al, 2007)

En Colombia, como en Latinoamérica, la escasez de agua en términos generales no es un problema de oferta hídrica, es un problema derivado de la disponibilidad. En ese sentido, la cuantificación de caudales o variables climatológicas para los respectivos modelos hidrológicos, debe estar acompañada, para toda cuenca, de un plan integral que garantice la unión de esa oferta con la disponibilidad hídrica. Igualmente se presenta un serio problema de vulnerabilidad ante eventos de inundabilidad, notorio en zonas de planicies que reciben el aporte de las zonas altas. Para lograr esto, es necesario reunir las políticas gubernamentales, la voluntad estatal y un plan de acción que permite seguir una ruta que una a la comunidad con el estado y la ciencia. Se debe concientizar al estado y a la comunidad que en Colombia no debería hablarse de escasez, debería hablarse de una adecuada gobernanza del agua, que garantice la disponibilidad del recurso en todos los sectores de la sociedad, y que garantice además el uso sostenible de él. Se incluirá en el presente documento:

- Revisión bibliográfica. Durante el desarrollo de toda la investigación se realiza la revisión bibliográfica correspondiente a los temas que se abordan en el trabajo.
- Determinación de un estado del arte completo en referencia a prácticas internacionales en gobernanza del agua. En este apartado es muy importante la consecución de posibles temas desconocidos que puedan ser involucrados en

esta investigación. La inclusión de teorías económicas o de mercado, puede ser relevante en el momento de trazar bases al protocolo.

- Análisis y selección de las zonas estudio, para posterior trabajo de campo. En este apartado es importante la escogencia de las zonas preferiblemente extremas, en cuanto a disponibilidad hídrica, en Colombia.
- Diseño de encuestas de aplicación en el trabajo de campo.
- Trabajo de campo, recolección de datos a través de encuestas y entrevistas in situ.
- Análisis e interpretación de datos obtenidos.
- Diseño de protocolo comportamental.
- Diseño de protocolo gubernamental.
- Acoplamiento de protocolos y establecimiento de protocolo final.

1.2 Objetivos

Determinar un protocolo en Gestión y gobernanza del agua a partir de un análisis de las distintas fases de reconocimiento de la problemática de escasez o excedencia hídrica para cuencas hidrográficas rurales.

Objetivos específicos:

- Realizar una revisión bibliográfica extensa en cuanto a estado del arte, prácticas y tendencias en buenas prácticas y experiencias a nivel mundial en referencia al mercado del agua, gobernanza del agua, interacción entre aplicación de modelos hidrológicos y conectividad con aplicación de políticas de gestión.
- Recopilación de información referente a experiencias in situ en diferentes zonas de Colombia y para los distintos actores del proceso de gobernanza del agua, tanto en zonas áridas como zonas de abundancia hídrica.
- A partir del conocimiento de diferentes prácticas internacionales y de información recopilada in situ, diseñar un modelo de comportamiento ideal entre habitantes de cuenca alta, media y baja, en zonas rurales, y el respectivo protocolo o manual de seguimiento.
- Trazar una hoja de ruta general en cuanto a gestión del recurso hídrico a nivel de cuenca por parte de las entidades gubernamentales.

- Acoplar el protocolo de comportamiento de habitantes y la hoja de ruta gubernamental, para establecer un modelo final de protocolo.

1.3 Descripción del documento

El documento relaciona la investigación desarrollada para aportar a través de una herramienta que permita a través de un índice, evaluar la gestión y administración de los recursos hídricos y ambientales. Inicialmente se enmarca toda la concepción teórica y numérica para mostrar los indicadores y la metodología de uso de cada uno de ellos en la evaluación del índice GWI (Green watershed index). Posteriormente se exponen los rangos y forma de determinación de cada uno de los indicadores según las diferentes zonas de estudio y se escogen los caso estudio a través de 4 municipios predominantemente rurales para aplicación de la metodología. Finalmente se darán a conocer los resultados de aplicación y el análisis de los datos obtenidos. Se cierra el documento con las conclusiones y recomendaciones.

2 ESTADO DEL ARTE

El reciente fenómeno de cambio climático, ha suscitado la reflexión sobre el uso racional y eficiente de los recursos hídricos en el mundo, sin embargo, Latinoamérica es un punto de estudio importante debido a la rareza de los acontecimientos en torno al tema del agua. A pesar de que se tienen referencias importantes en cuanto a número de estudios de oferta hídrica, y la existencia ahora, de numerosas herramientas de predicción de caudales por medio de modelos hidrológicos de alta resolución, la desconexión existente entre la tecnología y la ciencia con la política gubernamental, hacen de la gestión hídrica un problema que ha venido causando interés en diferentes sectores de ciencia y desarrollo.

América Latina cuenta con la tasa per cápita más alta de disponibilidad de agua dulce del planeta, según cifras del Banco Mundial (2008), sin embargo, se presenta escasez y contaminación sectorial que afecta a millones de comunidades. A su vez, muchas de las comunidades afectadas como indígenas y sectores populares defienden la no privatización del servicio, alegando y exigiendo una correcta distribución por parte de los gobiernos (Fernández Colón, 2009).

En términos generales, la distribución de la disponibilidad hídrica, también es muy desigual en América Latina. En México por ejemplo los índices de oferta subterránea empiezan a tener niveles preocupantes, debido primordialmente al exceso de extracciones, por crecimiento de población y por uso agrícola. En contraste, Brasil, Paraguay, Uruguay y Argentina, son poseedores de una de las más grandes reservas de agua subterránea del mundo. Es importante mencionar que América del sur cuenta con dos de las más importantes cuencas hidrográficas del planeta, la cuenca del Amazonas y la cuenca del río de la Plata, por ello Brasil cuenta con el 53% del agua de América del Sur y el 14% del agua del mundo. Perú está en una situación de "suficiente", mientras Brasil, Bolivia, Colombia, Venezuela, Argentina, y Chile se ubican en el rango

de países ricos con índices de entre 10.000 y 100.000 m³ de agua por persona por año (Guzmán Arias & Calvo Alvarado, 2012).

A pesar de que el 70% de la superficie terrestre está compuesta de agua, sólo el 2.5% constituye agua dulce y aprovechable por parte del hombre, tan solo el 0.4%, incidiendo este factor en las tremendas implicaciones geopolíticas de los recursos hídricos que posee América Latina. (Segrelles Serrano, 2007). Adicionalmente el crecimiento exponencial de la población en el mundo afectará la ya muy sentida situación de escasez de países como India, Pakistán, las naciones de Medio Oriente y el África semiárida (Penso Acero, 2009). Mientras la contaminación y la escasez del agua se evidencian cada día más, en las últimas décadas se han venido realizando una serie de planes de reestructuración de los espacios geo-económicos del continente para poder garantizar un desarrollo sostenible.

El Cambio Climático seguramente tendrá y viene teniendo consecuencias importantes sobre el balance hídrico de la tierra y éste sobre el funcionamiento de la infraestructura, referente al almacenamiento, regulación y distribución de caudales, como en el caso de aquella utilizada en la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento, en el uso de riego e industrial (Aguilar Amilpa, 2010). En ciudades de muy densamente pobladas, la presencia de lluvias muy intensas puede sobresaturar la capacidad de los drenajes pluviales y la infraestructura de tratamiento de aguas residuales (Alegre, Cabrera JR, Hein, & Bratteb0, 2012). Asimismo, el aumento del nivel del mar en zonas costeras generaría seguramente la salinización de los acuíferos costeros. Así mismo, el aumento de los caudales y los escurrimientos pone en riesgo a miles de poblaciones establecidas en zonas de riesgo elevado. Recíprocamente, la variabilidad extrema o reducción de la oferta en sus fuentes podría incrementar, todavía más, la migración rural hacia las zonas urbanas, y exceder los límites de la infraestructura en su funcionamiento, y los problemas en cuanto a capacidad institucional en gestión del agua en todos los sectores. Lo anterior, unido a la previsible competencia entre todos y cada uno de los usuarios, por los limitados recursos hídricos, podría causar hostilidad y desconfianza entre todos, aumentando los conflictos por el agua como recurso vital (Aguilar Amilpa, 2010).

A partir del conflicto existente entre escasez, disponibilidad y cambio climático, una adecuada ruta de desarrollo para la adecuada gestión integral del recurso hídrico, es el establecimiento de una unidad de trabajo espacial. En ese sentido, históricamente,

debido a su base física de aportación, la cuenca hidrográfica surge como unidad territorial básica (BID, 2012). Esta unidad empieza a presentarse como división territorial o límite en muchos casos, sin embargo entra en conflicto con las naturales divisiones políticas que connotan los países o naciones. De esta manera una división política no implica necesariamente concordancia entre divisiones de cuenca, es decir, una cuenca puede tener en su parteaguas inicio en un país y finalización en otro país, lo que conlleva a un cuidado importante en los usos de agua "aguas arriba" para no perjudicar "aguas abajo".

El Manejo Integrado de Cuencas Hídricas (MICH) genera una integración de las relaciones ambientales y socioeconómicas en torno a un nivel generalizado de cuenca a través de planes de manejo integrados y de decisiones que regulan (UNESCO, 2009). La toma de decisiones a nivel de cuenca requiere la interrelación de conocimiento en modelos teóricos y físicos además de buenas prácticas ambientales que dan la opción de implementar modelos de manejo integrado. En el último par de décadas se han desarrollado modelos hidrológicos y geológicos en el estudio físico, espacial y temporal de procesos que transcurren en la cuenca hidrográfica a partir de SIG. Estos modelos de manejo hidrológico permiten predecir las diferentes respuestas del sistema ante determinados eventos puntuales y en distintas escalas temporales, evaluando la incertidumbre y correlacionando además la calidad de agua, entre otros, a pesar de que la existencia de un modelo hidrogeológico conceptual o de alta resolución no asegura el adecuado manejo de la cuenca, pero sí es una herramienta de gestión fundamental.

Algunas de las limitaciones más evidentes en el desarrollo de estos modelos, a nivel agregado o distribuido es la falta de información o baja calidad de ella en la ejecución del modelo, o la dificultad de medir la incertidumbre, en especial énfasis durante la proyección de modelos de respuesta ante efectos del cambio climático (BID, 2012).

Uno de los aspectos fundamentales y de control en el MICH (Manejo Integral de cuencas hidrográficas) es la institucionalidad. Desde la primera Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua (Mar del Plata, 1977) se recomienda la realización de reformas institucionales, administrativas y económicas, encaminadas a la implementación de organizaciones de cuenca (comités, consejos, etc) y de autoridades reguladoras nacionales o regionales (BID, 2012). En algunos países se ha dado inicio a dichas conformaciones en cuanto a sistemas de manejo integrado

de recursos hidrográficos. Chile fue legalmente el primero en modificar su Código de Aguas en 1981, seguido de México en 1992, Colombia en 1993 y Brasil en 1997. Brasil, con la creación de Comités de Agua y Agencias de Agua, y México, con la creación de Consejos de Cuenca, fueron los primeros países en crear entidades para el MICH. Según un análisis acerca del MICH en 28 países, 10 no habían implementado ningún programa de MICH o Planes de Eficiencia Hídrica, o lo habían hecho sin resultados a destacar, y 5 países los habían implementado parcialmente. Ninguno de los países analizados había afianzado completamente el modelo de MICH.

En función a lo anterior, algunos autores (Cornelis J Van Leeuwen, Frijns, Van Wezel, & Van de Ven, 2012) han establecido una serie de indicadores (24) que pueden determinar el nivel de sostenibilidad de cuencas a nivel urbano, con el fin de determinar que aspectos pueden llegar a influir en la toma o no de decisiones que ayudan en la toma de decisiones más convenientes desde el punto de vista del desarrollo sostenible respecto al recurso hídrico. La metodología anterior es contextualizada en un ideal de ciudades denominadas Blue Cities (Koop & Van Leeuwen, 2015) y el informe de resultados de dichos indicadores se da a través de un Blue Print. Los Blue Prints permiten la comparación de diferentes cuencas urbanas con el fin de mantener una mejoría continua en cada indicador y por ende posterior toma de decisiones. Comprende elementos de una variedad de metodologías, como la huella hídrica, el metabolismo urbano y los servicios ecosistémicos. Los indicadores se han subdividido en ocho categorías generales: 1) la protección del agua siguiendo el enfoque de huella hídrica, la calidad del agua, que incluye las aguas superficiales y subterráneas, 3) el agua potable, 4) saneamiento, 5) infraestructura, 6) robustez climática, 7) biodiversidad y 8) gobernanza. Los mejores resultados se obtienen cuando todos los interesados (gobierno, empresarios, usuarios) están involucrados y conectados desde el principio. Cada indicador es evaluado a partir de fuentes oficiales de 0 a 10, y al final se determina la media aritmética de los 24 indicadores, para poder establecer el BCI (Blue City Index), que tiene características estáticas, no dinámicas (C J Van Leeuwen, Koop, & Sjerps, 2016), teniendo en cuenta que da un pantallazo a la situación actual analizada.

Es importante aclarar que el BCI se compara en varios estudios realizados por Van Leeuwen para muchas ciudades en el mundo y para otros índices reconocidos como Water Exploitation Index (Eurostat, 2016), TPI (Trends and pressures Index), el European

Green City index (Dening, 2009), los World Bank Governance Indicators, el Worldwide Governance Indicators (Kaufmann, 2010), o el Environmental Performance Index (Jay, Esty, & Levy, 2010) manteniendo siempre correlaciones adecuadas que garantizan la idoneidad del BCI.

