

GESTIÓN INTEGRADA DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS: HACIA UN NUEVO PARADIGMA EN LA GOBERNANZA DEL AGUA

Integrated management of the watersheds: towards a new paradigm in water governance

CASIMIRO MALDONADO SANTANA¹, CAROL FRANCO-BILLINI²
Y ULISES JAVIER JÁUREGUI-HAZA³

Recibido: 19 de septiembre 2023 • **Aceptado:** 25 de diciembre 2023

Cómo citar: Maldonado Santana, C.; Franco-Billini, C. y Jáuregui-Haza, U. (2023). Gestión integrada de las cuencas hidrográficas: hacia un nuevo paradigma en la gobernanza del agua. *Ciencia, Ambiente y Clima*, 6(2), 67-101. <https://doi.org/10.22206/cac.2023.v6i2.2951>

Resumen

Las cuencas hidrográficas son ecosistemas esenciales para la vida de nuestro planeta. Los estudios revelan que los modelos de gestión integrada toman en cuenta la planificación de las políticas públicas y la interacción con los actores involucrados por medio de una conciliación entre el desarrollo económico y social y la conservación de los ecosistemas.

Este trabajo analiza los estudios publicados en los últimos diez años sobre la gestión integrada de cuencas hidrográficas a nivel global desde diferentes enfoques, con un interés especial en la zona geográfica del Caribe insular. Aborda la diversidad de planteamientos sobre la gestión de las cuencas como proveedoras de servicios ecosistémicos que pudieran generar bienestar para sus usuarios y garantizar la protección del recurso hídrico. Se fundamenta

¹ Instituto Superior de Formación Docente Salomé y estudiante del programa doctoral de Ciencias Ambientales del INTEC, República Dominicana. ORCID: 0000-0002-8146-0038
Correo-e: casimiro.maldonado@isfodosu.edu.do

² Tech University, Blacksburg Virginia, Estados Unidos e Investigadora Asociada del INTEC, República Dominicana. ORCID: 0000-0002-2311-8074
Correo-e: carol@vt.edu

³ Universidad Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC), República Dominicana. ORCID: 0000-0002-6943-4873
Correo-e: ulises.jauregui@intec.edu.do



en un diseño no experimental transeccional exploratorio de tipo analítico descriptivo que utiliza la búsqueda, revisión y análisis de diferentes fuentes bibliográficas en las bases de datos Scopus y Web Science. En su búsqueda se visualizan los principales enfoques de un modelo de gobernanza de las cuencas hidrográficas y los desafíos para abordarlas desde una visión ecosistémica con participación de los actores involucrados desde un contexto analítico que pueda explorar y generar nuevas agendas de investigación sobre el tema.

Palabras clave: cuencas hidrográficas, gestión integrada, gobernanza, servicios ecosistémicos, participación social.

Abstract

The watersheds are essential ecosystems for life on our planet. Studies reveal that integrated management models take into account the planning of public policies and the interaction with the actors involved through a reconciliation between economic and social development and the conservation of ecosystems. This work analyzes the studies published in the last ten years on the integrated management of the watersheds at a global level from different approaches, with a special interest in the geographical area of the insular Caribbean. It addresses the diversity of approaches to the management of basins as providers of ecosystem services that could generate well-being for their users and guarantee the protection of water resources. It is based on a non-experimental exploratory transactional design of a descriptive analytical type that uses the search, review and analysis of different bibliographic sources in the Scopus and Web Science databases. In his search, the main approaches of a watershed governance model and the challenges to address them from an ecosystem vision with the participation of the actors involved are visualized from an analytical context that can explore and generate new research agendas on the subject.

Keywords: watersheds, integrated management, governance, ecosystem services, social participation

1. Introducción

La gestión de cuencas hidrográficas es un tópico de interés a nivel internacional (Jiménez & Benegas, 2019) y una práctica en constante evolución que involucra el manejo de la tierra, el agua, la biota y otros recursos en un área definida con fines ecológicos, sociales y económicos (Wang *et al.*, 2016; Katusiime & Schütt, 2020).

El desarrollo de políticas públicas a partir del manejo de estas áreas naturales ha tomado relevancia como un recurso valioso de servicios ecosistémicos para el desarrollo territorial (Chaudhari *et al.*, 2016) y en ese sentido, Martínez y Villalejo (2018) plantean que el agua, como recurso vital para la vida y el desarrollo de cualquier país, debe ser administrada en beneficio de todos los seres vivos que viven en ella, que implica asumir responsabilidades relacionadas con su contabilización, conservación y control de uso adecuado, bajo un enfoque de gestión integrada y participativa como un derecho humano fundamental para la vida de las personas y del planeta. Para estos autores una gestión integral del agua debe estar vinculada con el bienestar humano y el desarrollo sostenible, basado en un intercambio que beneficie a todas las partes a través de compartir los recursos hídricos de la cuenca fluvial y la creación de nuevas iniciativas (Onencan *et al.*, 2019; He & James, 2021; Tang & Adesina, 2022).

Sin embargo, el recurso agua aumenta su escasez en las comunidades y constituye un gran desafío mejorar la gestión de este líquido para satisfacer toda una serie de necesidades humanas básicas en las próximas décadas (GWP, 2016; UNESCO, ONU-Agua, 2020). En ese sentido, la cantidad y calidad de recursos naturales presentes en las cuencas hidrográficas pueden modificarse por el tipo de intervención sobre su área. Factores como el suelo y su manejo, las características de la vegetación, la fauna, el clima y los pobladores que viven en su entorno inciden poderosamente sobre ellas (Aguirre Núñez, 2011). El conjunto de estos factores convierte a las cuencas hidrográficas en un ecosistema donde cada componente influye sobre el otro (Peña *et al.*, 2015).

Numerosos estudios señalan que la actividad antrópica constituye el factor más decisivo para el cambio global (cambio climático, cambios de

uso de suelos, etc.) y el balance hídrico (Jódar-Abellán *et al.*, 2019; Tola, & Shetty, 2021; Liu *et al.*, 2022; IPCC, 2019). Entre los ecosistemas más afectados se encuentran las cuencas y los ecosistemas urbanos, así como el recurso agua, que es vital para la vida en esas áreas, y que pasa de uno a otro como parte de la interrelación entre los mismos.

Sin embargo, estas relaciones están rodeadas de muchas incertidumbres y queda mucho por aprender sobre las formas ecohidrológicas y socioeconómicas (Ovando *et al.*, 2019). Desde esta perspectiva se analizan los estudios publicados a nivel global en los últimos diez años sobre la gestión integrada de las cuencas hidrográficas, con un interés especial en la zona geográfica del Caribe insular. Se busca entender cuáles posiciones o enfoques se aproximan a un modelo que permita poner en práctica la gobernanza de las cuencas hidrográficas y los desafíos para abordarla a través de una visión ecosistémica y desde una cultura de políticas públicas efectivas que pudieran generar bienestar para sus usuarios y garantizar la conservación del recurso hídrico.

