

# ADAPTACIÓN A LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA

como estrategia para la regulación de los **servicios hidrológicos** en **microcuencas abastecedoras de acueductos rurales**

Isabel Cristina Bolaños Portilla  
Inés Restrepo Tarquino



Programa  Editorial

**A**nivel rural, las microcuencas abastecedoras están sufriendo los impactos de la variabilidad climática, lo cual agudiza los conflictos sociales y ambientales por la escasez de agua, como en el caso de la mayoría de acueductos rurales colombianos. Adicionalmente, la prestación de servicios de agua y saneamiento, la gestión de recursos y la toma de decisiones para adaptarse a los cambios del clima se ven afectados por la brecha existente entre la zona urbana y rural. La disminución de la oferta de los servicios ecosistémicos hidrológicos incrementa la vulnerabilidad del sistema humano y natural, concebido en esta investigación como el socioecosistema. En Colombia, el marco regulatorio del abastecimiento y usos múltiples del agua en la zona rural es todavía incipiente, así como lo es el estudio integrado de variables del socioecosistema a partir del cual se puedan plantear opciones de adaptación útiles para los planeadores de las cuencas. Por ello esta investigación tuvo como propósito contribuir con la regulación de servicios ecosistémicos hidrológicos en microcuencas abastecedoras de acueductos rurales mediante el desarrollo de un modelo conceptual como herramienta para la toma de decisiones en adaptación con enfoque de protección al socioecosistema.

Este libro presenta los resultados de la investigación doctoral, con beca financiada por Colciencias, que propone herramientas metodológicas validadas y ajustadas a contextos reales rurales, con las cuales se puedan conocer los puntos críticos que afectan directamente el abastecimiento y que mediante la acción de los planeadores de las cuencas puedan tener opciones de adaptación a la variabilidad climática, protegiendo los servicios ecosistémicos hidrológicos y disminuyendo la vulnerabilidad de las microcuencas abastecedoras frente a la escasez de agua. Esta investigación se desarrolló con financiación del proyecto Estrategias para la recuperación y manejo integrado del recurso hídrico en las cuencas de los ríos Cauca y Dagua en el departamento del Valle del Cauca (Colombia), financiado por la Gobernación del Valle a través del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías.



# ADAPTACIÓN A LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA

como estrategia para la regulación de los **servicios hidrológicos**  
en **microcuencas abastecedoras de acueductos rurales**



Recursos Naturales  
y del Medio Ambiente  
Investigación

Bolaños Portilla, Isabel Cristina

Adaptación a la variabilidad climática como estrategia para la regulación de los servicios hidrológicos en microcuencas abastecedoras de acueductos rurales / Isabel Cristina Bolaños Portilla, Inés Restrepo Tarquino.

Cali : Programa Editorial Universidad del Valle, 2021.

190 páginas ; 24 cm. -- (Colección: Recursos Naturales y del Medio Ambiente - Investigación)

1. Variabilidad climática - 2. Microcuencas - 3. Acueductos rurales - 4. Servicios ecosistémicos hidrológicos

628. cd 22 ed.

B687

Universidad del Valle - Biblioteca Mario Carvajal

## **Universidad del Valle**

### **Programa Editorial**

Título: Adaptación a la variabilidad climática como estrategia para la regulación de los servicios hidrológicos en microcuencas abastecedoras de acueductos rurales

Autoras: Isabel Cristina Bolaños Portilla, Inés Restrepo Tarquino

ISBN: 978-628-7523-35-7

ISBN-PDF: 978-628-7523-36-4

ISBN-EPUB: 978-628-7523-37-1

DOI: 10.25100/peu.7523357

Colección: Recursos Naturales y del Medio Ambiente-Investigación

### **Primera edición**

© Universidad del Valle

© Autoras

Diseño de carátula: Hugo H. Ordóñez Nieves

Diagramación: Alejandro Soto Perez

---

Este libro, o parte de él, no puede ser reproducido por ningún medio sin autorización escrita de la Universidad del Valle.

Esta publicación fue sometida al proceso de evaluación de pares para garantizar altos estándares académicos. El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión del autor y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad del Valle, ni genera responsabilidad frente a terceros. El autor es el responsable del respeto a los derechos de autor y del material contenido en la publicación, razón por la cual la Universidad no puede asumir ninguna responsabilidad en caso de omisiones o errores.