43 ANÁLISIS DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD Y GESTIÓN HÍDRICA.

A partir de un análisis de los diferentes indicadores, podemos establecer un común denominador en los diferentes intereses de los principales índices consultados y referenciados en el apartado anterior. En la siguiente tabla podemos ver los indicadores iniciales similares entre los diferentes índices analizados.

INDICADORES	ÍNDICES						Total
	BCI	EPI	VPI	world wide	UWCS	European green	
1. Mantenimiento a la Infraestructura	x				x	x	3
2. Saneamiento	x	x					2
3. Riesgo	x		x				2
4. Acceso al agua	x						
5. Demanda de agua	x	x			x	x	4
6. Calidad de agua	x	x	x			x	4
7. Escasez de agua	x	x	x				3
8. Estrés hídrico		x					1
9. Huella de agua	x						1
10. Autosuficiencia del agua	x						1
11. Fugas en el sistema implementado	x				x		2
12. Programas de uso y ahorro eficiente del agua					x		1
13. Biodiversidad	x						1
14. Eficiencia medioambiental				x			1
15. Eficiencia energética	x			x			2
16. Atractivo	x						1
17. Capital humano				x			1
18. Políticas de eficiencia y tratamiento del agua				x		x	2
19. Participación medida del público	x				x		2
20. Eficiencia económica					x		1
21. Adaptabilidad al cambio climático					x		1
22. Calidad de la información y del sistema de gestión del conocimiento					x		1
23. Planes de gestión y acción Medida	x						1

24. Eficacia gubernamental				x			1
25. Control de la Corrupción				x			1

Tabla 1 Información de indicadores iniciales por índice referenciado.

Calidad de agua y escasez de agua se convierten en dos de los indicadores con mayor repetición o nombramiento en los índices que evalúan sostenibilidad y aprovechamiento del recurso hídrico en el mundo. En ese mismo sentido podemos ver cuales de los indicadores referenciados, y en el contexto de cuencas rurales, podrían tener mayor relevancia en el momento de un análisis de gestión del recurso hídrico.

A continuación, se muestra una descripción de cada uno de los indicadores seleccionados inicialmente como punto de partida en la evaluación de gestión sostenible de los recursos hídricos:

Item	FUENTE	INDICADORES	DESCRIPCIÓN
1	BCI UWCS Europea n green	Mantenimiento a la Infraestructura	Se cumple con todas las consideraciones de rigor tecnico establecidas en la resolucion de otorgamiento de la concesion de aguas frente a las condiciones hidraulicas de la estructura, como tambien se realizan las debidas calibraciones de los sistemas de medicion a fin de evitar se propicien perdidas en el sistema
2	BCI EPI	Saneamiento	Estimar las personas de riesgo frente a la exposición a un saneamiento deficiente
3	BCI EPI	Riesgo	Medidas frente a un posible desabastecimiento 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 captacion de emergencia
4	Propio	Acceso al agua	Porcentaje total de la población de la region tiene acceso a una fuente mejorada de agua potable
5	BCI EPI UWCS Europea n green	Demanda de agua	La Cantidad de agua en L/s otogada por la autoridad Ambiental competente acorde con la cantidad de personas y su respectiva proyeccion de poblacion mas las perdidas del sistema (si las hay) para lo cual se debe establecer un inventario de las personas beneficiadas, y la poblacion flotante del sector
6	BCI EPI VPI Europea n green	Calidad de agua	Se realiza la Medicion del cumplimiento de los parametros de calidad de agua estipulados en la ley, ademas de contar con la autorizacion sanitaria favorable, esto debe ser medido periódicamente

Modelación hidrológica distribuida en base a esquemas de volúmenes finitos

7	BCI EPI VPI	Escasez de agua	Cuando no se puede satisfacer la demanda hídrica. Se considera que existe un uso doméstico anual por persona menor a 1000 m ³
8	EPI	Estrés hídrico	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
9	EPI	Huella de agua	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
10	EPI	Autosuficiencia del agua	La autosuficiencia es 100% si toda la agua necesaria está disponible y tomada desde el propio territorio
11	Propio	Atención Fugas en el sistema implementado	Cuentan con planes de gestión inmediata frente a las posibles fugas que puede llegar a presentar el sistema a fin de evitar desperdicio
12	se exige por norma 373 del 1997	Programas de uso y ahorro eficiente del agua	Cuenta con la totalidad de las medidas para uso adecuado del recurso hídrico mediante la implementación del PUEA, el cual debe estar debidamente aprobado por la autoridad ambiental
13	BCI	Biodiversidad	Se preservan las condiciones ecológicas estables del área de influencia de la fuente a pesar de la intervención antropica
14	world wide	Eficiencia medioambiental	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
15	BCI world wide	Eficiencia energética	Porcentaje de aguas residuales tratadas con técnicas para generar y recuperar energía
16	BCI	Atractivo	El agua apoya la calidad del paisaje rural medido por el sentimiento de la comunidad dentro del área rural
17	world wide	Capital humano	Personal requerido para la óptima operatividad del sistema de abastecimiento
18	world wide Europea n green	Políticas de eficiencia y tratamiento del agua	Dentro de la asociación se plantean medidas para el suministro de agua en cuanto a horarios de distribución y/o esto para la época de escases
19	BCI UWCS	Participación medida del público	Se puede establecer mediante reuniones anuales de rendición de cuentas, a través de juntas de acción comunal, por lo menos una vez al año.
20	UWCS	Eficiencia económica	Facturación mensual acorde con los consumos estimados a cada suscriptor,
21	UWCS	Adaptabilidad al cambio climático	El diseño del sistema de derivación y abastecimiento cuenta con la capacidad hidráulica adecuada para las condiciones críticas. Sistema de protección en zonas inundables.

22	UWCS	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; como también registros de las condiciones del sistema.
23	BCI	Planes de gestión y acción Medida	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 siempre el suministro del recurso
24	world wide	Eficacia gubernamental	Condición necesaria para el desarrollo de todas las personas en libertad y armonía dentro del Marco de la legislación nacional y de la legislación internacional. Autorización sanitaria favorable y resolución de otorgamiento de concesión de aguas con la Autoridad Ambiental competente
25	world wide	Control de la Corrupción	Se realizan Estrategias para mejorar y supervisar el desempeño, de quienes se encargan de la administración y operación del sistema de abastecimiento, por parte de los suscriptores.

Tabla 2. Información indicadores con mayor relevancia en cuencas rurales.

Sin embargo, los indicadores 2,3,4,5,6,7,18 y 24 podrían concebirse desde el concepto de riesgo y vulnerabilidad, donde podríamos asociar al riesgo como un producto de la amenaza por la vulnerabilidad (Sosa Rodríguez, 2010). La vulnerabilidad podría definirse como la incapacidad de una población para poder controlar o dar frente a la amenaza. Lo anterior podría entenderse en la necesidad de tener en cuenta no sólo la cantidad sino la calidad de agua a partir de modelos que permitan identificar muestras iniciales y finales en cuerpos de agua. Sosa determina un índice general de gestión del agua a través del Water Management Effectiveness Index (WMEI), el cual tiene a su vez tres sub índices; el Supply Index (WSI), que evalúa la efectividad por parte de las autoridades en la distribución de agua a la población para sus necesidades básicas, segundo, el Water Quality Index (QI), que mide la efectividad en las autoridades para suministrar agua en condiciones saludables para la población, y el Sewage Index (SI), que mide efectividad en la distribución de la red de alcantarillado y sistema de tratamiento hasta la entrega al río.

Con lo anterior, teniendo en cuenta calidad y calidad de agua, el WMEI lo define Sosa como:

$$WMEI = k1 * WSI + K2 * QI + k3 * SI \quad (1)$$

Otro de los índices tenidos en cuenta por (Sosa Rodríguez, 2010), fue el índice de Vulnerabilidad (Water Management Vulnerability Index, WMVI). Este índice analiza las condiciones físicas de la cuenca, a través del PCI (Physical conditions), la capacidad económica de la región a través de ECI (Economic conditions),

características sociales a través del SCI (Social characteristics) y la representación política y su efectividad en términos generales a las necesidades de la población a través del PRI (Political representation).

$$WMVI = k1 * PCI + K2 * ECI + k3 * SCI + K4 * PRI \quad (2)$$

El riesgo para Sosa es el producto de WMVI por WMEI, a través del Water Management Ineffectiveness Risk Index (WMIRI). Este índice tiene una distribución probabilística ($0 \leq WMIRI \leq 100$), donde n es la cantidad total de vecindarios. Por lo tanto, cuando $WMIRI \approx 100$, los habitantes del vecindario analizado enfrentan el riesgo máximo posible generado por problemas de gestión del agua.

Sin embargo, si $WMIRI \approx 0$, su exposición es mínima (Sosa Rodriguez, 2010).

$$WMIRI = \frac{WMEI * WMVI}{n} \quad (3)$$

Para la presente investigación, y a partir del contexto de cuencas rurales, se tendrán en cuenta por separado los indicadores WMEI, WMVI y WMIRI.

De esta manera, reorganizamos los indicadores generales: ~~de~~

Item	FUENTE	INDICADORES	DESCRIPCIÓN
1	BCI UWCS Europea n green	Mantenimiento a la Infraestructura	Se cumple con todas las consideraciones de rigor tecnico establecidas en la resolucion de otorgamiento de la concesion de aguas frente a las condiciones hidraulicas de la estructura, como tambien se realizan las debidas calibraciones de los sistemas de medicion a fin de evitar se propicien perdidas en el sistema
2	WMEI (Sosa, 2010)	Efectividad en gestión hídrica general	Evalúa abastecimiento, Calidad de agua y cobertura de sistema de alcantarillado.
3	WMVI (Sosa, 2010)	Vulnerabilidad hídrica	Evalúa Condiciones físicas, económicas, sociales y de representación política
4	WMIRI (Sosa, 2010)	Riesgo hídrico	Vulnerabilidad x Amenaza
5	EPI	Estrés hídrico	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 m3

Modelación hidrológica distribuida en base a esquemas de volúmenes finitos

6	EPI	Huella de agua	Volumen total de agua dulce que se utiliza para producir los bienes y servicios del area de influencia ----Esto deberia establecerse en relacion a las exigencias de uso domestico requeridas en la region es decir debe prevalecer el consumo de agua dulce frente a alguna otra actividad
7	EPI	Autosuficiencia del agua	La autosuficiencia es 100% si toda la agua necesaria está disponible y tomada desde el propio territorio
8	se exige por norma 373 del 1997	Programas de uso y ahorro eficiente del agua	Cuenta con la totalidad de la medidas para uso adecuado del recurso hidrico mediante la implementacion del PUEA, el cual debe estar debidamente aprobado por la autoridad ambiental
9	BCI	Biodiversidad	Se presertan las condiciones ecologicas estables del area de influencia de la fuente a pesar de la intervencion antropica
10	world wide	Eficiencia medioambiental	Compensaciones ambientales en las zonas de influencia directa del cuerpo hidrico del cual se deriva el recurso para ello puede ser medible la compensacion forestal que plante la Autoridad Ambiental frente al caudal que se deriva
11	BCI world wide	Eficiencia de Tratamiento Residual.	Porcentaje de aguas residuales tratadas.
12	BCI	Atractivo	El agua apoya la calidad del paisaje rural medido por el sentimiento de la comunidad dentro del area rural
13	world wide	Capital humano	Personal requerido para la optima operatividad del sistema de abastecimiento
14	BCI UWCS	Participación medida del público	Se puede establecer mediante reuniones anuales de rendicion de cuentas, a traves de juntas de accion comunal, por lo menos una vez al año.
15	UWCS	Eficiencia economica	Facturacion mensual acorde con los consumos estimados a cada suscriptor,
16	UWCS	Adaptabilidad al cambio climatico	El diseño del sistema de derivacion y abastecimiento cuenta con la capacidad hidraulica adecuada para las condiciones críticas. Sistema de protección en zonas inundables.
17	UWCS	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 informacion en el cual se determinen la cantidad de usuarios y la demanda requerida por los mismos; como tambien registros de las condiciones del sistema.
18	world wide	Control de la Corrupción	Se realizan Estrategias para mejorar y supervisar el desempeño, de quienes se encargan de la administracion y operación del sistema de abastecimiento, por parte de los suscriptores.

Tabla 3. Definición de indicadores para cuencas rurales.

Según la referencia de cada uno de los índices de evaluación analizados, la mejor forma de evidenciar una adecuada o deficiente gestión es aquella que puede ser visualizada práctica y fácilmente. Por ello se ha seguido la metodología de Blue Cities Index (C J Van Leeuwen et al., 2016), donde se califica cada factor o indicador de 0 a 10, dependiendo el grado de cumplimiento en la tenencia o no del proceso requerido,

con plena justificación. De esta manera, un municipio o provincia o Departamento, donde sus cuencas rurales cumplen plenamente, a cabalidad y ante sus habitantes a manera de percepción, los objetivos de cada uno de los indicadores, el promedio de sus respectivas calificaciones tendrá un puntaje promedio cercano a 10.

La justificación de calificación de cada indicador debe evidenciar según el objetivo del mismo, el grado de cumplimiento. En este caso, se ha establecido lo anterior teniendo en cuenta el siguiente criterio:

CRITERIO	PONDERACION
0-5	No sostenible
6-8	medianamente sostenible
9-10	Sostenible

Tabla 4. Criterio general de los indicadores.