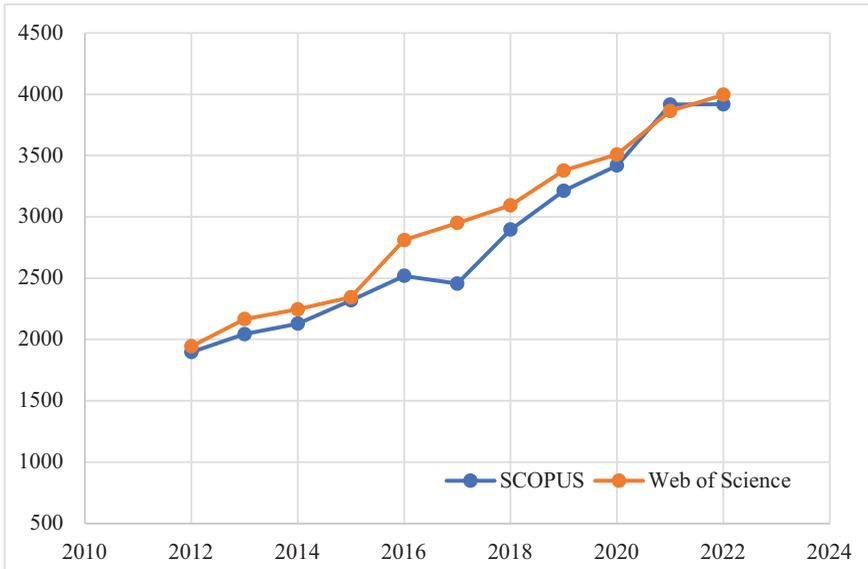
2. Materiales y Métodos

Para el desarrollo de este trabajo se utilizó un diseño no experimental, transeccional, exploratorio de tipo analítico y descriptivo que utiliza la búsqueda, revisión y análisis de diferentes fuentes bibliográficas sobre el tema de la gestión integrada de cuencas hidrográficas a nivel global desde diferentes enfoques en los últimos diez años. Para la búsqueda de información en las bases de datos Scopus y Web Science se revisaron los artículos en el periodo 2012-2022. Se utilizaron las palabras claves: *cuencas hidrográficas*, *gestión integrada*, *gobernanza*, *servicios ecosistémicos*, *participación social* en español e inglés, partiendo de la cadena “cuencas gestión”/ (“river basin” or “watershed) management”.

La figura 1 muestra el comportamiento ascendente de las publicaciones sobre el tema que nos ocupa en las dos bases de datos utilizadas, para un total de 30725 artículos publicados en Scopus y 32303 en Web of Science.

Figura 1

Publicaciones sobre el manejo de cuencas en las bases de datos Scopus y Web of Science en el período 2012-2022



En lo referente a la publicación de trabajos por países, la figura 2 presenta los diez que más publican sobre el tema, liderados por Estados Unidos y China, que son responsables del 54 % del total de artículos. Entre esos diez primeros países la región de América Latina y el Caribe está representada sólo por Brasil. En nuestra región geográfica 29 países han publicado al menos un trabajo sobre la gestión de cuentas, pero el total de artículos representa sólo el 9 % de los publicados en el mundo. La figura 3 muestra los diez países de América Latina y el Caribe con más resultados en las dos bases de datos estudiadas, siendo Brasil y México los líderes del área. En cuanto a República Dominicana, aparecen sólo tres artículos publicados sobre gestión de cuencas.

Figura 2

Líderes mundiales en la publicación de trabajos sobre gestión de cuencas entre 2012-2022

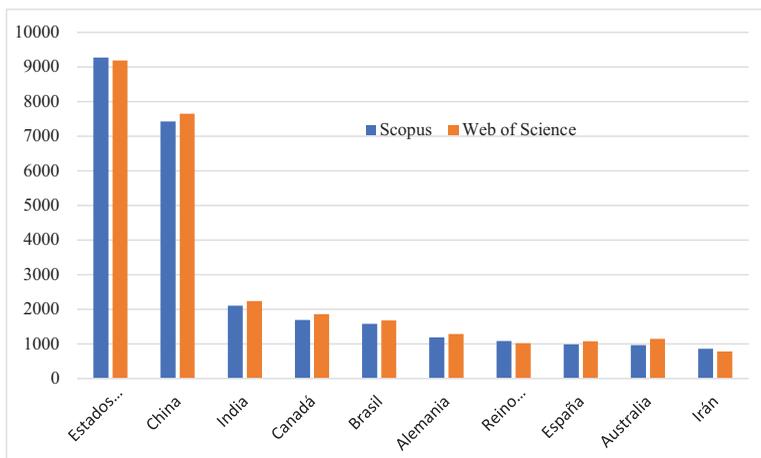
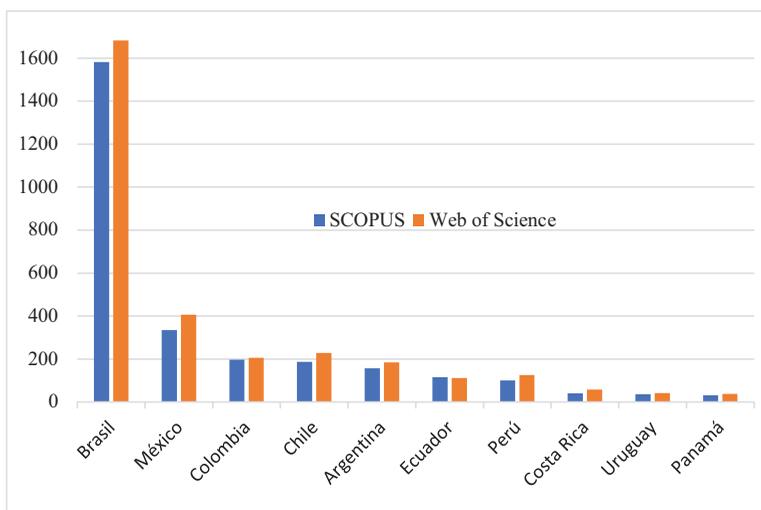


Figura 3

Los diez países de América Latina y el Caribe que más publicaron sobre gestión de cuencas entre 2012-2022



3. Resultados y discusión

3.1. El enfoque de gestión integrada de cuencas como ecosistemas

Una cuenca hidrográfica representa una fisiografía dinámica donde interactúan el suelo, la vegetación, la fauna y la población que vive en su área. Esta manera de interacción ha sido estudiada a través de diversos modelos hidrológicos que intentan describir la influencia de esos factores en el área de las cuencas hidrográficas. No se han publicado muchos trabajos sobre la gestión integrada de una cuenca desde esta perspectiva. Los modelos más ponderados son aquellos que velan por integrar a todos los factores que inciden en el entorno de la cuenca como parte de una visión ecosistémica (Li *et al.*, 2021).