Cali, Colombia, febrero de 2022

# ADAPTACIÓN A LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA

como estrategia para la regulación de los **servicios hidrológicos**  
en **microcuencas abastecedoras de acueductos rurales**

**Isabel Cristina Bolaños Portilla**  
**Inés Restrepo Tarquino**



Recursos Naturales  
y del Medio Ambiente  
Investigación

## **AUTORES**

### *ISABEL CRISTINA BOLAÑOS PORTILLA*

*Ingeniera sanitaria de la Universidad del Valle con Maestría en Ingeniería con énfasis en Ingeniería Sanitaria y Ambiental y Doctorado en Ingeniería, ambos de la misma institución educativa. Desde el año 2009 hace parte del grupo Gestión Integrada del Recurso Hídrico del Instituto Cinara de la Universidad del Valle, enfocada en proyectos asociados con planificación y ordenación de cuenca hidrográficas, adaptación a la variabilidad y cambio climático, gestión del agua a nivel comunitario, principalmente.*

### *INÉS RESTREPO TARQUINO*

*Ingeniera Sanitaria con Maestría en Sistemas (Sistemas Ambientales) de la Universidad del Valle y Doctorado de la Universidad de Leeds en Inglaterra. Experiencia de más de 15 años en el tema de agua para reducir la pobreza. Actualmente es profesora asignada al Instituto Cinara de la Universidad del Valle.*

## CONTENIDO

<b>LISTA DE SIGLAS</b> . . . . .	.9
<b>PRÓLOGO</b> . . . . .	11
<b>INTRODUCCIÓN</b> . . . . .	15
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>MARCO GENERAL</b> . . . . .	17
Problema . . . . .	17
Alcances y limitaciones de la investigación . . . . .	20
Marco conceptual general . . . . .	21
Objetivos de la investigación . . . . .	31
Metodología general . . . . .	32
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>ANÁLISIS DEL ENTORNO FRENTE A LAS</b>	
<b>NECESIDADES DE ADAPTACIÓN.</b> . . . . .	35
Revisión de literatura . . . . .	35
Metodología . . . . .	39
Resultados y discusión . . . . .	51
Conclusiones . . . . .	95
<b>CAPÍTULO 3</b>	
<b>OFERTA DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS HIDROLÓGICOS</b> . . . . .	99
Revisión de literatura . . . . .	99
Metodología . . . . .	108
Resultados y discusión . . . . .	115
Conclusiones . . . . .	128

<b>CAPÍTULO 4</b>	
<b>PERSPECTIVAS DEL MODELO COMO HERRAMIENTA PARA LA ADAPTACIÓN A LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y MEDIDAS DE REGULACIÓN CON ENFOQUE SOCIOECOLÓGICO</b>	131
Revisión de literatura	131
Metodología	138
Resultados y discusión	140
Conclusiones	166
<b>CAPÍTULO 5</b>	
<b>CONCLUSIONES GENERALES</b>	169
<b>REFERENCIAS</b>	173



## LISTA DE SIGLAS

AbE:	Adaptación basada en Ecosistemas
ARD:	Agua residual doméstica
CBD:	Convenio sobre Diversidad Biológica
CC:	Cambio climático
CDC:	Curva de duración de caudales
CETESB:	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CH:	Cuenca hidrográfica
CVC:	Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
DNP:	Departamento Nacional de Planeación
ECE:	Eventos climáticos extremos
EEM:	Evaluación de Ecosistemas del Milenio
ENA:	Estudio Nacional del Agua
ENOS:	El Niño-Oscilación del Sur
ESAAG:	Empresa Administradora de Servicios Públicos, Acueducto y Alcantarillado de Golondrinas
ETP:	Evapotranspiración potencial
FAO:	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FCM:	Fuzzy Cognitive Modelling
FIME:	Filtración en múltiples etapas
GIRH:	Gestión Integrada del Recurso Hídrico
GWP:	Global Water Partnership
ICA:	Índice de calidad del agua
ICO:	Índice de contaminación
ICOMO:	Índice de contaminación por materia orgánica
ICOSUS:	Índice de contaminación por sólidos suspendidos
IDEAM:	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
IDRC:	International Development Research Center