Y de manera específica:

CRITERIO	EVALUACION
0	No cumple
2	Da inicio de planeacion de la actividad
4	Culmina la parte operativa de la planeacion
6	Cuenta con el planteamiento y da inicio al desarrollo de la actividad para ejecucion
8	Ejecuta la actividad parcialmente
10	Cumple

Tabla 5. Evaluación específica de los criterios de gestión.

Es importante recordar que las diferentes metodologías de los índices analizados previamente en el Estado del Arte, evalúan el rendimiento general de gestión como un promedio de puntaje de todos los indicadores, y por tal motivo la evaluación justificada de ellos es importante con el fin de disminuir lo más posible la incertidumbre del índice general.

Una cuenca perteneciente a una región desarrollada, seguramente tendrá sus indicadores en un marco de alta sostenibilidad, y una cuenca perteneciente a una región en vía de desarrollo, seguramente será no sostenible, pero lo ideal es que haya iniciado la fase de planeación de actividades para llegar a la meta de sostenibilidad deseada.

Cada indicador es un universo diferente y los medios de calificación son una expresión subjetiva según la perspectiva del autor. Sin embargo, se trata de tener en cuenta la mayor objetividad posible en referencia

a los objetivos de sostenibilidad planteados. A continuación, se anunciará cada indicador y la respectiva descripción de calificación del mismo.

4.13.1 ANÁLISIS INDIVIDUAL DE INDICADORES

A continuación se muestran los 6 grados de cumplimiento planteados para cada uno de los indicadores, según el objeto de cada uno de ellos, y a partir de la correspondiente evaluación en un rango de 1 a 10.

4.13.1.1 Mantenimiento a la Infraestructura (MI):

MANTENIMIENTO A LA INFRAESTRUCTURA	NO CUMPLE	DA INICIO PROCESO DE PLANEACION DE LA ACTIVIDAD	CULMINA LA PARTE OPERATIVA DE LA PLANEACION	CUENTA CON EL PLANTEAMIENTO Y DA INICIO AL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD PARA EJECUCION	EJECUTA LA ACTIVIDAD PARCIALMENTE	CUMPLE
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 pérdidas en el sistema	No cuenta con especificaciones técnicas para la actividad	Cuenta con los diseños del sistema de captación y control de caudal, además con un inventario total de los puntos en donde se deben implementar los sistemas de medición	Especificaciones técnicas avaladas por un profesional idóneo	Se adecua la estructura a dar inicio a la adecuación y en campo se reconocen los puntos de medición de caudal	Se realiza la fase operativa para la etapa de adecuación	Se culmina la adecuación y calibración de los sistemas
Evaluación	0 1	2 Diseños al 50% 3 Diseños al 100%	4 Revisión 50% 5 Revisado y avalado 100%	6 Reconocimiento en campo 7 Establecimiento de puntos a intervenir	8 Adecuación al 50% 9 Adecuación al 99%	10 Adecuación al 100%

Tabla 6. Evaluación del indicador MI.

Los siguientes 5 indicadores hacen parte de la evaluación del indicador de eficiencia en la gestión hídrica:

4.1.23.1.2 Saneamiento (S):

SANEAMIENTO	NO CUMPLE	DA INICIO PROCESO DE PLANEACION DE LA ACTIVIDAD	CULMINA LA PARTE OPERATIVA DE LA PLANEACION	CUENTA CON EL PLANTEAMIENTO Y DA INICIO AL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD PARA EJECUCION	EJECUTA LA ACTIVIDAD PARCIALMENTE	CUMPLE
Estimar las personas de riesgo frente a la exposición a un saneamiento deficiente	No se ha realizado	Se da etapa preliminar a la estimación de población e identificación del 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 o básico.

Porcentaje de cubrimiento Saneamiento básico	0	2	4	6	8	10
		20	40%	60%	80%	100%
1	3	5	7	9		
10%	30%	50%	70%	90%		

Tabla 7. Evaluación del indicador S

4.1.33.1.3 Acceso al agua (AA):

ACCESO AL AGUA	NO CUMPLE	DA INICIO PROCESO DE PLANEACION DE LA ACTIVIDAD	CULMINA LA PARTE OPERATIVA DE LA PLANEACION	CUENTA CON EL PLANTEAMIENTO Y DA INICIO AL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD PARA EJECUCION	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 plantean alternativas para el suministro eficiente del recurso	Se cuenta con las instrucciones definitivas para el suministro del recurso	Diseños y planes de construcción adjudicados.	Se abarca un porcentaje importante de cubrimiento	Todas las personas cuentan con servicio

Sobre el total de avance del proyecto	0	2	4	6	8	10
		20	40%	60%	80%	100%

Modelación hidrológica distribuida en base a esquemas de volúmenes finitos

	1	3	5	7	9	
	10%	30%	50%	70%	90%	

Tabla 8. Evaluación del indicador AA.

4.1.43.1.4 Demanda de Agua (DA):

DEMANDA DE AGUA	NO CUMPLE	DA INICIO PROCESO DE PLANEACION DE LA ACTIVIDAD	CULMINA LA PARTE OPERATIVA DE LA PLANEACION	CUENTA CON EL PLANTEAMIENTO Y DA INICIO AL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD PARA EJECUCION	EJECUTA LA ACTIVIDAD PARCIALMENTE	CUMPLE
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 mas 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 oferta hídrica disponible	Búsqueda de fuentes alternas	Definición de fuentes alternas	Ejecución de obras e infraestructura para captación de fuentes alternas.	Puesta en marcha de distribución	Satisfecha la demanda

Indicadores basados en las fases para la obtención de la concesión	0	2	4	6	8	10
	1	3	5	7	9	10
	10%	30%	50%	70%	90%	100%

Tabla 9. Evaluación del indicador DA.

4.1.53.1.5 Calidad de Agua (CA):

CALIDAD DE AGUA	NO CUMPLE	DA INICIO PROCESO DE PLANEACION DE LA ACTIVIDAD	CULMINA LA PARTE OPERATIVA DE LA PLANEACION	CUENTA CON EL PLANTEAMIENTO Y DA INICIO AL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD PARA EJECUCION	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	Se realiza un proceso inicial de medición de las fuentes hídricas	se cuenta con los resultados de los análisis para todas las fuentes-	Se cuenta con diseños de PTARS Y PTAPS, y planes de disminución de contaminación en fuentes.	Plantas en funcionamiento parcial	Puesta en funcionamiento de plantas en un 100%

	0	2	4	6	8	10
--	---	---	---	---	---	----

Modelación hidrológica distribuida en base a esquemas de volúmenes finitos

% de fuentes hídricas tratadas y medidas continuamente	1 el 10%	el 20% 3 el 30%	el 40% 5 el 50%	el 60% 7 el 70%	el 80% 9 Cumpe el 90%	Cumple el 100 %
--	-------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------------	-----------------

Tabla 10. Evaluación del indicador CA.

4.1.63.1.6 Atención de Fugas en el sistema (FS):

ATENCION FUGAS EN EL SISTEMA IMPLEMENTADO	NO CUMPLE	DA INICIO PROCESO DE PLANEACION DE LA ACTIVIDAD	CULMINA LA PARTE OPERATIVA DE LA PLANEACION	CUENTA CON EL PLANTEAMIENTO Y DA INICIO AL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD PARA EJECUCION	EJECUTA LA ACTIVIDAD PARCIALMENTE	CUMPLE
Cuentan con planes de gestion inmediata frente a las posibles fugas que puede llegar a presentar el sistema a fin de evitar desperdicio	No cuentan con estrategias de planificaci on	Se plantean medidas para la atencion 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 revision	En este punto el documento debe contar con el visto bueno de un profesional ideoneo	Plan implementado en todos los puntos de redes de drenaje.

Ejecucion de un documento maestro	0 No tienen ninguna	2 Medidas implementadas al 50%	4 Documento maestro al 60%	6 Revision al 50%	8 visto bueno de mas del 60% de las personas vinculadas en la junta	10 Plan implementado en todos los puntos de redes de drenaje.
	1 Presenta alguna idea al respecto	3 Medidas a implementar a un 100%	5 Documento maestro al 100%	7 Revision al 100 %	9 visto bueno de mas del 100% de las personas vinculadas en la junta	

Tabla 11. Evaluación del indicador FS.

4.1.73.1.7 Riesgo (RI):

RIESGO	NO CUMPLE	DA INICIO PROCESO DE PLANEACION DE LA ACTIVIDAD	CULMINA LA PARTE OPERATIVA DE LA PLANEACION	CUENTA CON EL PLANTEAMIENTO Y DA INICIO AL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD PARA EJECUCION	EJECUTA LA ACTIVIDAD PARCIALMENTE	CUMPLE
--------	-----------	---	---	--	-----------------------------------	--------

Modelación hidrológica distribuida en base a esquemas de volúmenes finitos

Medidas frente a un posible desabastecimiento 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 da inicio a recorridos a fin de hacer reconocimiento del área para fuentes abastecedoras	Se reconocen las fuentes de captación aledañas a la abastecedor a	se implementan diseños con fines preventivos de las fuentes abastecedoras	Ejecución del proyecto	100 % de las obras estas deben contar con la autorización de la autoridad ambiental, como también ser no invasivos para la fuente hídrica
---	--------------------------------	---	---	---	------------------------	---

Indicadores basados en actividades de cumplimiento	0	2	4	6	8	10
	1	3	5	7	9	100%
	Fase de planteamiento	Se termina el recorrido de reconocimiento	Se reconocen las fuentes hídricas del área de influencia en un 100%	Se realizan los diseños con un avance del 70%	Realización de la adecuación en un 90%	

Tabla 12. Evaluación del indicador RI.

4.1.83.1.8 Estrés hídrico (EH):

ESTRÉS HIDRICO	NO CUMPLE	DA INICIO PROCESO DE PLANEACION DE LA ACTIVIDAD	CULMINA LA PARTE OPERATIVA DE LA PLANEACION	CUENTA CON EL PLANTEAMIENTO Y DA INICIO AL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD PARA EJECUCION	EJECUTA LA ACTIVIDAD PARCIALMENTE	CUMPLE
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 m3	dotacion<1000m3/año	1000<Dotación<1200m3/año	1200<Dotación<1400m3/año	1400<Dotación<1600m3/año	1600<Dotación<1700m3/año	N hay estrés hídrico: Dotaciones >1700 m3/año

Niveles de evolución en corrección de escasez	0	2	4	6	8	10
	1	3	5	7	9	Cumple el 100 %
	el 10%	el 30%	el 50%	el 70%	Cumpe el 90%	

Tabla 13. Evaluación del indicador EH.

4.1.93.1.9 Huella de Agua (HA):

HUELLA DE AGUA	NO CUMPLE	DA INICIO PROCESO DE PLANEACION DE LA ACTIVIDAD	CULMINA LA PARTE OPERATIVA DE LA PLANEACION	CUENTA CON EL PLANTEAMIENTO Y DA INICIO AL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD PARA EJECUCION	EJECUTA LA ACTIVIDAD PARCIALMENTE	CUMPLE
Volumen total de agua dulce que se utiliza para producir los bienes y servicios del area de influencia ----Esto deberia establecerse en relacion a las exigencias de uso domestico requeridas en la region 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

	0	2	4	6	8	10
Niveles de evolución en corrección de escasez		el 20%	el 40%	el 60%	el 80%	Cumple el 100 %
	1	3	5	7	9	
	el 10%	el 30%	el 50%	el 70%	Cumpe el 90%	

Tabla 14. Evaluación del indicador HA.

4.1.103.1.10 Autosuficiencia del Agua (AUA):

AUTOSUFICIENCIA DEL AGUA	NO CUMPLE	DA INICIO PROCESO DE PLANEACION DE LA ACTIVIDAD	CULMINA LA PARTE OPERATIVA DE LA PLANEACION	CUENTA CON EL PLANTEAMIENTO Y DA INICIO AL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD PARA EJECUCION	EJECUTA LA ACTIVIDAD PARCIALMENTE	CUMPLE
La autosuficiencia es 100% si toda la agua necesaria está disponible y tomada desde el propio territorio	Toda el agua se deriva de otra region	Entre el 20 y 30 % de agua se deriva de la region	Entre el 40 y 50 % de agua se deriva de la region	Entre el 60 y 70% de agua se deriva de la region	Entre el 80 y 90% del recurso se deriva de la region	del 100% de agua requerida se toma el total de la region

	0	2	4	6	8	10
--	---	---	---	---	---	----

Modelación hidrológica distribuida en base a esquemas de volúmenes finitos

Depende de la demanda requerida y capacidad de la fuente	del 100% de agua requerida se toma el 0 %total de la region 1 del 100% de agua requerida se toma el 10 %total de la region	del 100% de agua requerida se toma el 20 %total de la region 3 del 100% de agua requerida se toma el 30 %total de la region	del 100% de agua requerida se toma el 40 %total de la region 5 del 100% de agua requerida se toma el 50 %total de la region	del 100% de agua requerida se toma el 60 %total de la region 7 del 100% de agua requerida se toma el 70 %total de la region	del 100% de agua requerida se toma el 80 %total de la region 9 del 100% de agua requerida se toma el 90 %total de la region	del 100% de agua requerida se toma el total de la region
--	--	---	---	---	---	--

Tabla 15. Evaluación del indicador AUA.