El término gestión de cuencas no es solo manejo o gestión per se, se vincula con lo adaptativo para describir un proceso de aprendizaje a través del monitoreo de la respuesta del ecosistema a una acción en particular, seguido de un cambio incremental en la acción basado en lo que se aprende (Cosens & Williams, 2012). El proceso de desarrollo de estrategias integradas de gestión de cuencas hidrográficas para un manejo sostenible se realiza mediante la incorporación de técnicas de gestión adaptativa y el conocimiento ecológico tradicional. De igual modo, la interacción entre la variabilidad climática y la urbanización puede amplificar los pulsos hidrológicos y la exportación de carbono, nutrientes y contaminantes en muchas vías fluviales urbanas.

La construcción de modelos integrados hidrológicos-ecológicos-sociales se han visto obstaculizados tanto por la falta de datos como por la complejidad de la tarea (Johnston & Kummu, 2011; Harifidy & Hiroshi, 2022). Identificar una metodología a escala de cuenca capaz de reflejar adecuadamente los impactos ecológicos y sociales locales sigue siendo el mayor desafío para evaluar los impactos del cambio hidrológico. Por tanto, el manejo adaptativo, que incluye la incertidumbre, podría ser una herramienta que tiene en cuenta las buenas prácticas. Su implementación dependerá de la diferencia entre la precisión científica, la legitimidad social y la plena integración del componente social.

La relación de una cuenca no es igual en toda su fisiografía pues en las áreas donde existe mayor población o menos impacto de la actividad

agrícola o aprovechamiento de su superficie boscosa, es probable que la cantidad o calidad del agua en ese ecosistema no sea igual (Gutiérrez *et al.*, 2019). Los efectos de la deforestación y la tala selectiva en una cuenca pueden también cambiar el microclima local y los regímenes de incendios, resultando en daños colaterales generalizados al equilibrio y sostenibilidad del ecosistema. Los cambios en el uso del suelo contribuyen significativamente a la degradación ambiental, agravando el impacto negativo del cambio climático expresado en la deforestación, la erosión, la difusión de la contaminación, la degradación de los suelos y la disponibilidad hídrica del sistema (Fan *et al.*, 2016). Las infraestructuras y prácticas de gestión del agua alteran fundamentalmente los procesos hidrológicos claves que mantienen la diversidad del hábitat fluvial y las buenas condiciones de calidad del agua. Puede percibirse, que las cuencas hidrográficas son ecosistemas muy frágiles y de complejo manejo (Shifflett & Schubauer-Berigan, 2019) por lo que su gestión requiere una investigación específica sobre la variedad de factores que contribuyen a la degradación de la calidad del agua (Moreno Alcaraz *et al.*, 2008). En ese sentido, el enfoque ecosistémico es una estrategia para la gestión integral del suelo, el agua y los recursos vivos, que promueve la conservación y el uso sostenible en una manera equitativa (Chen *et al.*, 2018; He & James, 2021).

Por tanto, el manejo adaptivo de la cuenca implica aplicar como estrategia el conocimiento científico a través de un sistema de monitoreo y adaptaciones para obtener resultados de impacto, con especial atención al proceso de gobernanza (Schweizer, 2017; León Ochoa *et al.*, 2019). Las fuentes de contaminación de los ecosistemas varían geográficamente debido a los diferentes entornos locales y a la manera como se dan los procesos de cambio en el uso de la tierra, con las implicaciones que pueden tener sobre la productividad agrícola. Por ello, gestionar una cuenca supone tomar en cuenta el comportamiento de la población que vive en su entorno, vinculado con el manejo adaptativo y una forma apropiada de gobernanza desde un punto de vista socio ecológico (Schweizer, 2017; Aben *et al.*, 2018; Gutiérrez *et al.*, 2019; Tola, & Shetty, 2021).

Por otro lado, el enfoque ecosistémico es una estrategia para la gestión integral del suelo, el agua y los recursos vivos, que promueve la conservación y

el uso sostenible en una manera equitativa (Chen *et al.*, 2018; Tang & Adesina, 2022). El enfoque coloca a la gente que vive en los ecosistemas y a sus medios de vida en el centro de las decisiones sobre la gestión y la protección. Tanto el enfoque de gestión integrada del recurso hídrico (GIRH) como el enfoque ecosistémico para la gestión integrada del agua se complementan en dos conjuntos de principios consistentes entre sí. Los principios del enfoque ecosistémico potencian y enriquecen la práctica de la GIRH. Por ello, la escala óptima de un programa conjunto de gestión de cuenca depende de diversos factores, como son el valor estratégico de la cuenca, la demanda de servicios ambientales, la fragilidad del ecosistema, el riesgo de que ocurran catástrofes, las prioridades de las partes interesadas locales y los recursos financieros y tecnológicos disponibles (Lee *et al.*, 2018; Zy Harifidy *et al.*, 2022). Por lo tanto, desde una perspectiva ecosistémica, es posible definir las relaciones entre los componentes que forman un ecosistema y los servicios ambientales que ellos prestan.

3.2. Servicios ecosistémicos y los riesgos del cambio climático en las cuencas hidrográficas

Los servicios ecosistémicos (SE) son los beneficios que las personas obtienen de la biodiversidad y las funciones del ecosistema (Wangai *et al.*, 2016). Para facilitar su comprensión, se han clasificado en cuatro grandes categorías: aprovisionamiento (de alimentos, agua y otros recursos naturales); reguladores (como purificación de agua o control de clima y enfermedades); apoyo (como ciclos de nutrientes y polinización de cultivos, que respaldan la provisión de otros servicios) y servicios culturales (beneficios espirituales, estéticos y recreativos) (Aguirre Núñez, 2011; Da Costa *et al.*, 2019). Los servicios ecosistémicos que brindan las cuencas hidrográficas usualmente son ignorados por las sociedades que la habitan. En tal sentido, estos servicios enfrentan importantes amenazas tales como, la sobreexplotación de los recursos (agua y tierra), la construcción de infraestructura de grandes dimensiones que alteran el funcionamiento natural, la contaminación, entre otras (Martínez Valdés & Villalejo García, 2018).

Por tanto, cuando se aborda el tema de las cuencas como ecosistemas, en el ámbito de los servicios ecosistémicos que estas brindan, numerosos

estudios plantean que el agua de las cuencas es un recurso cada vez más escaso debido a la gran demanda de sus servicios y su manejo incorrecto. Para entender el proceso dinámico de una cuenca es importante verla como un ecosistema donde interactúan sus diversos componentes y los beneficios que la población obtiene de ella (Luo *et al.*, 2019).