IPCC:	Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático)
MAVDT:	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
MPS:	Ministerio de Salud y Protección Social
NOAA:	National Oceanic and Atmospheric Administration
OMM:	Organización Meteorológica Mundial
OMS:	Organización Mundial de la Salud
ONI:	Oceanic Niño Index
PARDI:	Problema, Actores, Recursos, Dinámicas e Interacciones
PML:	Producción más Limpia
PNUD:	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA:	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
POT:	Plan de Ordenamiento Territorial
PTAP:	Planta de tratamiento de agua potable
PV:	Pluviómetro
RAS:	Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico
SE:	Servicios ecosistémicos
SEH:	Servicios Ecosistémicos Hidrológicos
SIG:	Sistemas de Información Geográfica
SMAP:	Soil Moisture Accounting Procedure
TGS:	Teoría General de Sistemas
VC:	Variabilidad climática
WMO:	World Meteorological Organization

## PRÓLOGO

El cambio climático (CC) se refiere a la modificación a largo plazo del clima producida por uno o más de los siguientes factores: i) cambios internos dentro del sistema climático; ii) interacción entre componentes climáticos; iii) cambios en fuerzas externas originados por fenómenos naturales o por actividades humanas o por la interacción de cambios naturales y humanos (World Meteorological Organization [WMO], 2012; Carvajal, 2011a). Por su parte, la variabilidad climática (VC) se refiere a la desviación de las estadísticas del clima de un determinado período (mes, estación o año) respecto a las estadísticas a largo plazo de dicho período, destacando las desviaciones típicas y los fenómenos extremos en escalas temporales y espaciales que se extienden más allá de la escala de un fenómeno meteorológico en particular (WMO, 2012; Quintero et al., 2012). En los países en vías de desarrollo, las microcuencas abastecedoras de acueductos rurales están siendo afectadas por la disminución de los servicios ecosistémicos hidrológicos (SEH) principalmente como efecto de la VC. Esta problemática genera un efecto negativo en la resiliencia de los socioecosistemas, lo cual incrementa la vulnerabilidad frente a los impactos de la VC; se afectan los recursos hídricos en cantidad y calidad, disminuye la calidad de vida de las personas y aumentan los niveles de pobreza. La VC puede incrementar los eventos extremos como sequías, olas de calor y frío o intensas lluvias. Cuando se presenta fenómeno de El Niño, el efecto sobre los caudales de los ríos se expresa en reducciones y puede superar el 30% respecto al periodo de referencia. Mientras que, cuando se presenta el fenómeno de La Niña, los efectos son contrarios y pueden presentarse excedentes de caudales con un incremento desde el 12% hasta el 60%, respecto a un periodo de referencia (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], 2015).

Siguiendo el planteamiento de diferentes escenarios futuros, esta problemática tendrá un importante efecto sobre los ecosistemas y las actividades

humanas en general, afectando principalmente los países en desarrollo, los cuales tienen mayor vulnerabilidad por sus características geográficas, económicas y sociales (p. e., glaciaciones, el efecto invernadero, el calentamiento global, entre otros) (Quintero et al., 2012). En Colombia, los mayores efectos de la VC, independientemente de la causa que lo origine, corresponden a: el aumento de la escorrentía superficial que a su vez disminuye la capacidad de infiltración del agua en el suelo; los episodios de sequía extrema recrudecen la escasez de agua que existen en algunas regiones del mundo; el aumento del nivel de mar tendría, entre otros, un efecto de contaminación de acuíferos costeros por la intrusión salina, ocasionando inhabilidad de las reservas de agua costeras para el abastecimiento humano; incremento de la presión por el acceso a los recursos hídricos; disminución en la seguridad alimentaria; incremento de la mortalidad en las regiones más vulnerables; cambios en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas; y encarecimiento del costo de vida (Samaniego, 2009).