4.1.113.1.11 Programas de Uso y Ahorro eficiente del Agua (UAH):

PROGRAMAS DE USO Y AHORRO EFICIENTE DEL AGUA	NO CUMPLE	DA INICIO PROCESO DE PLANEACION DE LA ACTIVIDAD	CULMINA LA PARTE OPERATIVA DE LA PLANEACION	CUENTA CON EL PLANTEAMIENTO Y DA INICIO AL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD PARA EJECUCION	EJECUTA LA ACTIVIDAD PARCIALMENTE	CUMPLE
Cuenta con la totalidad de la medidas para uso adecuado del recurso hidrico mediante la implementacion del PUEA, el cual debe estar debidamente aprobado por la autoridad ambiental	No cuentan con estrategias de planificacion	Se plantean medidas para la implementacion del PUEA	Se realiza un documento en el cual se plasman medidas de uso y ahorro eficiente del agua	El documento pasa a un proceso de revision por parte de la autoridad ambiental	Documento evaluado y aprobado por la autoridad ambiental mediante concepto tecnico	Resolucion aprobatoria del PUEA

Ejecucion del documento PUEA	0 No tienen ninguna	2 Medidas implementadas al 50%	4 Documento PUEA 60%	6 Revision al 50%	8 visto bueno de la persona encargada del concepto tecnico	10 Documento debidamente aprobado mediante resolucion
	1 Presenta alguna idea al respecto	3 Medidas a implementar a un 100%	5 Documento PUEA 100%	7 Revision al 100 %	9 Visto bueno total del coordinador de recurso hidrico	

Tabla 16. Evaluación del indicador UAH.

4.1.123.1.12 Biodiversidad (BD):

BIODIVERSIDAD	NO CUMPLE	DA INICIO PROCESO DE PLANEACION DE LA ACTIVIDAD	CULMINA LA PARTE OPERATIVA DE LA PLANEACION	CUENTA CON EL PLANTEAMIENTO Y DA INICIO AL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD PARA EJECUCION	EJECUTA LA ACTIVIDAD PARCIALMENTE	CUMPLE

Modelación hidrológica distribuida en base a esquemas de volúmenes finitos

Se presertan las condiciones ecologicas estables del area de inluencia de la fuente a pesar de la intervencion antropica	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 al grado de satisfaccion de la poblacion beneficiada por el sistema de acueducto con respecto a las condiciones medio ambientales de biodiversidad, en este caso se evalua en antes y el ahora (despues de las obras hidraulicas)	0	2	4	6	8	10
	No tienen ninguna	Avance estudios 20%	Entrega inicial 40%	Identificación de posibles soluciones 60%	Proceso licitatorio adjudicado del plan 80%	Puesta en marcha y seguimiento anual a los planes 100%
	1	3	5	7	9	
	Iniciativas 10%	Avance estudios 30%	Revisión de la entrega 50%	lan de contingencia completo 70%	Ejecición total 90%	

Tabla 17. Evaluación del indicador BD.

4.1.133.1.13 Eficiencia Medio Ambiental (EMA):

EFICIENCIA MEDIOAMBIENTAL	NO CUMPLE	DA INICIO PROCESO DE PLANEACION DE LA ACTIVIDAD	CULMINA LA PARTE OPERATIVA DE LA PLANEACION	CUENTA CON EL PLANTEAMIENTO Y DA INICIO AL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD PARA EJECUCION	EJECUTA LA ACTIVIDAD PARCIALMENTE	CUMPLE
Compensaciones ambientales en las zonas de influencia directa del cuerpo hidrico del cual se deriva el recurso para ello puede ser medible la compensacion forestal que plante la Autoridad Ambiental frente al caudal que se deriva	No cuenta con el documento de plan de establecimiento y mantenimiento	se plantean las area a compensar para la realizacion del plan de mantenimiento y establecimiento	Se realiza un documento en el cual se plasman las compensaciones ambientales	El documento pasa a un proceso de revision por parte de la autoridad ambiental	Documento evaluado y aprobado por la autoridad ambiental mediante concepto tecnico	Resolucion aprobatoria de la compensacion

Ejecucion del plan de establecimiento y mantenimiento de los arboles a compensar	0	2	4	6	8	10
	No tienen ninguna	Medidas implementadas al 50%	Documento plan 60%	Revision al 50%	visto bueno de la persona encargada del concepto tecnico	Documento debidamente aprobado mediante resolucion
	1	3	5	7	9	
	Presenta alguna idea al respecto	Medidas a implementar a un 100%	Documento plan 100%	Revision al 100 %	Visto bueno total del coordinador de la parte forestal	

Tabla 18. Evaluación del indicador EMA.

4.1.143.1.14 Atractivo (A):

ATRACTIVO	NO CUMPLE	DA INICIO PROCESO DE PLANEACION DE LA ACTIVIDAD	CULMINA LA PARTE OPERATIVA DE LA PLANEACION	CUENTA CON EL PLANTEAMIENTO Y DA INICIO AL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD PARA EJECUCION	EJECUTA LA ACTIVIDAD PARCIALMENTE	CUMPLE
El agua apoya la calidad del paisaje rural medido por el sentimiento de la comunidad dentro del area rural	No se realizan encuestas	Se plantean las preguntas de la encuesta	Se culmina el listado de preguntas de las encuestas	Se realizan visitas a fin de realizar las encuestas	se realizan a todos las encuestas	se tabulan y reconocen resultados

Esto se mide con respecto al grado de satsosfaccion de la poblacion beneficiada por el sistema de acueducto con respecto a las condiciones medio ambientales de la fuente hidrica	0	2	4	6	8	10
	No tienen ninguna medica	Satisfaccion de las personas encuestadas del 20%	Satisfaccion de las personas encuestadas del 40%	Satisfaccion de las personas encuestadas del 60%	Satisfaccion de las personas encuestadas del 80%	Satisfaccion de las personas encuestadas del 100%
	1	3	5	7	9	
	Satisfaccion de las personas encuestadas del 10%	Satisfaccion de las personas encuestadas del 30%	Satisfaccion de las personas encuestadas del 50%	Satisfaccion de las personas encuestadas del 70%	Satisfaccion de las personas encuestadas del 90%	

Tabla 19. Evaluación del indicador A.

4.1.153.1.15 Capital Humano (CH):

CAPITAL HUMANO	NO CUMPLE	DA INICIO PROCESO DE PLANEACION DE LA ACTIVIDAD	CULMINA LA PARTE OPERATIVA DE LA PLANEACION	CUENTA CON EL PLANTEAMIENTO Y DA INICIO AL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD PARA EJECUCION	EJECUTA LA ACTIVIDAD PARCIALMENTE	CUMPLE
Personal requerido para la optima operatividad del sistema de abastecimiento	Satisfaccion entre un 0 -10%	Satisfaccion entre un 20 -30%	Satisfaccion entre un 40 -50%	Satisfaccion entre un 60 -70%	Satisfaccion entre un 80 -90%	Satisfaccion 100

Esto se mide con respecto a aspectos administrativos y de gestion tambien es medible con respecto al grado de satisfaccion del personal operativo.	0	2	4	6	8	10
	No tienen ninguna medica	Satisfaccion de las personas encuestadas del 20%	Satisfaccion de las personas encuestadas del 40%	Satisfaccion de las personas encuestadas del 60%	Satisfaccion de las personas encuestadas del 80%	Satisfaccion de las personas encuestadas del 100%
	1	3	5	7	9	

Modelación hidrológica distribuida en base a esquemas de volúmenes finitos

	Satisfacción de las personas encuestadas del 10%	Satisfacción de las personas encuestadas del 30%	Satisfacción de las personas encuestadas del 50%	Satisfacción de las personas encuestadas del 70%	Satisfacción de las personas encuestadas del 90%	
--	--	--	--	--	--	--

Tabla 20. Evaluación del indicador CH.

4.1.163.1.16 Eficiencia de tratamiento residual (ETR):

POLÍTICAS DE EFICIENCIA Y TRATAMIENTO DEL AGUA	NO CUMPLE	DA INICIO PROCESO DE PLANEACION DE LA ACTIVIDAD	CULMINA LA PARTE OPERATIVA DE LA PLANEACION	CUENTA CON EL PLANTEAMIENTO Y DA INICIO AL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD PARA EJECUCION	EJECUTA LA ACTIVIDAD PARCIALMENTE	CUMPLE
Dentro de la asociacion de plantean medidas para el suministro de agua en cuanto a horarios de distribucion y/o esto para la epoca de escases	No cuentan con estrategias de planificacion	Se plantean medidas para la implementacion de medidas de planificacion	Se realiza un documento en el cual se plasman las politicas de suministro	El documento pasa a un proceso de revision por parte de la asociacion	Documento evaluado por la asociacion	Documento aprobado por la asociacion

	0	2	4	6	8	10
Ejecucion del documento de planificacion	No tienen ninguna medida	Medidas implementadas al 50%	Documento al 60%	Revision al 50%	aprobado a un 50 %	Documento debidamente aprobado a un 100%
	1	3	5	7	9	
	Presenta alguna idea al respecto	Medidas a implementar a un 100%	Documento al 100%	Revision al 100 %	aprobado un 99%	

Tabla 21. Evaluación del indicador ETR.

4.1.173.1.17 Participación medida del público (PP):

PARTICIPACIÓN MEDIDA DEL PÚBLICO	NO CUMPLE	DA INICIO PROCESO DE PLANEACION DE LA ACTIVIDAD	CULMINA LA PARTE OPERATIVA DE LA PLANEACION	CUENTA CON EL PLANTEAMIENTO Y DA INICIO AL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD PARA EJECUCION	EJECUTA LA ACTIVIDAD PARCIALMENTE	CUMPLE
----------------------------------	-----------	---	---	--	-----------------------------------	--------

Modelación hidrológica distribuida en base a esquemas de volúmenes finitos

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
--	-------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	------------------

Esto debe medirse con respecto a la opinión de quienes se benefician del suministro del recurso, a fin de determinar las reuniones suficientes para la socialización de las políticas establecidas por los estatutos de la administración	0 Satisfacción nula	2 Satisfacción de las personas encuestadas del 20%	4 Satisfacción de las personas encuestadas del 40%	6 Satisfacción de las personas encuestadas del 60%	8 Satisfacción de las personas encuestadas del 80%	10 Satisfacción de las personas encuestadas del 100%
	1 Satisfacción de las personas encuestadas del 10%	3 Satisfacción de las personas encuestadas del 30%	5 Satisfacción de las personas encuestadas del 50%	7 Satisfacción de las personas encuestadas del 70%	9 Satisfacción de las personas encuestadas del 90%	

Tabla 22. Evaluación del indicador PP.

4.1.183.1.18 Eficiencia Económica (ECC):

EFICIENCIA ECONOMICA	NO CUMPLE	DA INICIO PROCESO DE PLANEACION DE LA ACTIVIDAD	CULMINA LA PARTE OPERATIVA DE LA PLANEACION	CUENTA CON EL PLANTEAMIENTO Y DA INICIO AL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD PARA EJECUCION	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 medirse con respecto al recaudo realizado para la totalidad de los usuarios como para un diez también se debe haber pagado la TUA	0 No pago	2 Pago del 20% de cobertura	4 Pago del 40% de cobertura	6 Pago del 60% de cobertura	8 Pago del 80% de cobertura	10 Pago del 100% de cobertura
	1 Pago del 10% de cobertura	3 Pago del 30% de cobertura	5 Pago del 50% de cobertura	7 Pago del 70% de cobertura	9 Pago del 90% de cobertura	

Tabla 23. Evaluación del indicador EEC.

4.1.193.1.19 Adaptabilidad al cambio climático (ACC):

ADAPTABILIDAD AL CAMBIO CLIMATICO	NO CUMPLE	DA INICIO PROCESO DE PLANEACION DE LA ACTIVIDAD	CULMINA LA PARTE OPERATIVA DE LA PLANEACION	CUENTA CON EL PLANTEAMIENTO Y DA INICIO AL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD PARA EJECUCION	EJECUTA LA ACTIVIDAD PARCIALMENTE	CUMPLE
El diseño del sistema de derivación y abastecimiento cuenta con la capacidad hidráulica adecuada para las condiciones críticas. Sistema de protección en zonas inundables.	No se cuenta con infraestructura de abastecimiento ni control de inundaciones	Inicio de estudios de estado.	Definición de alternativas.	Diseños de obras de infraestructura necesarias	Puesta en marcha Construcción de obras	Cumple con infraestructura de abastecimiento y control de inundaciones
Niveles de evolución en corrección de escasez	0	2 el 20%	4 el 40%	6 el 60%	8 el 80%	10 Cumple el 100 %
	1	3 el 30%	5 el 50%	7 el 70%	9 Cumpe el 90%	
	el 10%					

Tabla 24. Evaluación del indicador ACC.