Los factores socio organizativos y económico-productivos dinamizan las economías locales en las poblaciones que habitan en las cuencas hidrográficas. Según el manejo de las cadenas de valor agro productivas, estas generarán un impacto en el funcionamiento de la cuenca. En ese sentido, la caracterización del servicio ecosistémico de una cuenca dependerá del uso típico del suelo y de la práctica de cobertura del suelo dentro de su ubicación (Ochoa *et al.*, 2018).

La mayor parte de la investigación sobre la diversidad y la función del ecosistema se ha centrado en el papel de la riqueza de especies en la función de influencia. De este modo, el funcionamiento del ecosistema también depende de las identidades, densidades, biomásas e interacciones de las poblaciones de especies contribuyentes dentro de una comunidad, así como la abundancia agregada, la variación espacial y temporal de estos atributos. Las evaluaciones biofísicas de los SE varían según el modo en que las funciones son integradas para estimar la provisión de servicios y con su capacidad para tomar en cuenta la influencia de las propiedades locales y del contexto espacial sobre la capacidad funcional de un mismo tipo de ecosistema. No obstante, el progresivo deterioro del paisaje de las cuencas hidrográficas, su manejo inadecuado y los cambios en los usos del suelo, han reducido la provisión de servicios ecosistémicos aumentando los problemas sociales, económicos y ambientales para las comunidades y propiciando el desencadenamiento de diferentes conflictos socioambientales (Dhialhaq *et al.*, 2017).

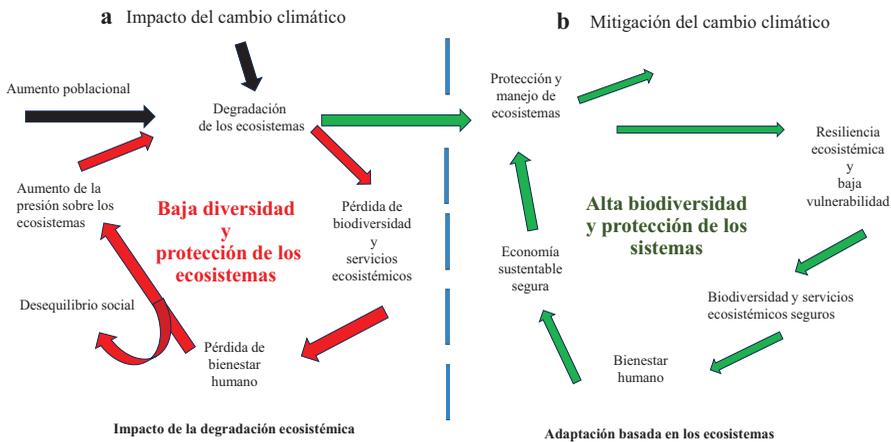
El reto más fuerte para asegurar el mantenimiento de los servicios ecosistémicos a largo plazo es la incorporación de los distintos sectores de la sociedad tomando en cuenta sus opiniones, necesidades y los efectos de la posible intervención (Fan *et al.*, 2016). Las cuencas hidrográficas proporcionan muchos servicios ecosistémicos, entre los que se incluyen: el ciclo de los nutrientes, el almacenamiento de carbono, el control de la erosión/sedimentación, el aumento de la diversidad biológica, la formación de

suelos, los corredores de movimiento de la vida silvestre, el almacenamiento de agua, la filtración del agua, el control de las inundaciones, los alimentos, la madera y las actividades recreativas, así como la reducción de la vulnerabilidad a las especies invasoras, los efectos del cambio climático y otros desastres naturales. Por tanto, repensar la sostenibilidad del agua como recurso ecosistémico supone hacer partícipe al usuario de su corresponsabilidad en ese proceso, valorando que en la conservación del patrimonio natural y en la preservación de los servicios ecosistémicos se sustenta el bienestar humano (Balza, *et al.* 2019; Liu *et al.*, 2022).

De acuerdo con Bustamante *et al.* (2020) el cambio climático desencadena la transformación de los ecosistemas, la pérdida de biodiversidad y modifica de forma sustancial los servicios de los ecosistemas (Figura 4a). Así, uno de los objetivos de la gestión de los ecosistemas es mantener la salud y aumentar la resiliencia, al tiempo que se reduce la vulnerabilidad frente al cambio climático (Figura 4b).

Figura 4

Marco conceptual de los impactos del cambio climático en los ecosistemas y la sociedad; medidas de gestión a tomarse en un ciclo de incremento de la resiliencia ecosistémica y disminución de la vulnerabilidad.



Fuente: Adaptado de Duy Campoverde, I. A. (2023).

Según Horwitz & Finlayson (2011), los servicios de los ecosistemas acuíferos complementan los medios de vida e ingresos de las personas,

enriqueciendo sus estilos de vida y mejorando indirectamente la salud y bienestar, por ejemplo, proporcionando seguridad, materiales básicos para una buena vida y para buenas relaciones sociales. Desde la lógica de estos planteamientos, se visualiza que para alcanzar el aprovechamiento y sostenibilidad de los SE que brinda las cuencas hidrográficas es importante propiciar espacios de concertación para el diseño de políticas públicas que garanticen y corresponsabilicen la participación de todos los sectores que hacen vida en ese ecosistema.

La identificación de posibles compensaciones entre servicios bajo diferentes escenarios de flujo promueve una estrategia de gestión dinámica para la asignación de recursos hídricos, que mitiga posibles conflictos. Si bien se acepta ampliamente que las necesidades de todos los beneficiarios deben considerarse para la incorporación exitosa de los servicios del ecosistema en la gestión de cuencas hidrográficas, el número de estudios que realmente utilizan la perspectiva sociocultural en la evaluación de los servicios del ecosistema es limitado (Castro, *et al.*, 2016; Roestamy, & Fulazzaky, 2021).

Es importante realizar la evaluación de los servicios del ecosistema incluyendo las dimensiones ambientales, sociales y económicas. Desde el enfoque de la teoría económica se plantea mitigar los impactos al medio ambiente de las actividades antrópicas a través de la implementación de pago por los servicios ecosistémicos y de impuestos ambientales (Paredes-Vilca, 2019). La conveniencia de pago de servicios ecosistémicos es una iniciativa de conservación y un sentido de responsabilidad para proteger las cuencas para el uso actual y de las generaciones futuras (Aguilar *et al.*, 2018).

En el caso del recurso hídrico, la valoración económica ayuda a comprender mejor los problemas del agua de muchas maneras, que incluyen la asignación eficiente entre los diversos usos del agua y la protección de los servicios del ecosistema del agua, equilibrando las necesidades sociales y ecológicas (Koundouri & Rulleau, 2019; Zy Harifidy *et al.*, 2022). El éxito de esta medida estará sujeto a la especificación del servicio a prestar, así como la determinación de las obligaciones que deben cumplir quienes ostenten los derechos de propiedad para así garantizar la calidad del servicio, se requiere también de instituciones objetivas que

monitoreen y exijan el cumplimiento de las medias adoptadas (Castro *et al.*, 2016; Aguilar *et al.*, 2018; Fu *et al.*, 2018; Bremer *et al.*, 2018).