La fragilidad de los sistemas naturales y humanos es alta, más aún si se considera que permanentemente las actividades humanas aceleran su degradación y atentan contra su salud. Para los ecosistemas humanos, la vulnerabilidad se incorpora como un factor determinante de la medición de la pobreza o de las condiciones de vida de las personas, demostrando no solamente si los pobres están siendo afectados por el CC, sino mostrando el impacto que tiene este fenómeno en la pobreza (González, 2009). Por otro lado, es improbable que los diferentes ecosistemas andinos sean igualmente vulnerables a las presiones de la VC (Young et al., 2010), dado que cada uno se encuentra en paisajes heterogéneos, conformados por especies dominantes taxonómica, fisiológica y estructuralmente diferentes. Asociado al concepto de vulnerabilidad aparece la resiliencia socioecológica como la capacidad de un socioecosistema sujeto a algún tipo de estrés o cambio profundo —no necesariamente negativo— para regenerarse a sí mismo sin alterar sustancialmente su forma y funciones.

Como respuesta a los cambios que tiene el planeta, surgen los modelos de adaptación a la VC que deben ser vistos no solamente desde lo técnico, lo político y lo económico, sino que también deben considerar variables sociales, comunitarias y ambientales. Así, la adaptación deberá basarse en una perspectiva ecosistémica y social, en la cual la ejecución de planes, programas y proyectos integre los diferentes puntos de vista del recurso hídrico en aras de satisfacer las necesidades de las comunidades e incrementar la capacidad de resiliencia de los ecosistemas. Esta investigación presenta un modelo conceptual como herramienta para la toma de decisiones en adaptación a la VC para comunidades rurales cuyo abastecimiento

de agua depende de microcuencas, en la zona andina colombiana, utilizando las estrategias de Investigación Acción Participativa, de Adaptación basada en Ecosistemas (AbE) y Adaptación basada en la Comunidad con enfoque socioecológico. Se emplearon modelos conceptuales (Problema, Actores, Recursos, Dinámicas e Interacciones [PARDI]) y cognitivos difusos (iModeler). Se concluye que las principales estrategias de adaptación en el caso de estudio —que fue la microcuenca del río Chocho, en la zona rural de Santiago de Cali (Colombia)— están relacionadas con la regeneración natural de las partes altas de la microcuenca y los corredores ribereños y el mejoramiento del sistema de abastecimiento, especialmente la reducción de pérdidas y uso eficiente del agua.



## INTRODUCCIÓN

Desde hace algunos años se ha puesto en las mesas de discusión y decisión en todos los niveles el tema del cambio climático (CC) y la variabilidad climática (VC). Grupos de investigación de diversas universidades e instituciones han tratado de definir y explicar estos conceptos; entre las aproximaciones más mencionadas están las expuestas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC), quienes en el año 2014 ratificaron que es muy probable que la influencia humana haya sido la causa dominante del calentamiento observado desde mediados del siglo XX (Meyer et al., 2014).

El CC se refiere a la modificación a largo plazo del clima, producida por uno o más de los siguientes factores: i) cambios internos dentro del sistema climático; ii) interacción entre componentes climáticos; iii) cambios en fuerzas externas originados por fenómenos naturales o por actividades humanas o por la interacción de cambios naturales y humanos (WMO, 2012; Carvajal, 2011a). La evidencia de los impactos de este fenómeno es más fuerte y compleja para los sistemas naturales; entre las evidencias más relevantes pueden mencionarse: el aumento de la temperatura, deshielo de los polos y glaciares, aumento del nivel de océanos y mares, incremento de la frecuencia e intensidad de los fenómenos meteorológicos, desastres naturales, deterioro de los ecosistemas, detrimento de la calidad de vida, escasez del recurso hídrico en cantidad y calidad, disminución de la seguridad alimentaria, disminución de los servicios ecosistémicos (SE), enfermedades y encarecimiento del costo de vida (Samaniego, 2009; Feo et al., 2009; Meyer et al., 2014). Por su parte, la VC se refiere a la desviación de las estadísticas del clima de un determinado período (mes, estación o año) respecto a las estadísticas a largo plazo de dicho período, destacando las desviaciones típicas y los fenómenos extremos en escalas temporales y

espaciales que se extienden más allá de la escala de un fenómeno meteorológico en particular (WMO, 2012; Quintero et al., 2012).