4.1.203.1.20 Calidad de la información y del sistema de gestión del conocimiento (CI):

CALIDAD DE LA INFORMACIÓN Y DEL SISTEMA DE GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO	NO CUMPLE	DA INICIO PROCESO DE PLANEACION DE LA ACTIVIDAD	CULMINA LA PARTE OPERATIVA DE LA PLANEACION	CUENTA CON EL PLANTEAMIENTO Y DA INICIO AL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD PARA EJECUCION	EJECUTA LA ACTIVIDAD PARCIALMENTE	CUMPLE
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; como también registros de las condiciones del sistema.	Sin documentación y archivo	Se compilan todos los documentos asociados a los registros del acueducto	Se cuentan con la totalidad de los archivos	Se organiza la información recopilada	Se construye una base de datos de toda la información del acueducto	Se valida toda la información
Este indicador de basa en la totalidad de la información que se debe organizar y recopilar tanto de la autoridad ambiental, como	0 No paga TUA	2 Documentos compilados al 50%	4 Documentos revisados al 50%	6 Documentos organizados al 50 %	8 Base de datos al 50%	10 Validada y aprobada
	1	3	5	7	9	

Modelación hidrológica distribuida en base a esquemas de volúmenes finitos

de la constitución del acueducto	Se tiene alguna idea	Documentos compilados al 100%	Documentos revisados al 100%	Documentos organizados al 100 %	Base de datos al100%	
----------------------------------	----------------------	-------------------------------	------------------------------	---------------------------------	----------------------	--

Tabla 25. Evaluación del indicador CI.

4.1.213.1.21 Control de la corrupción (CC):

CONTROL DE LA CORRUPCIÓN	NO CUMPLE	DA INICIO PROCESO DE PLANEACION DE LA ACTIVIDAD	CULMINA LA PARTE OPERATIVA DE LA PLANEACION	CUENTA CON EL PLANTEAMIENTO Y DA INICIO AL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD PARA EJECUCION	EJECUTA LA ACTIVIDAD PARCIALMENTE	CUMPLE
Se realizan Estrategias para mejorar y supervisar el desempeño, de quienes se encargan de la administración y operación del sistema de abastecimiento, por parte de los suscriptores.	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

Esto debe medirse con respecto a las opiniones de quien demanda el servicio ya que es quien se da cuenta de las condiciones de la red	0	2	4	6	8	10
	No tienen ninguna medida	Satisfacción de las personas encuestadas del 20%	Satisfacción de las personas encuestadas del 40%	Satisfacción de las personas encuestadas del 60%	Satisfacción de las personas encuestadas del 80%	Satisfacción de las personas encuestadas del 100%
	1	3	5	7	9	
	Satisfacción de las personas encuestadas del 10%	Satisfacción de las personas encuestadas del 30%	Satisfacción de las personas encuestadas del 50%	Satisfacción de las personas encuestadas del 70%	Satisfacción de las personas encuestadas del 90%	

Tabla 26. Evaluación del indicador CC.

5.4 PLANTEAMIENTO DEL ÍNDICE DE GESTIÓN HÍDRICA EN CUENCAS RURALES, GWI (GREEN WATERSHEDS INDEX).

Teniendo en cuenta el tratamiento de los diferentes índices de gestión planteados por los autores mencionados anteriormente (Estado del Arte), podemos notar que ellos se enfatizan en contextos y cuencas urbanas principalmente. De ellos y como se planteó en el capítulo anterior se rescataron aquellos donde se notaba una mayor pertinencia rural en lo referente a contextos y cuencas rurales y específicamente en la realidad latinoamericana. Al final, los 25 indicadores planteados pueden dar una visión general con un panorama real de lo que está sucediendo en un municipio dentro de su jurisdicción rural, y poder determinar la ruta de solución o seguimiento en dicha gestión.

Se propone de esta manera un nuevo índice exclusivo para la evaluación de la gestión hídrica de cuencas rurales, el índice GWI (Green watersheds Index), que como su sigla propone, evaluará el proceso continuo de una cuenca con el propósito de llegar a un buen resultado de gestión que involucre la biodiversidad, sostenibilidad, el recurso hídrico, y el bienestar social.

Es importante aclarar que el índice nos proporcionaría una visión general de los diferentes proyectos de gestión a evaluar, mas no significa un comportamiento específico o estrictamente real de cada situación, dependemos de subjetividades y de la confiabilidad y resultados fiables en cada proceso de cada indicador.

5.14.1 Definición del Índice GWI.

Para un mayor entendimiento en la definición del índice GWI, procederemos a denotar mediante una sigla cada uno de los indicadores analizados:

ID	FUENTE	INDICADORES
MI	BCI UWCS European green	Mantenimiento a la Infraestructura
EGH	BCI EPI UWCS European green Propio VPI	Efectividad en Gestión Hídrica General
VH	Propio	Vulnerabilidad Hídrica
RI	BCI EPI	Riesgo
EH	EPI	Estrés hídrico
HA	EPI	Huella de agua
AUA	EPI	Autosuficiencia del agua
UAH	se exige por norma 373 del 1997	Programas de uso y ahorro eficiente del agua
BD	BCI	Biodiversidad
EMA	world wide	Eficiencia medioambiental
ETR	Propio	Eficiencia de Tratamiento Residual
A	BCI	Atractivo
CH	world wide	Capital humano
PP	BCI UWCS	Participación medida del público
ECC	UWCS	Eficiencia economica
ACC	UWCS	Adaptabilidad al cambio climático
CI	UWCS	Calidad de la información y del sistema de gestión del conocimiento
CC	world wide	Control de la Corrupción

Tabla 27. Indicadores definitivos para cálculo del índice GWI.

El índice GWI propuesto establece un sencillo promedio de los indicadores a analizar en la respectiva zona estudio de esta manera:

$$GWI = \frac{Pi*(MI+EGH+VH+RI+EH+HA+AUA+UAH+BD+EMA+ETR+A+CH+PP+ECC+ACC+CI+CC)}{18} \quad (4)$$

Donde cada indicador es evaluado como se mencionó en el capítulo 3 con un valor evaluado entre 1 y 10, GWI es el índice de gestión de Cuencas rurales, y P el coeficiente de ponderación diferenciado para cada uno de los indicadores según zona de estudio.

Para mayor claridad de la fórmula anterior se plantea la siguiente expresión:

$$GWI = \frac{\sum_{i=1}^n Fi*Pi}{\sum Pi} \quad (5)$$

Donde:

GWI=Índice de gestión de Cuencas rurales.

n= Número de indicadores de Gestión.

F_i = Resultado numperico del Indicador de gestión i

P_i = Factor de ponderación de cada indicador según zona de estudio.

5.24.2 Factor de Ponderación por indicador P_i .

El factor de ponderación a utilizar para cada indicador se explica en la importancia o peso de éste dentro de la gestión de una cuenca hidrográfica, dependiendo de su ubicación espacial y morfométrica. De esta manera, el indicador de Adaptabilidad al cambio climático, tendrá una mayor ponderación seguramente si se trata de una cuenca ubicada en zona costera, respecto a otra cuenca donde se encuentra en una zona del interior y sin mayor accidentalidad morfométrica.

65 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El objetivo principal en el presente capítulo consistió en la implementación del procedimiento para obtención del índice GWI en algunas cuencas rurales con gobiernos locales consolidados, con el objetivo de ver el grado de desarrollo en cuanto a gestión y administración de los recursos hídricos y ambientales en cada uno de ellos.

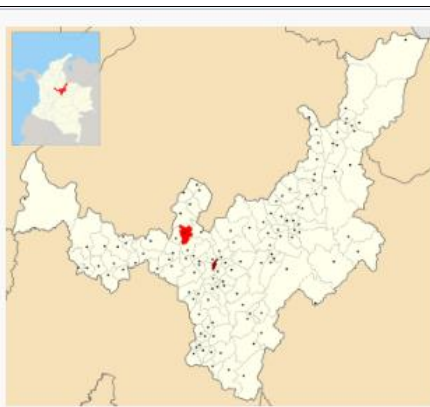
Antes de comenzar la escogencia de las respectivas cuencas, se tomaron algunas premisas con el fin de dar contexto a la posterior presentación de resultados y su análisis:

1. Las cuencas seleccionadas están ubicadas en Colombia, Sudamérica, en un Departamento caracterizado por amplias zonas rurales y con uso agrícola, donde el aprovechamiento de los recursos hídricos potenciaría este importante sector económico para el país.
2. El índice de desarrollo humano en Colombia para 2018 se situó en 0.75, sin embargo, éste es un promedio donde la calificación más baja se da justamente en zonas o jurisdicciones rurales, donde aún el país no aprovecha adecuadamente el potencial hídrico y ambiental que posee en pro del aprovechamiento de actividades como la agricultura o el turismo natural.
3. El desconocimiento en muchas zonas o regiones en Colombia en cuanto a gestión y administración hídrica generan situaciones o actividades en pro del beneficio de las comunidades, pero de manera aislada o desorganizada, lo que dificulta el seguimiento o control en el tiempo, situación que podría arrojar resultados con algo de incertidumbre en algunos indicadores a evaluar, o ausencia de información al respecto.

Los municipios escogidos dentro de un contexto de manejo de cuencas rurales, pertenecientes al Departamento de Boyacá, en Colombia, fueron Arcabuco, Chíquiza, Gachantivá y Villa de Leyva.



Gachantivá en Colombia



Gachantivá en Boyacá



Chiquiza en Colombia



Chiquiza en Boyacá

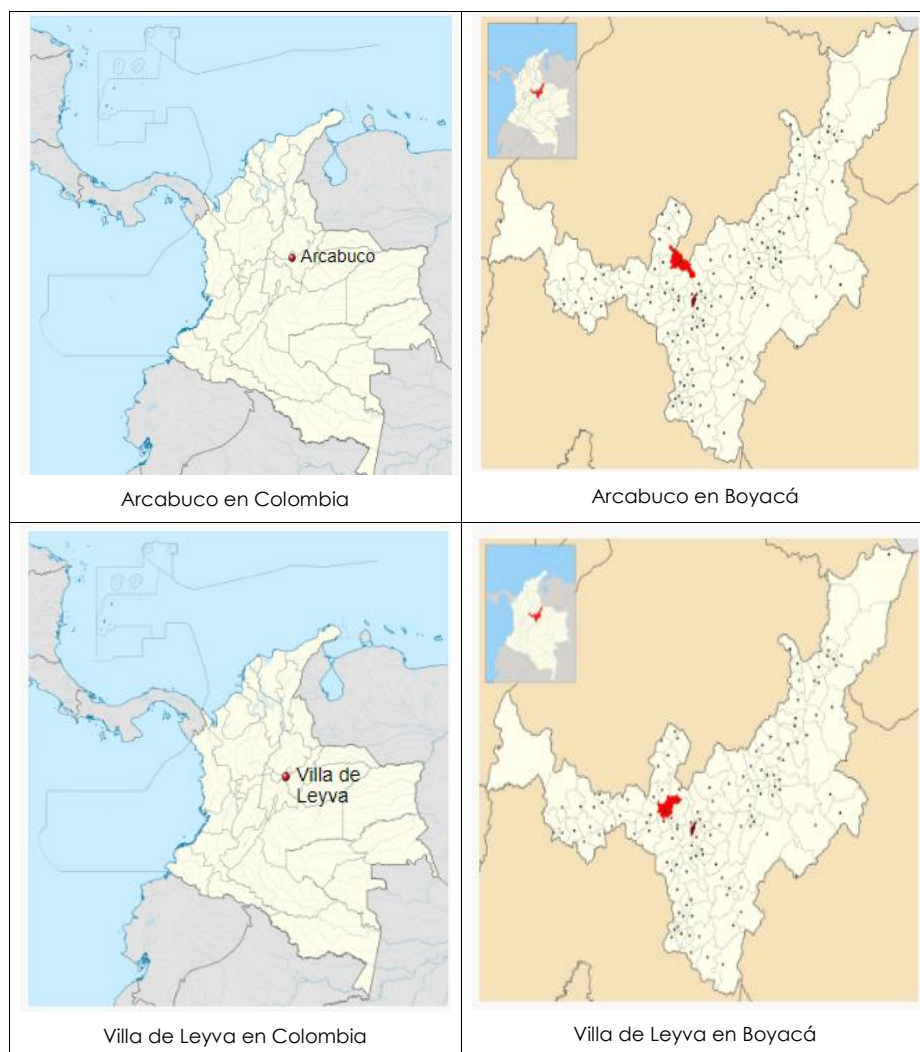


Figura 1. Ubicación de municipios con cuencas rurales a analizar.

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

Algunas de las características generaes de los municipios analizados que contienen las cuencas rurales son:

Municipio	Superficie (Km²)	Población rural (# hab)	Población Total (# hab)	Porcentaje Población rural (%)	Principal actividad económica
Gachantivá	66	2290	2654	86	Agricultura
Chíquiza	119.5	5390	5484	98	Agricultura
Arcabuco	155	3279	5240	62	Agricultura, Ganadería.
Villa de Leyva	128	7058	16984	42	Turismo, agricultura, explotación de piedra, arcilla y mármol.

Tabla 28. Características generales Municipios estudio.

Se aplicó el método de encuesta a las entidades estatales encargadas de la planificación territorial en los municipios, haciendo referencia a las zonas y cuencas rurales.