El estudio realizado por Aguilar y colaboradores (2018) en los Estados Unidos mostró un conocimiento limitado del pago por los programas de servicios ecosistémicos y opiniones antagónicas con respecto a la voluntad de pagar para la conservación de cuencas y los correspondientes cargos financieros de los programas de servicios ecosistémicos asociados. La calidad del agua fue el elemento más importante entre los atributos de los programas utilizados en un experimento de elección discreta, seguido de la provisión de hábitat para especies de plantas y animales amenazadas, el control de inundaciones y la estética del paisaje (Aguilar *et al.*, 2018). En lo que coinciden varios autores es en la importancia del pago de los servicios ecosistémicos de la cuenca, sobre todo los relacionados con la calidad de agua, para garantizar un desarrollo sostenible y a fin de lograr la equidad y proporcionar incentivos suficientes para la protección de los recursos hídricos (Fu *et al.*, 2018; Giri, 2021). Un aspecto a tener en cuenta al desarrollar proyectos para aprovechar los servicios ecosistémicos de las cuencas es evitar las externalidades negativas y los conflictos entre las partes interesadas y los posibles impactos negativos sobre estos ecosistemas (Castro *et al.*, 2016; Salimi *et al.*, 2019). El cambio climático, con su afeción a las disponibilidades de agua, va a deparar en el futuro debates en política hídrica, seguramente más intensos y de mayor calado que los actuales (Chaudhari *et al.*, 2016; Leclerc & Grégoire, 2017; Alarcón *et al.* 2019; Liu *et al.*, 2022). Pocas políticas se van a ver tan afectadas y tan de continuo como la política hídrica.

Los efectos del cambio climático en combinación con otros factores de estrés en los recursos hídricos restringirán cada vez más el acceso al agua potable y saneamiento y hacen que la seguridad alimentaria sea aún más difícil de lograr (Grafton *et al.*, 2019). Un enfoque importante al analizar los riesgos en las cuencas hidrográficas es considerar el papel de los juicios estructurados de especialistas con experiencia local en sistemas ecológicos y tecnológicos relevantes, con el fin de informar las opciones de adaptación al cambio climático, incluida la adaptación basada en el ecosistema (Procter *et al.*, 2017). La capacidad de los ríos y su biota para responder a los regímenes de flujo alterados no es ilimitada. Sin embargo,

los cambios provocados por la urbanización, la extracción excesiva de agua o los cambios climáticos que ocurren rápidamente y conducen a flujos fuera del rango natural de variabilidad tendrán consecuencias importantes para los ecosistemas fluviales y las personas que dependen de ellos (Palmer *et al.*, 2008).

La escasez de agua se ha convertido en una limitación importante para el desarrollo socioeconómico y una amenaza para el sustento del hombre en todo el mundo (Liu *et al.*, 2017; ONU, 2018). El debate sobre la escasez de agua incorpora otro concepto derivado, como es la necesidad de limitar y ordenar el desarrollo territorial para preservar las aguas continentales y los ecosistemas asociados (Amorós & Hernández, 2008). La disponibilidad de agua se ha convertido en un tema frecuente en la agenda política de los países como un bien público, limitado y dotado de valor económico (Vargas *et al.*, 2019). Ese proceso requiere de esfuerzos concertados de hidrólogos, economistas, científicos sociales y ambientales para desarrollar enfoques integrados y capturar la naturaleza multifacética de escasez de agua (Aguilar *et al.*, 2018). Por ello, cualquier iniciativa de mejora de las cuencas dependerá de su aproximación a las condiciones naturales originarias (Roni *et al.*, 2008).

Aben *et al.* (2018) señalan en sus planteamientos que, durante la próxima década, varios factores podrían desencadenar un cambio rápido en las cuencas hidrográficas, imponiendo mayores demandas sobre los intereses del agua en competencia y aumentando la necesidad de cooperación a través de las fronteras jurisdiccionales. Estos factores contribuyentes incluyen el cambio climático, el crecimiento continuo de la población, un ecosistema amenazado y en deterioro, la demanda de energía de combustibles no fósiles y la infraestructura envejecida. La incertidumbre en estos factores crea desafíos para los enfoques tradicionales de la gobernanza de los recursos hídricos (Aben *et al.*, 2018; Roestamy, & Fulazzaky, 2021).

Son múltiples los factores que han de ponerse en juego para lograr buenas prácticas de manejo en una cuenca hidrográfica para frenar los impactos de fenómenos extremos ocasionados por el cambio climático. En ese sentido, las regiones sujetas a mayores precipitaciones tendrán niveles más bajos de contaminación del aire, pero tendrán probablemente una mayor deposición en la superficie de los contaminantes orgánicos

persistentes y una mayor escorrentía de estos, entre los que se encuentran los fármacos y los pesticidas. Además, los aumentos en la intensidad y frecuencia de los eventos de tormentas relacionados con el cambio climático podrían conducir a un mayor episodio de contaminación química de cuerpos de agua y cuencas hidrográficas circundantes (Noyes *et al.*, 2009; Liu *et al.*, 2022).

Los cambios en la cobertura y el uso del suelo son factores importantes con implicaciones en la cantidad de agua y su calidad (Chen *et al.*, 2018; Tola, & Shetty, 2021). En el caso de las cuencas, es importante reconocer que el cambio climático tendrá un impacto cada vez mayor sobre la disponibilidad de los recursos hídricos para las actividades humanas, así como sobre la frecuencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos, siendo imprescindible abordar oportunamente los retos y oportunidades institucionales, socio-políticas, de financiamiento y culturales que las sociedades enfrentan para adaptarse a este fenómeno (Fan *et al.*, 2016; Arellano *et al.*, 2019; Salimi *et al.*, 2019).

Adicionalmente, el cambio climático constituye un gran desafío para la gestión integral del recurso hídrico, el cual se vería afectado en cuanto a disponibilidad, calidad y uso, además de su impacto sobre la salud, la seguridad alimentaria y la conservación de los ecosistemas, entre otros (Garzón & Jiménez, 2017; Tang & Adesina, 2022; Zy Harifidy *et al.*, 2022). Por ello, es necesaria la incorporación de diferentes medidas de adaptación y mitigación, que sirvan como estrategias y oportunidades para garantizar el desarrollo sostenible y el bienestar de los habitantes de la región; que permitan, además, anticiparse, de manera proactiva para afrontar los desafíos generados por el cambio climático y la variabilidad climática natural. Sin embargo, el grado de incertidumbre que rodea a los impulsores del cambio complica estos esfuerzos y ha llevado a la búsqueda de un enfoque de gobernanza que tenga en cuenta la incertidumbre, en lugar de buscar más medios tecnológicos para restringir (Cosens & Willians, 2012; He & James, 2021; Sulistyaningsih *et al.*, 2021). Por tanto, la planificación de la gestión de cuencas, en el marco de lo ecosistémico y ante el cambio climático, es importante en las actividades productivas, principalmente las de vocación y de alta dependencia económica (Hernández *et al.*, 2019).