A pesar de la diferencia existente entre CC y VC, es importante destacar que el CC interactúa con la VC y otros factores no climáticos, lo cual crea una dificultad a la hora de distinguir claramente entre sus respectivos impactos, sobre todo en regiones donde la influencia de la VC es más fuerte que el mismo CC en las condiciones corrientes del clima, como sucede en países del trópico. Frente a esta variedad de amenazas y considerando la vulnerabilidad del país, el aumento del riesgo por la VC parece ser inminente; en general, las consecuencias sobre los diversos sectores productivos (alimentos), turismo, industria, agropecuario, entre otros, traerían fuertes pérdidas económicas, conflictos sociales, políticos y detrimento ambiental (Samaniego, 2009; Quintero et al., 2012). Por estas razones, para esta investigación y sin desconocer el CC, se adoptará el concepto de VC debido a su impacto en el país y a que ocurre a menor escala temporal.

Este libro tiene como propósito proponer medidas que contribuyan con la regulación de los SEH en microcuencas abastecedoras de acueductos rurales, mediante la implementación de un modelo conceptual y operativo que sirva como herramienta para la adaptación a la VC. Para el desarrollo de esta obra se trabajó como caso de estudio y de validación la parte alta de la microcuenca de la quebrada El Chocho, fuente de abastecimiento de la cabecera del corregimiento de Golondrinas, localizado en la zona rural de la ciudad de Cali, en el departamento del Valle de Cauca (Colombia). La selección del caso de estudio está fundamentada en las necesidades de agua de esta población, la disminución de la oferta hídrica, los cambios en la calidad del agua y los conflictos ambientales y humanos asociados a esta problemática ambiental (Bolaños, 2014). Además, puede considerarse un caso tipo para la aplicación del modelo, debido a que esta situación se presenta en la mayoría de contextos rurales colombianos (Tamayo y García, 2006).



# MARCO GENERAL

## PROBLEMA

Las microcuencas abastecedoras de acueductos rurales están siendo afectadas por la disminución de los SEH principalmente como efecto de la VC. Sumado a las perturbaciones por este fenómeno climático (inundaciones, sequías, incendios forestales, introducción de especies exóticas invasoras, entre otras), se encuentran otros factores como el fragmentado sector institucional y su falta de acompañamiento en aspectos normativos, ambientales, técnicos o comunitarios, aspectos educativos, uso inadecuado del suelo, deforestación, erosión, contaminación y sobreexplotación de recursos que inciden en el aumento de la vulnerabilidad de estas zonas y en la construcción social del riesgo por usos inadecuados de los ecosistemas. Esta problemática genera un efecto negativo en la resiliencia de los socioecosistemas, lo cual incrementa la vulnerabilidad frente a los impactos de la VC; se afectan los recursos hídricos en cantidad y calidad, disminuye la calidad de vida de las personas y aumentan los niveles de pobreza.

En América Latina la demanda de agua crece a un ritmo anual entre el 4% y 8%, dos veces más que el crecimiento demográfico de esta región; lo mismo ocurre en Colombia (Carvajal, 2011a). Este incremento en la demanda, el cambio demográfico, el desarrollo industrial y económico, la expansión del riego en la agricultura, la agricultura extensiva, el turismo y la VC son algunos de los factores que generan presión sobre el recurso hídrico y los ecosistemas, lo cual está agudizando la crisis del agua a nivel global (Vargas, 2014). Si la información y el conocimiento sobre los

impactos de la VC y el CC en los ecosistemas y sus servicios en los Andes tropicales son todavía muy escasos, a escala de microcuenca lo es mucho más. Sin embargo, entre las evidencias más claras puede mencionarse el aumento de la temperatura del aire en la región (+0,11 °C/década durante los últimos 60 años), lo cual ha incrementado su tendencia en los últimos 25 años (+0,34 °C/década) (Anderson et al., 2010); así mismo, los patrones de comportamiento de la precipitación se han relacionado con las influencias del océano Pacífico debidas a El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), que varían entre la vertiente oriental y la occidental de los Andes y los valles interandinos y los cambios en la formación de la nubosidad, que tiende a la disminución del clima nublado y permiten más horas de exposición al sol. Estos cambios afectan en distintos niveles a los ecosistemas y sus servicios, a los grupos poblacionales y las actividades que estos realizan a partir de los servicios ofrecidos por los ecosistemas (Anderson et al., 2010; Blanco, 2013). Por ejemplo, entre los años 2000 y 2012, más de 200 millones de personas de países en desarrollo se vieron afectadas por desastres naturales cada año, sobre todo a causa de inundaciones y sequías (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2014).