El procedimiento de captura de información para cada uno de los municipios fue el siguiente:

En el caso de los 4 municipios seleccionados (Arcabuco, Chíquiza, Gachantivá y Villa de Leyva), se dirigieron comunicaciones a las respectivas alcaldías, directamente a los representantes legales de los municipios, o sea a los alcaldes, mediante derechos de petición con el siguiente formato de solicitud:

“En ejercicio del derecho de petición que consagra el artículo 23 de la Constitución Política de Colombia y las disposiciones pertinentes del Código de Procedimiento Administrativo y de lo Contencioso administrativo, respetuosamente solicito lo siguiente:

1. Información de todas las concesiones de aguas dentro de la jurisdicción de su Municipio referentes a la subcuenca del río Cane, donde estén presentes las especificaciones técnicas de diseño, construcción y operación de los sistemas de abastecimiento de agua (INCLUYE MACROMEDICION Y MICROMEDICION) A 30 DE JUNIO DE 2018. 2
2. Censo donde se tengan datos de población con servicio de acueducto y alcantarillado A 30 DE JUNIO DE 2018.
3. Programas y obras que la Administración Municipal, empresa de servicios públicos, asociaciones y corporaciones ambientales, tienen plasmados dentro

de los planes de desarrollo y planes de gestión y su cumplimiento (en porcentaje) enmarcados en Saneamiento Básico A 30 DE JUNIO DE 2018.

4. Número de puntos de agua de cada acueducto A 30 DE JUNIO DE 2018.
5. Demanda de agua potable real y Oferta Hídrica A 30 DE JUNIO DE 2018.
6. Proyectos dentro de los planes de desarrollo y planes de gestión la administración municipal, empresa de servicios públicos, asociaciones y corporaciones ambientales, su ejecución e implementación representada en un cumplimiento porcentual, concernientes a fuentes alternas, su conexión al sistema de distribución y su operación. A 30 DE JUNIO DE 2018.
7. Condiciones fisicoquímicas y microbiológicas del agua que cada acueducto entrega a los usuarios A 30 DE JUNIO DE 2018.
8. Población que tiene acceso a agua potable A 30 DE JUNIO DE 2018.
9. Proyectos dentro de los planes de desarrollo y planes de gestión la administración municipal, empresa de servicios públicos, asociaciones y corporaciones ambientales, su ejecución e implementación representada en un cumplimiento porcentual, concernientes a acceso al agua potable. A 30 DE JUNIO DE 2018.
10. Ubicación y estado de los puntos de medición existentes A 30 DE JUNIO DE 2018.
11. Diseños tanto de las PTAR Y PTAP, así como de los programas de disminución de contaminación en las fuentes A 30 DE JUNIO DE 2018.
12. Planes de contingencia ante fugas en el sistema de suministro de agua.
13. Planimetría donde se evidencie la ubicación de los macromedidores y micromedidores A 30 DE JUNIO DE 2018.
14. Medidas de contingencia en caso que se presenten falencias en el sistema de abastecimiento.
15. Numero de fuentes de cada sistema de acueducto A 30 DE JUNIO DE 2018.
16. Diseños de las estructuras de abastecimiento de los diferentes acueductos A 30 DE JUNIO DE 2018.
17. Datos de consumo individuales de los productores de bienes y servicios A 30 DE JUNIO DE 2018.
18. Planes de Uso y Ahorro Eficiente del Agua y su cumplimiento A 30 DE JUNIO DE 2018.
19. Aval de la corporación autónoma regional con la resolución aprobatoria del plan de Uso y Ahorro Eficiente del Agua, y su desarrollo físico A 30 DE JUNIO DE 2018.
20. Estudios de biodiversidad realizados en la zona o información de los mismos A 30 DE JUNIO DE 2018 y el porcentaje de implementación de las medidas a realizar

en pro de proteger la biodiversidad de la región, propiamente la implementación y seguimiento de los planes de contingencia.

21. Compensaciones forestales planteadas por la Administración Municipal, empresa de Servicios Públicos y Asociaciones de acueductos, áreas de compensación, su ubicación real en terreno, el plan de mantenimiento y establecimiento; Resolución Aprobatoria de la Compensación, así como su porcentaje de implementación en función a los planes de desarrollo y planes de gestión la administración municipal, empresa de servicios públicos, asociaciones y corporaciones ambientales A 30 DE JUNIO DE 2018.
22. Programas enfocados al tratamiento de aguas residuales y sus Programas de control A 30 DE JUNIO DE 2018.
23. Permisos de ocupación de cauce emitidos por las corporaciones autónomas, para el funcionamiento de actividades enmarcadas dentro del ecoturismo A 30 DE JUNIO DE 2018.
24. Avance de las compensaciones propuestas por la corporación autónoma regional ante los dueños de los permisos de ocupación de cauce para el funcionamiento de actividades enmarcadas dentro del ecoturismo A 30 DE JUNIO DE 2018.
25. Planes operativos de las empresas de servicios públicos así como de las asociaciones de acueductos A 30 DE JUNIO DE 2018.
26. Porcentaje de usuarios que pagan mensualmente su consumo de agua potable en los tiempos establecidos, de los diferentes acueductos A 30 DE JUNIO DE 2018.
27. Estudios de inundabilidad realizados dentro de la jurisdicción de su municipio A 30 DE JUNIO DE 2018.
28. Número y descripción de las investigaciones de cada ente de control (Procuraduría, Contraloría y Fiscalía) cuyo objeto sea enmarcado dentro del manejo del recurso hídrico A 30 DE JUNIO DE 2018.

Los puntos o información que no se hayan realizado o no existan a la fecha, por favor aclarar que no existe o no se han realizado".

En los 4 casos la información fue solicitada por parte del Alcalde de cada uno de los municipios a las secretarías de planeación e infraestructura respectivas para la consecución de información al interior de las dependencias para posterior respuesta oficial.

Para mayor comprensión y familiarización del proceso por parte de las entidades estatales, se generó una herramienta computacional con una interfase amigable que permitía asignar la calificación de cada uno de los indicadores, componentes del índice GWI (Green Watershed Index).

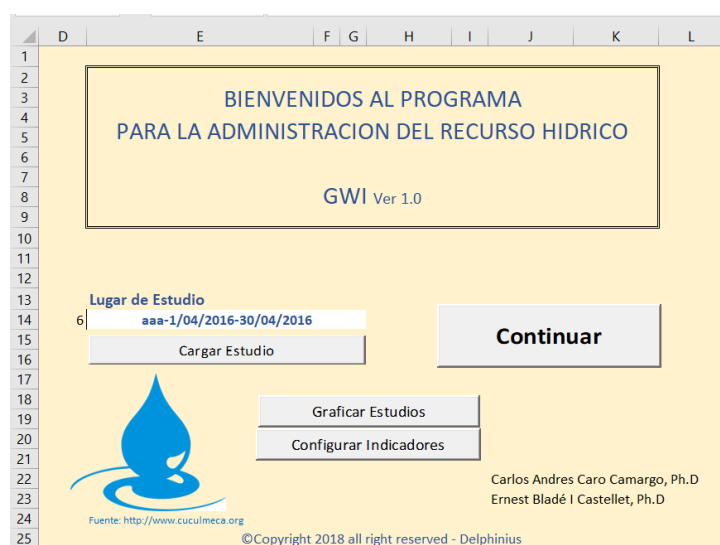


Figura 2. Herramienta GWI. Fuente: propia.

La herramienta permitió el cálculo del índice GWI, a partir de la calificación de cada uno de los 18 indicadores que lo componen. Es importante aclarar que en principio se calculó el índice asumiendo los pesos balanceados e igualados. Aunque lo ideal sería dar el contexto a cada peso, el resultado obtenido (se presenta posteriormente) no hace necesaria esta parte del proceso.

76 RESULTADOS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

A continuación, se presentan los resultados obtenidos al aplicar la metodología de índice GWI para evaluación de cuencas rurales en los lugares escogidos como sitios estudio de evaluación. Es importante tener en cuenta que los resultados son obtenidos a partir de información subjetiva emitida por parte de las autoridades de las entidades estatales, en este caso las alcaldías locales. Es posible que los resultados presentaran indicadores con valor diferente en caso de ser aplicados o evaluados a partir de un ente externo tipo auditoría.

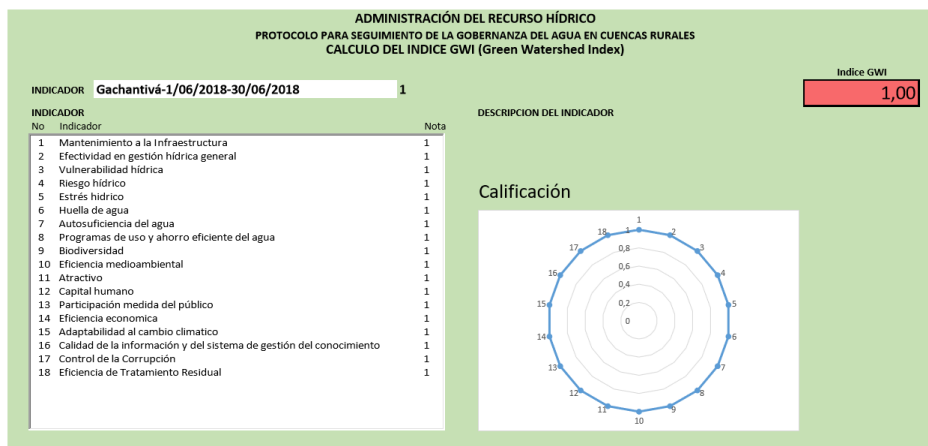


Figura 3. Resultados aplicación herramienta de Gestión GWI para Gachantivá.

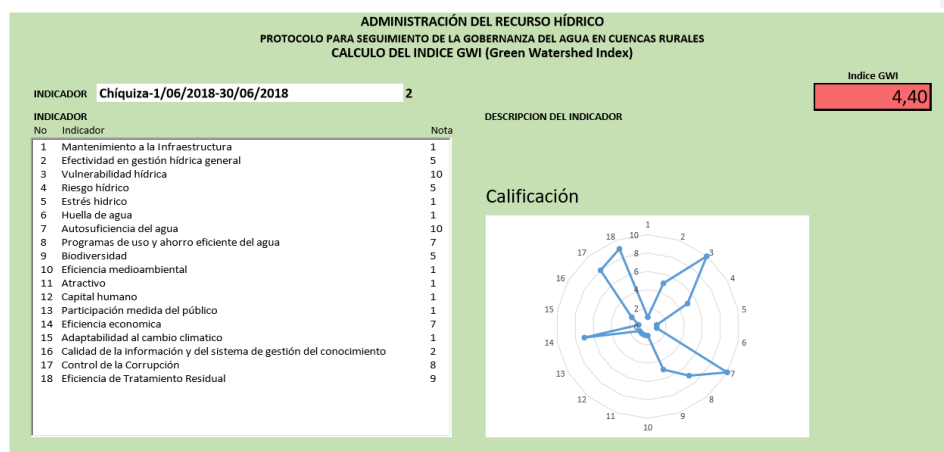


Figura 4. Resultados aplicación herramienta de Gestión GWI para Chiquiza.

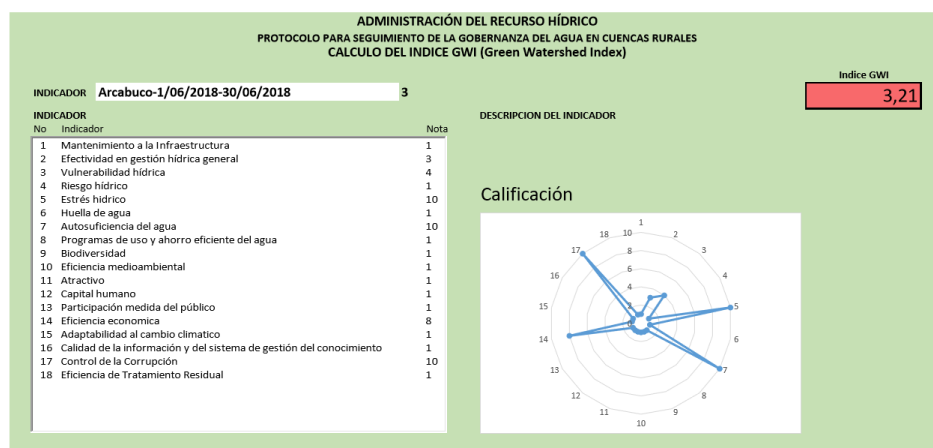


Figura 5. Resultados aplicación herramienta de Gestión GWI para Arcabuco.

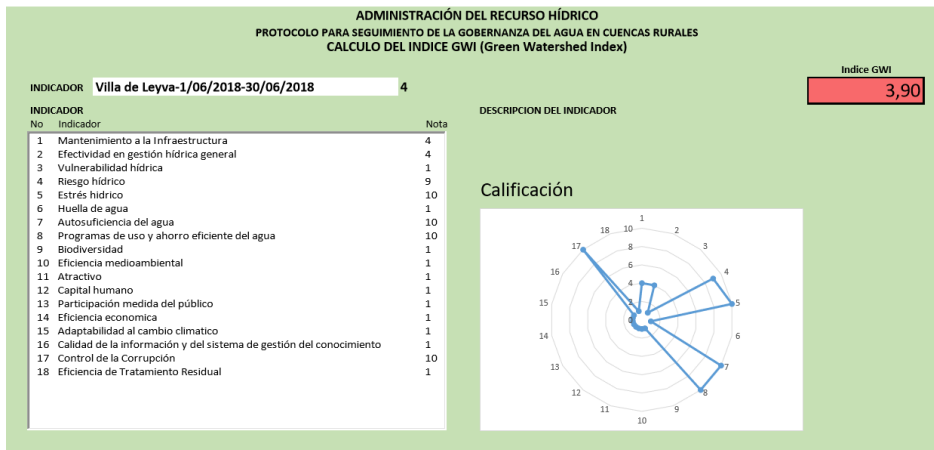


Figura 6. Resultados aplicación herramienta de Gestión GWI para Villa de Leyva.