3.3. Desafíos de la gobernanza para la gestión de un modelo integral de las cuencas hidrográficas y el rol de la participación social

El reto de la gestión de una cuenca hidrográfica es un proceso cada vez más complejo por la interdependencia que requiere tomar en cuenta la naturaleza de la misma y la participación de múltiples sectores interesados en su gobernanza (Magnuszewski *et al.*, 2018; Sulistyaningsih *et al.*, 2021; Lim *et al.*, 2022). En ese sentido, el enfoque de gestión de cuencas que no incorpora la participación social puede considerarse como limitado y difícil de implementar. Así, varios autores consideran importante que la población esté consciente de su rol en ese proceso (Santos, 2019; Harifidy & Hiroshi, 2022). No vale abordar un buen modelo de gestión integrada de cuenca sin el empoderamiento de los pobladores (Hernández, 2019).

La conformación de espacios de concertación en las cuencas es esencial para lograr acuerdos entre los diferentes actores sociales, dado que sus intereses, demandas, necesidades y expectativas no sólo son diferentes, sino que pueden constituirse en motivos de conflictos (Simms *et al.*, 2016; Salimi *et al.*, 2019).

Por su parte, Behmel & colaboradores (2018) proponen un enfoque participativo para obtener las necesidades de conocimiento y los modos de comunicación preferidos de los ciudadanos y los representantes de las partes interesadas organizadas. Este enfoque, adaptable y transferible a diferentes tipos de cuencas hidrográficas, incluye seis pasos: (1) realizar un análisis de las partes interesadas; (2) realizar una encuesta adaptable acompañada de un sistema de información geográfica de participación pública de fácil uso; (3) realizar talleres para reunirse con las partes interesadas para informarles sobre los resultados de la encuesta y discutir el logro de objetivos de monitoreo; intercambiar puntos de vista sobre nuevas necesidades de conocimiento y las preocupaciones sobre la calidad y cantidad del agua; (4) reunirse con los ciudadanos para evaluar los resultados al igual que se hizo con las partes interesadas externas; (5) analizar los datos y la información recopilada para identificar nuevas necesidades de conocimiento y modos de comunicación e (6) identificar, en colaboración con las personas a cargo de los programas de manejo de

calidad de agua, los objetivos de monitoreo y las estrategias de comunicación a seguir a corto, mediano y largo plazo.

Para ser efectivo, un sistema de planificación y gestión participativa en recursos de agua debe ser capaz de proveer oportunamente información sobre qué tipo y calidad de agua está disponible y dónde, y sobre quién está usando el agua y con qué propósito (Mika *et al.*, 2019; Giri, 2021). Por lo tanto, los sistemas de gestión de agua requieren de evaluaciones oficiales adecuadas, inventarios y catastros de fuentes y suministro de aguas, como también registros que estén al día con antecedentes de usos y descargas de agua, derechos de agua, y determinación de los beneficiarios de tales derechos con sus respectivas asignaciones de agua. Bremer *et al.* (2020) demostraron la importancia de la calidad de la información para el desarrollo, implementación y evaluación de los sistemas de gestión integral de cuencas al estudiar tres programas de manejo de cuencas hidrográficas en el bosque Atlántico de Brasil. Los autores identificaron cinco oportunidades de información hidrológica para apoyar contextos de gestión superpuestos: (1) inspirar acciones y apoyo, (2) informar decisiones de inversión, (3) comprometerse con posibles participantes, (4) priorizar la ubicación y los tipos de actividades a escala regional y nacional, y (5) evaluar el éxito del programa.

Desde el enfoque de GIRH el desarrollo sostenible operacional para la gestión de los recursos de agua dulce se adopta un enfoque holístico, que implica que se necesita información sobre el estado de la economía, la sociedad y los recursos hídricos y sus relaciones mutuas. También invoca la necesidad de una mayor participación, lo que significa que debe ser herramienta para una comunicación eficaz entre los diferentes grupos de las partes interesadas. Los indicadores pueden ayudar a simplificar la información sobre la GIRH y establecer una comunicación eficaz entre diversas partes interesadas (ONU, 2018).

La implementación de los enfoques integrados ayuda a coordinar el desarrollo sostenible y la gestión del agua para todo el espectro de usuarios: residentes en zonas urbanas y rurales, agricultura, industrias y ecosistemas naturales. Esto es crucial para conseguir un uso más sostenible, equitativo y eficiente de los recursos hídricos, y para proporcionar

oportunidades para inversiones y beneficios conjuntos (ONU, 2018; Burstein, 2018). De igual modo, existen experiencias sobre los resultados positivos de la interacción entre el estado y las organizaciones no gubernamentales para lograr un adecuado manejo de las cuencas y el uso del recurso hídrico en favor de los resultados en la agricultura (Mohan, 2020; Zy Harifidy *et al.*, 2022).

En términos de la política de cuencas hidrográficas, es importante tomar en cuenta la concesión de subvenciones, el procesamiento de permisos, la instalación de buenas prácticas de manejo, la adquisición de tierras, la restauración del hábitat, la educación del público o los tomadores de decisiones y la recopilación de datos sobre las condiciones ambientales (Imperial, 2005; Roestamy, & Fulazzaky, 2021).

En América Latina y el Caribe ha sido difícil poner en práctica modelos de gestión integrada del agua debido a problemas de institucionalidad por falta de apoyo de los gobiernos; por haber carecido de recursos financieros, coordinación y base legal adecuados; por la falta de claridad sobre sus roles; por haber tenido una compleja relación de dependencia tanto administrativa como financiera; o por haber sido utilizadas con fines políticos, entre muchos otros factores que dificultan su supervivencia. La gobernanza responde y se organiza según los sectores correspondientes de las políticas públicas relacionadas tales como, transporte, energía, la salud pública, medio ambiente, entre otras. En el caso del sector agua, los gobiernos locales son las entidades protagonistas en quienes cae la toma de decisión y el financiamiento. Aunque la mayoría de los países se están moviendo hacia la incorporación de componentes de medios de vida para garantizar beneficios a todas las secciones de la comunidad, no se hace mucho en términos de abordar los aspectos de equidad en el manejo de las cuencas hidrográficas. Sin embargo, en el caso de las cuencas urbanas, se ha demostrado que la zonificación no mejora la disponibilidad de servicios ecosistémicos. Si los residentes de las cuencas urbanas desean beneficiarse del desarrollo, los datos mejorados y más accesibles, y la evaluación rigurosa de los mismos son los primeros pasos importantes para mejorar las decisiones de gobernanza sobre la planificación regional en los sectores público y privado (Brown & Quinn, 2018; Sulistyarningsih *et al.*, 2021).