La VC puede incrementar los eventos extremos como sequías, olas de calor y frío o intensas lluvias. Los efectos de esta variación climática pueden clasificarse en: i) directos, que corresponde a los cambios en los factores climáticos; y ii) indirectos, relacionados con cambios en la respuesta de los ecosistemas. Cada agrupación de ecosistemas posee sus propias características de vulnerabilidad; en la zona andina, por ejemplo, la extensión de los ecosistemas del Superpáramo Altoandino son preocupantes por estar situados a grandes altitudes, en ellos un incremento de 3 °C de temperatura podría dar lugar a un desplazamiento teórico de las especies 600 m hacia arriba y con ello pérdida de su hábitat, lo que afectaría su viabilidad. Para el caso de los sistemas acuáticos un aumento de la temperatura puede incrementar la evaporación en lagos y humedales, lo cual afectaría el hábitat de especies y generaría posibles cambios en la calidad del agua (Anderson et al., 2010). Entre los principales efectos encontrados se resaltan los cambios en las precipitaciones, temperatura, incremento de eventos climáticos extremos (ECE) y deshielo de glaciares. Estos cambios han intervenido en el agua, el suelo, el aire y en especies de flora y fauna, limitando su uso y la resiliencia para enfrentar las variaciones del clima. Por esto, los modelos de adaptación a la VC son importantes, dado que, de alguna manera, la caracterización oportuna, permanente y adecuada de los socioecosistemas, es el sustento de buenas decisiones y acciones para restaurar y mejorar su resiliencia y con esto su capacidad de adaptación.

La medición cuantitativa del impacto de la VC en los SE es limitada; no obstante, este fenómeno puede afectar directamente las características funcionales de los ecosistemas. Los SEH incluyen la regulación de caudales para mitigar inundaciones, recarga de acuíferos para mantener caudales en época seca, purificación de agua y control de la erosión (Imbach et al., 2010; Evaluación de Ecosistemas del Milenio [EEM], 2003).

El Estudio Nacional del Agua (ENA) del año 2014 encontró que para el caso de la cuenca del río Cauca, las presiones por el uso del agua son muy altas, sobre todo el uso agrícola, siendo el sector que más usa agua en el país (46,6% del volumen total de agua utilizado). Cuando se presenta el fenómeno de El Niño, el efecto sobre los caudales de los ríos se expresa en reducciones y puede superar el 30% respecto al periodo de referencia. Mientras que, cuando se presenta el fenómeno de La Niña, los efectos son contrarios y pueden darse excedentes de caudales con un incremento desde el 12% hasta el 60%, respecto a un periodo de referencia (IDEAM, 2015). Lo anterior tendría implicaciones en el panorama a futuro, dado que puede cambiar considerable y aceleradamente la disponibilidad hídrica, sobre todo en localidades densamente pobladas. Este planteamiento surge a partir del aumento progresivo de la demanda de agua para diversos usos, la expansión de la población sin mecanismos de control y, lo más grave aún, la disminución de la oferta hídrica, atribuida principalmente a las tendencias actuales de la deforestación y a la ausencia de tratamiento de las aguas residuales en gran parte de la zona rural colombiana (IDEAM, 2015).

A escala rural, la gestión comunitaria del agua se presenta como una opción para la prestación de los servicios de agua; se constituye como un ente administrador que es autónomo en sus decisiones y goza de reconocimiento jurídico; generalmente, quienes integran la dirección de la organización no gozan de ninguna remuneración y contratan personal para las labores de operación y mantenimiento y, dependiendo de la complejidad del sistema y de la capacidad económica de la comunidad, también para labores administrativas (Aquacol, 2017). Las juntas administradoras de acueductos rurales se enmarcan en las denominadas organizaciones comunitarias de servicios de agua y saneamiento, las cuales se conforman por la voluntad de los usuarios; su funcionamiento está orientado a proveer servicios de abastecimiento de agua y, cuando se tiene planta, de tratamiento de agua potable. Algunas de ellas, además, prestan el servicio de saneamiento básico para la comunidad. Son organizaciones sin ánimo de lucro, en donde su máxima autoridad es la asamblea de usuarios (Aquacol, 2017).