A manera comparativa podemos ver en la siguiente figura los resultados de los 4 municipios estudiados.

No.	ESTUDIO	FECHA INICIAL	FECHA FINAL	INCLUIR
1	Gachantivá	1/06/2018	30/06/2018	Si
2	Chiquiza	1/06/2018	30/06/2018	Si
3	Arcabuco	1/06/2018	30/06/2018	Si
4	Villa de Leyva	1/06/2018	30/06/2018	Si

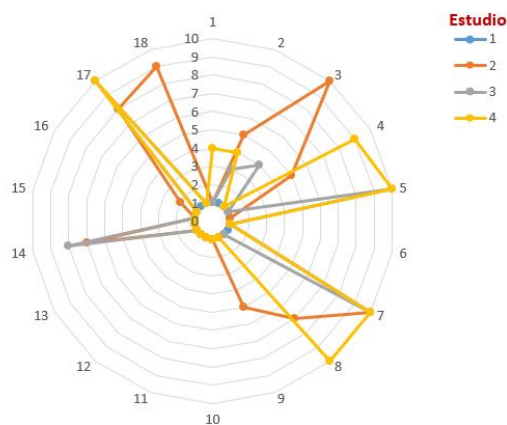


Figura 7. Comparación de municipios analizados

Los resultados en cada uno de los municipios que incluyen en la mayoría de los casos predominio de cuencas rurales sobre cuencas urbanas, evidencian una falta de control

evidente en términos generales de participación de la comunidad y aplicación de políticas de gestión y aprovechamiento de los recursos hídricos y ambientales. Se evidencia demasiada subjetividad en algunos casos como por ejemplo en el indicador de control de la corrupción, uno de los ítems donde se evidencia a partir de la percepción de la comunidad una de las mayores preocupaciones en general en Colombia, y sin embargo es el ítem mejor calificado en la mayoría de los casos estudio.

En el caso de Gachantivá, las autoridades locales reconocieron una falta de control total en cada uno de los temas tratados en los indicadores, aclarando que no necesariamente hay una correlación entre actividades desarrolladas y planificación y control de dichas actividades, lo que es calificado a través de la herramienta.

Uno de los aspectos más interesantes del estudio realizado es que en principio se asumía que un municipio como Villa de Leyva, cuyos ingresos por concepto de impuestos y turismo son altos en relación con la mayoría de los municipios rurales en Colombia, presenta un resultado de índice que no llega 5.0, lo cual sorprende dada la condición privilegiada del sitio estudio.

A nivel comparativo el municipio de Chíquiza genera el mejor comportamiento general del índice GWI, sin llegar a valores esperados como se menciona anteriormente, sin embargo, supera a Villa de Leyva, siendo este último un municipio rico en cuanto a ingresos o capacidad presupuestal anual por su condición turística privilegiada.

Teniendo en cuenta el tipo de categoría por cada municipio, en Colombia los municipios se clasifican en categorías uno a seis y categoría especial de acuerdo a su número de habitantes y a sus Ingresos Corrientes de Libre Destinación –ICLD, como lo indica la Ley 617 de 2000 en su artículo 6.

Condición de extrema falta de gestión histórica presenta el municipio de Gachantivá, donde ningún indicador supera la unidad, lo cual coincide con la categoría del municipio (sexta), suponiendo que los recursos aportados por la nación no son destinados a labores de gestión de este tipo.

Es interesante resaltar que Villa de Leyva, Arcabuco y Chíquiza, municipios que históricamente se han caracterizado por tener problemas de acceso al agua, han

tenido sus mejores calificaciones por indicador en aquellos aspectos que tienen que ver con estrés hídrico y autosuficiencia del agua, mostrando un interés especial por lo que evidencian como carencias del día a día, o necesidades inmediatas.

Se destaca el esfuerzo del municipio de Chíquiza en el comienzo de políticas sostenibles, específicamente en lo que tiene que ver con el tratamiento de aguas residuales, dando cumplimiento a la normalidad ambiental vigente en Colombia dada por el Ministerio del Medio Ambiente.

En términos generales, en los municipios analizados y en general en la realidad de los municipios rurales en Colombia, podríamos anticipar que se evidencia ausencia de cultura de planificación en términos medio ambientales.

87 IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOCOLO FINAL.

Se sugiere un protocolo de seguimiento en lo que sería la evaluación de la gestión del recurso hídrico en cuencas rurales, teniendo en cuenta la metodología propuesta en la presente investigación.

Lo primero que se debería tener en cuenta en cuanto al protocolo propuesto, es que el resultado de éste debería exponer o escanear una situación aproximada respecto a la historia de la cuenca estudio en cuanto a gestión y aprovechamiento de los recursos hídricos, para poder identificar las fortalezas y debilidades o ítems susceptibles de mejora futura.

El presente protocolo podría ser sujeto a modificaciones según el contexto de cada cuenca, dependiendo del país, de la región, o usos potenciales. Se compone esencialmente de los siguientes pasos o procedimiento:

1. Identificación del tipo de cuenca: Cuenca urbana, rural, o semi rural. Es importante aclarar que la metodología propuesta se adapta a cuencas de tipo rural o semi rural, dadas las características de los indicadores propuestos para cálculo del índice WGI.
2. Identificación de las entidades, corporaciones o estamentos responsables del control o administración de los recursos hídricos al interior de la cuenca o región, llamado en adelante estamento B. Identificación de la entidad o estamento superior a nivel de provincia, departamento o estado, el cual, para el presente protocolo se llamará Estamento A.
3. Determinación del estamento responsable A o B, respecto al seguimiento y control de los indicadores componentes del índice GWI, por parte del representante legal de la región o cuenca estudio. La persona responsable dentro del estamento seleccionado, se llamará agente C. Dicho agente podrá tratarse de persona natural o un organismo colegiado.

4. Entrega al agente C, por parte del representante legal de la región o cuenca, de la herramienta computacional para cálculo del índice GWI, y del manual de seguimiento o implementación del estudio del índice GWI, con la explicación respectiva de el hallazgo de cada uno de los indicadores.
5. Determinación de los 18 indicadores, componentes para el cálculo del índice GWI, teniendo como referencia el manual de metodologías y aplicación de los índices, que se basa en la tabla 27.
6. Determinación cuantitativa de los 18 indicadores y determinación de el índice GWI para la zona y año estudio, teniendo como apoyo la herramienta computacional GWI.
7. Socialización del índice, indicadores y procedimientos por parte del agente C, a los estamentos A y B.
8. Implementación de plan de seguimiento por parte de Estamento A, para aplicación futura de determinación de índices GWI anuales y consecuentes planes de mejora.
9. Retroalimentación de los procesos de manera anual al estamento B, y a la comunidad de la región o cuenca.
10. Plan de capacitación a la comunidad de la región o cuenca, en cuanto a beneficios ambientales producto de cooperación entre usuarios de los diferentes sistemas.

Item	FUENTE	INDICADORES	METODOLOGÍA PROPUESTA
1	BCI UWCS Europe an green	Mantenimiento a la Infraestructura	Se deben solicitar a la Corporación Autónoma Regional todas las concesiones de aguas de la cuenca, donde estén presentes las especificaciones técnicas de diseño, construcción y operación de los sistemas de abastecimiento de agua. Se realiza una revisión de las especificaciones técnicas de diseño, construcción y operación de los sistemas de abastecimiento de agua, en

			función al Reglamento Técnico del Sector del Agua Potable RAS 2017 (INCLUYE MACROMEDICION Y MICROMEDICION). Mediante visitas de campo se realizan inspecciones oculares y mediciones del estado actual de las estructuras hidráulicas de las concesiones (muestras aleatorias). Comparación entre lo concesionado, los estándares del Reglamento Técnico del Sector del Agua Potable RAS 2017 y lo existente (INCLUYE MACROMEDICION Y MICROMEDICION). Finalmente se revisa los sistemas de macro medición y micro medición, donde se pueda revisar que estos estén calibrados y totalmente funcionales.
2	WMEI (Sosa, 2010)	Efectividad en gestión hídrica general	Teniendo en cuenta la complejidad de la evaluación de este parámetro, se debe en primera medida determinar si las Administraciones Municipales cuentan con un censo donde se tengan datos de población con servicio de acueducto y alcantarillado. De tener estos datos, mediante una relación porcentual respecto a la población total se puede obtener un índice de población con riesgo por saneamiento. De tal forma que el paso a seguir sería evaluar los programas y obras que las administraciones municipales, empresas de servicios públicos, asociaciones y corporaciones ambientales, plasmados dentro de los planes de desarrollo y planes de gestión, su cumplimiento (en porcentaje). En cuanto a saneamiento, de no contar con los censos, se debe hacer uso de información secundaria, como datos y proyecciones del DANE

		o relaciones entre el número de licencias de construcción y número de puntos de agua de cada acueducto. Se deben verificar las condiciones reales de la población (incluyendo población flotante) Se debe realizar una relación porcentual entre la demanda de agua y la cantidad de agua concesionada por la corporación autónoma regional. Se evalúan los proyectos dentro de los planes de desarrollo y planes de gestión las administraciones municipales, empresas de servicios públicos, asociaciones y corporaciones ambientales, su ejecución e implementación representada en un cumplimiento porcentual, concernientes a fuentes alternas, su conexión al sistema de distribución y su operación. EN CUANTO A DEMANDA DE AGUA: -Se deben verificar las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas del agua que cada acueducto entrega a los usuarios según la normatividad actual. Se debe realizar una relación porcentual entre la población que tiene acceso a agua potable y la población total de los municipios. Para este se debe contar con datos de censos propios de los municipios o usar información secundaria del DANE. Esto también puede ser calculado mediante el producto del número de usuarios de los acueductos con condiciones de agua potable sobre el número total de la población. Se evalúan los proyectos dentro de los planes de desarrollo y planes de gestión las administraciones municipales, empresas de servicios públicos, asociaciones y corporaciones ambientales, su
--	--	---

			ejecución e implementación representada en un cumplimiento porcentual. En cuanto a acceso al agua, se debe realizar acercamiento tanto con las administraciones municipales, como con las empresas de servicios públicos, asociaciones y corporaciones autónomas ambientales, donde se tenga acceso a la ubicación y estado de los puntos de medición existentes. Se deben analizar los datos con los que se cuenten ya que es importante que estos no sean alterados y son los parámetros de diseño de las estructuras necesarias para su tratamiento. Se deben estudiar los diseños tanto de las PTAR Y PTAP, así como de los programas de disminución de contaminación en las fuentes Mediante visitas de campo se debe verificar la existencia, capacidad, funcionamiento y operación de las PTAR Y PTAP existentes. En cuanto a calidad del agua, se debe solicitar a las empresas de servicios públicos, y asociaciones de acueductos los planes de contingencia ante fugas en el sistema de suministro de agua Se solicita a las a las empresas de servicios públicos, y asociaciones de acueductos las planimetrías donde se evidencie la ubicación de los macromedidores y micromedidores Se identifican y evalúan los puntos críticos expuestos del sistema, y las posibles acciones en función de las fugas probables.
3	WMVI (Sosa, 2010)	Vulnerabilidad hídrica	Evalúa Condiciones físicas, económicas, sociales y de representación política Los planes de desarrollo de las administraciones municipales, los planes de gestión de las empresas de servicios públicos y asociaciones de

			acueducto, de la mano con los consejos municipales de gestión del riesgo, deben tener como uno de los ejes fundamentales medidas de contingencia en caso que se presenten fallencias en el sistema de abastecimiento, por consiguiente la evaluación de este parámetro debe cuantificar de manera porcentual la implementación y ejecución de las medidas de contingencia.
4	WMIRI (Sosa, 2010)	Riesgo hídrico	Se debe evaluar cuantas fuentes tiene cada sistema de acueducto. Se revisan diseños con fines preventivos de las fuentes abastecedoras, en función de las necesidades y del reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento 2017 Mediante visitas de campo se verifica el funcionamiento y operación de las obras que se han ejecutado de los diseños con fines preventivos de las fuentes abastecedoras.
5	EPI	Estrés hídrico	Evaluación numérica del estrés hídrico teniendo en cuenta Demanda y oferta hídrica.
6	EPI	Huella de agua	Se deben tener los datos de consumo individuales de los productores de bienes y servicios. Mediante calibraciones y estudios detallados se deben definir sistemas de medición óptimos. Se deben analizar los diferentes tipos de huella hídrica, para implementar sistemas de medición.
7	EPI	Autosuficiencia del agua	Se deben tomar coordenadas de las fuentes de abastecimiento y realizar un análisis planímetro en función de la delimitación política de cada municipio.
8	se exige por norma	Programas de uso y ahorro eficiente del agua	Se debe solicitar a las empresas de servicios públicos y asociaciones de acueductos los planes de Uso y Ahorro Eficiente del Agua. Si se cuenta con dichos planes, se debe revisar que estos estén

	373 del 1997		debidamente planteados con estrategias que enmarquen la naturaleza de los municipios y específicamente los usuarios. En seguida se debe medir según la programación de los planes de desarrollo y planes de gestión las administraciones municipales, empresas de servicios públicos, asociaciones y corporaciones ambientales y el cumplimiento en función de los programas de uso y ahorro eficiente del agua. Por último, se deberá revisar el aval de la corporación autónoma regional con la resolución aprobatoria del plan, y su desarrollo físico a la fecha que se mida esta variable. Por otro lado, si la entidad no cuenta con un Plan de Uso y Ahorro Eficiente del Agua, la calificación de esta variable será cero.
9	BCI	Biodiversidad	Se debe solicitar a las Corporaciones ambientales que tengan jurisdicción en dentro de la cuenca hidrográfica los estudios de biodiversidad realizados en la zona, es posible que instituciones adscritas al Ministerio de Ambiente como el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humbolt cuenten con información en el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad, de tal forma que la solicitud también debe realizarse a dichas instituciones. Estos estudios deben revisarse minuciosamente y revisar que cumplan con las condiciones y necesidades de la zona de estudio, además de que se encuentren entregados y avalados por profesionales idóneos y las corporaciones regionales.