Para las Naciones Unidas la crisis del agua existente en América Latina se debe más a razones institucionales que a la deficiente disponibilidad física del recurso (UN-WWAP, 2015). La gobernanza adaptativa pasa de centrarse en la eficiencia y la falta de superposición entre las autoridades jurisdiccionales a centrarse en la diversidad, la redundancia y los múltiples niveles de gestión que incluyen el conocimiento y las acciones locales (Cosens Williams, 2012; Martínez Valdés & Villalejo García, 2018; Villada-Canela *et al.*, 2019; Sulistyaningsih *et al.*, 2021).

Así, un elemento clave para aquilatar el capital social previo de los grupos destinatarios es la capacidad de los programas de reconocer y respetar la trayectoria previa de las comunidades en sus iniciativas de desarrollo, y de sumarse a ella. Con tal fin, el análisis de las redes de capital social a nivel local debe tener la capacidad de discernir entre los grupos o individuos que se ven forzados a cooperar, y aquellos que participan voluntariamente por iniciativa e interés propios. Una buena estrategia de gestión integrada de cuencas se sustenta en la participación de todos los actores y en la toma de decisiones compartidas basadas en la generación de conocimiento (información, investigación y comunicación) (Benegas *et al.*, 2008).

Entender los beneficios de la participación social en el proceso de gestión no es fácil. Los gobiernos a menudo no están dispuestos a escuchar a la población cuando se trata de las estrategias de crecimiento económico que dependen de la explotación de recursos naturales. En la práctica, la sostenibilidad y el bien común se deciden no solo por los gobiernos, sino por un amplio espectro de actores locales, nacionales y transnacionales. Interesantes son las experiencias donde la gobernanza de la cuenca de abajo hacia arriba, con la participación de los ciudadanos en la toma de decisiones, han permitido obtener resultados positivos en su gestión (Hurlbert & Andrews, 2018).

No solo en el escenario de lo local los procesos de participación y gobernanza deben llevarse a cabo. Una escala obvia para la gobernanza del agua es nacional, ya que es en este nivel donde los actores políticos y los grupos de interés compiten, hacen concesiones y presionan a los gobiernos para que formulen políticas y aprueben leyes que guíen a las instituciones

subordinadas. Las políticas gubernamentales sobre el manejo de cuencas hidrográficas también deben revisarse desde sus aspectos iniciales de la ciencia, incluidas las regulaciones e instituciones existentes, para que la contribución y la vinculación entre los sectores puedan ser visibles (Pambudi, 2019). La idea es incorporar una perspectiva en la política de gobernanza del agua cuyas decisiones apunten al desarrollo sostenible (Aben *et al.*, 2018; Lim *et al.*, 2022). Tal desarrollo debería aprovechar los beneficios económicos de la gestión de la cuenca, la sostenibilidad a largo plazo de los sistemas naturales, y el cumplimiento de los objetivos de mitigación del cambio climático (Liu *et al.*, 2022). El régimen de gobernanza puede beneficiarse de una mayor comunicación entre los actores y una mayor asignación de responsabilidades a las organizaciones comunitarias locales, incluyendo (Simms *et al.*, 2016). De tal manera, que la falta de apoyo de otras instituciones gubernamentales no limite el impacto del régimen de gobernanza para proporcionar soluciones sociales y ambientales (Schweizer, 2017). En contraposición, se deben tener en cuenta los esfuerzos que se realizan por las comunidades para con esfuerzos locales lograr la gestión a nivel de microcuencas, con énfasis en el recurso agua a través de algunas iniciativas como el establecimiento de los comités de gestión del agua (Vargas *et al.*, 2019). Se ha demostrado que los comités de gestión del agua han realizado importantes contribuciones a la gobernanza local de cuencas hidrográficas, en la consideración y la comparación de prácticas democráticas deliberativas, ofreciendo opciones para el fortalecimiento del cambio de políticas a nivel local (Hurlbert & Andrews, 2018).

Para Cervantes Zavala y sus colaboradores (2009), el protagonismo social es la participación empoderada (plena, activa y colaborativa) de los grupos y organizaciones formales e informales existentes en la cuenca. El protagonismo busca fortalecer la autonomía de los participantes como sujetos de la transformación de su realidad; ello implica que la población y sus organizaciones deben comandar su proceso de desarrollo, decidir y actuar por sí mismas en la planificación, implementación de acciones, monitoreo y evaluación (Cervantes Zavala *et al.*, 2009; Mika *et al.*, 2019).

Con el fin de lograr un enfoque integrado para la gestión y restauración de los ecosistemas de cuencas hidrográficas, se debe tener en cuenta

que en las mismas coexisten diversos actores, tales como el gobierno, el sector privado y la sociedad civil, que crean una complejidad institucional significativa basada en las características, intereses y contexto de los participantes (Villada *et al.*, 2019). Para superar este problema, Sani & colaboradores (2019) propusieron desarrollar un modelo de gobernanza colaborativa de varias capas para la gestión y restauración de estos ecosistemas utilizando la teoría de la jerarquía política y el ciclo de vida de la colaboración. Los resultados de esa investigación muestran cómo funciona una gobernanza colaborativa de varias capas en el nivel de políticas, el nivel organizacional y el nivel operativo.

Según Isuani (2012), la ausencia de una amplia participación social en la política del agua se relaciona con la existencia de un esquema de formulación e implementación de políticas públicas claramente estado-céntricas. En este sentido, resulta necesario revitalizar la discusión en torno a las formas de administración y de gobierno que mejor garanticen el bienestar colectivo, así como una decidida revalorización de lo público y de la participación social.

De igual modo, los retrasos en el desarrollo de una legislación vital para la implementación práctica de una gobernanza integrada, inclusiva y participativa sugieren una falta de compromiso político que hasta ahora ha obstaculizado la traducción de los cambios en el debate político en cambios políticos reales (Breuer, A. & Spring, O. 2020).

3.4. Recomendaciones para lograr una gestión integrada de las cuencas hidrográficas

La investigación y el manejo futuro de las cuencas hidrográficas deberá tener en cuenta varios factores. Primero, se deberá considerar el empleo de los avances tecnológicos y enfoques holísticos e interdisciplinarios para garantizar que las cuencas hidrográficas sigan cumpliendo sus funciones ecológicas, sociales y económicas (Wang *et al.*, 2016). Igualmente, es de vital importancia incorporar en el análisis los impactos del hombre y las comunidades, como principales beneficiarios y depredadores de las cuencas, quienes a través de buenas prácticas de gobernanza son responsables del manejo adecuado para su conservación y explotación de los servicios ecosistémicos que ofrecen las mismas.