			Finalmente se debe medir el porcentaje de implementación de las medidas a realizar en pro de proteger la biodiversidad de la región, propiamente la implementación y seguimiento de los planes de contingencia.
10	world wide	Eficiencia medioambiental	Se debe solicitar a las Corporaciones Autónomas Regionales las compensaciones forestales planteadas a las Administraciones Municipales, empresas de Servicios Públicos y Asociaciones de acueductos. Se debe verificar las áreas de compensación y su ubicación real en terreno. De la misma forma se deberá revisar el plan de mantenimiento y establecimiento. Se verifica el Plan de Compensaciones Ambientales, la realización personal Idóneo y su aprobación por parte de las Corporaciones Ambientales competentes. Se verifica la Resolución Aprobatoria de la Compensación, así como su porcentaje de implementación en función a los planes de desarrollo y planes de gestión las administraciones municipales, empresas de servicios públicos, asociaciones y corporaciones ambientales.
11	BCI world wide	Eficiencia de Tratamiento Residual.	Se debe realizar acercamiento tanto con las administraciones municipales, como con las empresas de servicios públicos, asociaciones y corporaciones autónomas ambientales, donde se tenga acceso a los programas enfocados al tratamiento de aguas residuales. Se deben estudiar los diseños tanto de las PTAR, así como de los programas de disminución de contaminación en las fuentes

			Mediante visitas de campo se debe verificar la existencia, capacidad, funcionamiento y operación de las PTAR existentes. Programas de Tratamiento en la fuente. Centros industriales y Comerciales. Programas de control según legislación nacional.
12	BCI	Atractivo	Dentro de la geografía nacional, los nacimientos de agua, paramos, reservas forestales y naturales etc, conforman un gran atractivo turístico buscado tanto por los visitantes nacionales como los internacionales, es así como dentro del país se ha empezado a generar una actividad económica denominada "ecoturismo"; teniendo en cuenta la riqueza en cuanto variedad geográfica, de fauna y flora, climas, ecosistemas entre otras. De tal forma que el recurso hídrico superficial se puede ver seriamente afectado de no tener unas políticas y controles de las actividades que se realizan dentro de sí mismos y sus rondas, tales actividades se pueden enmarcar dentro de los denominadas actividades de aventura (rappel, torrentismo, caminatas ecológicas, canopy etc). La evaluación de este parámetro está planteada en cuanto al aprovechamiento de dicho atractivo turístico y su uso con las condiciones aprobadas y establecidas por las corporaciones ambientales competentes, así como los controles y seguimientos realizados por las administraciones municipales. Se debe solicitar los permisos de ocupación de cauce emitidos por las corporaciones autónomas, para el funcionamiento de actividades enmarcadas dentro del ecoturismo.

			Se debe verificar que se cumplan en terreno las condiciones técnicas de los permisos de ocupación de cauce. Se debe verificar que las administraciones municipales hagan seguimiento a dichos permisos y a las condiciones técnicas y legales concernientes a la utilización del recurso hídrico para las actividades enmarcadas en el ecoturismo. se debe medir porcentualmente el avance de las compensaciones propuestas por la corporación autónoma regional ante los dueños de los permisos.
13	world wide	Capital humano	Se debe recopilar los planes operativos de las empresas de servicios públicos, así como de las asociaciones de acueductos, de tal forma que se pueda medir porcentualmente el cumplimiento del personal óptimo de operación con el que cuenta cada una de las instituciones.
14	BCI UWCS	Participación medida del público	Normalmente las Empresas de servicios públicos y asociaciones de los acueductos en un país, se reúnen semestralmente con los usuarios donde se socializa la rendición de cuentas de la gestión de las juntas directivas, y se somete a aprobación los proyectos, planes y políticas a implementar en el tiempo próximo a las reuniones. Dentro de estas reuniones es fundamental el generar conciencia de la importancia del buen uso del recurso, toda vez que las decisiones que se tomen en dichas reuniones deben ir no solo intereses personales, sino en adecuado uso y preservación del recurso hídrico. Se deben diseñar encuestas donde se pueda cuantificar la satisfacción de los usuarios respecto a los planes que se implementen, no solo los

			proyectados por las empresas de servicios públicos, ni las asociaciones de acueductos; también se debe medir la satisfacción de los planes municipales y departamentales en función del uso y preservación del recurso hídrico, proyectados por las administraciones municipales y departamentales.
15	UWCS	Eficiencia económica	Se debe solicitar a las empresas de servicios públicos y asociaciones de acueductos, el porcentaje de usuarios que pagan mensualmente su consumo en los tiempos establecidos y los programas de subvención a las comunidades vulnerables.
16	UWCS	Adaptabilidad al cambio climático	Se debe solicitar a las administraciones municipales y consejos municipales de gestión del riesgo, los estudios de inundabilidad realizados dentro de sus jurisdicciones. Se deben evaluar las alternativas en función de sus prioridades, planteadas en los estudios de inundabilidad. Se debe verificar que las alternativas en su orden prioritario planteadas en los estudios de inundabilidad estén plasmadas en los planes de desarrollo municipales y planes de gestión de las empresas de servicios públicos. Se debe verificar el porcentaje de implementación de las administraciones municipales y empresas de servicios públicos de las obras a ejecutar en función de disminuir las posibles afectaciones ante un posible evento de inundabilidad.
17	UWCS	Calidad de la información y del sistema de gestión del conocimiento	Se debe solicitar a las administraciones municipales, empresas de servicios públicos y asociaciones de los acueductos toda la información técnica referente a los sistemas de abastecimiento y acueducto y alcantarillado de

			su jurisdicción. El ideal apunta a municipios que cuenten con toda la información organizada y debidamente plasmada dentro de un sistema de información geográfica, alimentado de datos reales tomados en campo. Este parámetro será evaluado en función de la cantidad de información disponible y y la organización de la misma
18	world wide	Control de la Corrupción	Dentro del territorio nacional la Procuraduría General de la Nación, la Contraloría General de la Republica 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, 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.

Tabla 29. Metodología de aplicación de los 18 indicadores de gestión del índice GWI.

Es importante aclarar que la implementación de las metodologías expuestas para cada uno de los 18 indicadores, explicadas anteriormente se proponen teniendo en cuenta que los puntos, cuencas o regiones estudiadas tienen estructuras de gobierno claramente identificadas. Para situaciones o contextos distintos, este protocolo podría no tener el mismo efecto de control o seguimiento.

98 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ✓ La presente investigación evidenció una carencia de cultura de la gestión en recursos hídricos en el contexto Latinoamericano, donde a pesar de ser una región con excedencia hídrica, presenta zonas con escasez del recurso. A partir de casos estudio realizados en Colombia en cuencas rurales dentro del Departamento de Boyacá, se observó que no hay planes concretos de administración y gestión del recurso hídrico.
- ✓ Se realizó un estudio del tipo de herramientas de evaluación de gestión de los recursos hídricos en cuencas urbanas y rurales a nivel mundial, y se delimitó de esta manera el contexto de evaluación de cada una de ellas, para poder delimitar los indicadores ideales en la evaluación de cuencas rurales. Al final se determinaron 18 indicadores relevantes para la evaluación de la gestión y administración del recurso hídrico en cuencas rurales, teniendo como premisa de escogencia el impacto de políticas e interacción de las comunidades afectadas.
- ✓ Se propone el índice GWI (Green Watershed Index) como herramienta de medición del grado de conectividad entre los distintos niveles a nivel de cuenca rural (cuenca alta, media y baja), sus actores principales (comunidad, prestadores de servicios y Estado) y el grado de gestión de los recursos hídricos y ambientales, a partir de 18 indicadores que serían evaluados en periodos de tiempo consecutivos, para poder establecer en el tiempo el grado de mejora de la gestión. El índice involucra aspectos de administración ambiental, hídrica, de infraestructura, biodiversidad, control político, o grado de corrupción, y se permite dar un peso específico a cada uno, según contexto de la región o zona a ser implementado.

- ✓ Se propone un protocolo para evaluación mediante una herramienta computacional el grado de administración y gestión del recurso hídrico, que contempla la determinación de los 18 indicadores propuestos, la evaluación del índice general de gestión GWI, el grado de participación de la comunidad y de los actores administrativos o representantes del estado y de los prestadores de servicios, así como el seguimiento y mejora del proceso de administración del recurso hídrico.
- ✓ El protocolo final propuesto tuvo como punto de partida el contexto más desfavorable en cuando a administración del recurso hídrico, representado en los resultados obtenidos de en los cuatro casos estudio de cuencas rurales en el Departamento de Boyacá en Colombia.

9.18.1 Recomendaciones para futuros estudios.

La investigación realizada contemplo un contexto desfavorable de países en vía de desarrollo con políticas de gestión emergentes. De esta manera la aplicación del índice GWI como herramienta de evaluación de gestión en cuencas rurales sería aplicable en países desarrollados o en vía de desarrollo, sin embargo, en países con condiciones extremas de desfavorabilidad podría recomendarse la implementación de un índice más apropiado según ese contexto.

Se recomienda la implementación de la herramienta propuesta en esta investigación, a partir de esquemas de seguimiento teniendo en cuenta la aplicación del índice GWI. La bondad de la herramienta radica en el seguimiento y análisis de cada uno de sus resultados en la cuenca rural seleccionada.

REFERENCIAS

- Aguilar Amilpa, E. (2010). *Diálogo Regional de Política de América Latina y el Caribe, Versión ca*, 1–32.
- Alegre, H., Cabrera JR, E., Hein, A., & Bratteb0, H. (2012). Framework for Sustainability Assessment of UWCS and development of a self-assessment tool, 1–47.
- BID. (2012). *El reto del Manejo Integrado de las cuencas Hidrográficas: Anàlisis de la acciòn del BID en programas de manejo de cuencas 1989-2010*.
- Dening, S. (2009). *European_Green_City_Index.pdf*. Munich, Germany: Siemens AG. Retrieved from www.siemens.com/greencityindex
- Eurostat. (2016). Water Exploitation Index in Europe, 310. Retrieved from <http://maps.eea.europa.eu/EEAViewer/?appid=eaf7bb088ba548368c6e102c4a876c13>
- Fernández Colòn, G. (2009). LA CRISIS DEL AGUA EN AMÉRICA LATINA Gustavo Fernández Colòn*, 4, 80–96.
- Guzmán Arias, I., & Calvo Alvarado, J. (2012). Planificación del recurso hídrico en América Latina y el Caribe Planning Water Resources in Latin America and the Caribbean, 26, 3–18.
- Jay, E., Esty, D. C., & Levy, M. A. (2010). *Environmental performance Index*. New HAVen: Yale CEnter for Environmental LAw and Policy. Research staff. Retrieved from <http://www.energ-group.com/energy-from-waste/environmental-performance/>
- Kaufmann, D. (2010). The Worldwide Governance Indicators: Methodology and Analytical Issues, 1 of 30.
- Koop, S. H. A., & Van Leeuwen, C. J. (2015). Application of the Improved City Blueprint

Framework in 45 Municipalities and Regions, 4629–4647.
<https://doi.org/10.1007/s11269-015-1079-7>

Penso Acero, Y. (2009). LA ECO-ECONOMÍA COMO CATEGORÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA ALTERNATIVA DE DESARROLLO PARA LOS PAÍSES DE LA COMUNIDAD ANDINA DE NACIONES. *Estudios Culturales*, 131–142.

Segrelles Serrano, J. A. (2007). Geopolítica del agua en américa latina: dependencia, exclusión y privatización 1 (, 1, 28–30.

Sosa Rodriguez, fabiola S. (2010). Exploring the risks of ineffective water supply and sewage disposal: A case study of Mexico City. *Enviromental Hazards Human and Policy Dimensions*. <https://doi.org/10.3763/ehaz.2010.0016>

UNESCO. (2009). IWRM GUIDELINES at River Basin Level, 2 of 40.

Van Leeuwen, C. J., Frijns, J., Van Wezel, A., & Van de Ven, F. H. M. (2012). City Blueprints : 24 Indicators to Assess the Sustainability of the Urban Water Cycle, 2177–2197. <https://doi.org/10.1007/s11269-012-0009-1>

Van Leeuwen, C. J., Koop, S. H. A., & Sjerps, R. M. A. (2016). City Blueprints : baseline assessments of water management and climate change in 45 cities. *Environment, Development and Sustainability*, 18(4), 1113–1128. <https://doi.org/10.1007/s10668-015-9691-5>

Woltjer, J., & Al, N. (2007). Integrating Water Management and Spatial Planning Journal of the American Planning Association, (August 2013), 37–41. <https://doi.org/10.1080/01944360708976154>