En tal sentido, será importante revitalizar la discusión en torno a las formas de administración y de gobierno que mejor garanticen el bienestar colectivo, así como una decidida revalorización de lo público y de la participación social (Isuani, 2012). Es importante tener en cuenta la relación entre la pobreza y la desatención social con el cuidado de las cuencas, no sólo por su valor humano, sino por el impacto que tiene en su relación con el medio ambiente, pues al no garantizar a un sector importante de la población las condiciones adecuadas de vida e higiene, los asentamientos desordenados alrededor de las cuencas se convierten en un foco contaminante importante, que va desde la deforestación, el uso inadecuado de la tierra hasta la contaminación de suelos y agua. A lo anterior, hay que sumar la violación de las normas establecidas y de la legalidad.

Basándonos en la literatura analizada y de las experiencias propias de los autores, se hacen las siguientes recomendaciones:

- Desarrollar e implementar una estrategia para la zonificación territorial en ecorregiones locales, que permita conocer las relaciones entre los ecosistemas y las comunidades, que conforman el territorio, además de comprender como estos están relacionados con la problemática ambiental.
- Incorporar el conocimiento agroecológico tradicional de las comunidades ribereñas al conjunto de conocimientos, prácticas, creencias, instituciones y visiones del mundo sobre las relaciones entre una sociedad o grupo cultural y sus agroecosistemas.
- Evaluar el impacto del cambio climático sobre el recurso hídrico y el uso de la tierra para repensar las políticas de desarrollo local y de compromiso de ponderar la preservación de los servicios ecosistémicos como parte del bienestar que brindan las cuencas hidrográficas.
- El desarrollo, implementación y mejora de sistemas de gestión integrada de la cuenca, que hagan partícipe a la gente en la planificación de los ecosistemas naturales e incorporen nuevas reflexiones para entender las incertidumbres de los socio-ecosistemas y los desafíos de gobernanza desde el ámbito de su crecimiento potencial y sus múltiples enfoques de gestión de bien común (Rubio & Salazar, 2019).

- Evaluar el impacto económico, social y ambiental de la relación hombre-cuenca como base diagnóstica para la creación e implementación de los programas integrales de desarrollo de cuencas hidrográficas.
- Integrar y reconocer el papel de la mujer en toda actividad ligada al desarrollo y protección de las cuencas, con una mayor participación en todas las tareas sociales, proyectos y en los órganos de gobierno.
- Estudiar el uso de la tierra y la explotación racional de los recursos naturales asociados a las cuencas, que permita un desarrollo sostenible en favor de las comunidades velando por el equilibrio entre el uso de recursos, los servicios ecosistémicos y la protección de las cuencas hidrográficas.
- Establecer un marco regulatorio y legal apropiados, que garanticen la protección y el uso seguro del agua y los recursos que brindan las cuencas, así como la vigilancia del cumplimiento de las normativas ya establecidas.
- Aplicar un marco de meta-acoplamiento a otras cuencas hidrográficas transfronterizas y la exploración de efectos indirectos y externalidades dentro de esta y otras cuencas hidrográficas transfronterizas.

4. Conclusiones

El enfoque de la gestión integrada de cuencas hidrográficas es una necesidad creciente y compleja con múltiples desafíos pendientes. Este enfoque implica mirar la cuenca con una visión global que integra los servicios ecosistémicos y los diferentes sectores con el objetivo de alcanzar la sostenibilidad del recurso hídrico y de otros recursos naturales o servicios ecosistémicos asociados. Una cuenca hidrográfica es un ecosistema dinámico y con características ecológicas y ambientales muy particulares en el que la educación de la comunidad, los aspectos financieros, el impacto del cambio climático, la investigación y la voluntad política para la toma de decisiones son factores muy influyentes para el desarrollo sostenible y las buenas prácticas de gobernanza en cada región. La mayoría de los estudios analizados sobre los impactos del cambio climático aseguran que el sector agua sería el más afectado.

La gobernanza de la cuenca, desde el ámbito de la participación social, implica un proceso complejo de concertación sectorial donde se ponderan los intereses de las partes interesadas, siendo importante la experimentación y la investigación de los diferentes aspectos que generan externalidades. De esta manera, el modelo de gestión integrada que sugerido, debe tener en cuenta la planificación de las políticas públicas y dependerá de los resultados que arrojen esas consultas y no de la mera articulación de los involucrados.

De igual modo, para que se logre la gestión integrada y efectiva de las cuencas se deberá tener en cuenta, en primer lugar, las prioridades sociales; la relación del hombre y las comunidades con la cuenca y el uso racional de sus recursos, especialmente el agua; los servicios ecosistémicos, propiciando el equilibrio biológico del paisaje; y un modelo que genere bienestar de los usuarios y garantice la conservación del recurso hídrico.

Agradecimientos

Este trabajo se efectuó en el marco del programa doctoral de Medio Ambiente del INTEC.

Referencias

- Aben, Charles, John James Okiror, Jacob Godfrey Agea, y Esbern Friis Hansen. 2018. "Influence of Political Interests on Management of Resource Access in Awoja Watershed". *International Journal of Environmental Protection and Policy* 6 (5): 85-96. <https://doi.org/10.11648/j.ijepp.20180605.11>.
- Aguilar, Francisco Xavier, Elizabeth Asantewaa Obeng, y Zhen Cai. 2018. "Water Quality Improvements Elicit Consistent Willingness-to-Pay for the Enhancement of Forested Watershed Ecosystem Services". *Ecosystem Services* 30: 158-171. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.02.012>.
- Aguirre Núñez, Mario. 2011. "La Cuenca Hidrográfica en la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos". *Revista Virtual REDESMA* 5 (1): 10-20.

- Alarcón-Hincapié, Juan, Carlos Zafra-Mejía, Lena Echeverri-Prieto. 2019. "Cambio climático y recursos hídricos en Colombia". *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica* 22(2): 1-10. <https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n2.2019.1368>
- Arellano-Monterrosas, José Luis, y Laura Elene Ruiz-Meza. 2019. "Variabilidad Climática y Eventos Extremos en la Cuenca Del Río Zanatenco, Chiapas". *Tecnología y Ciencias del Agua*, 10 (3): 249-274. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2019-03-10>
- Balza, Elianny, María Zapata, Milagros Jiménez-Noda, Lisbeth Manganiello, Cristóbal Vega, Rosalyn Cova, y Jesús Moreno. 2019. "Nota de la Calidad y el Caudal de Aguas de una Subcuenca Hidrográfica Ubicada en un Parque Nacional". *Revista Ingeniería UC* 26 (1): 105-118.
- Behmel, Sonja, Mathieu Damour, Ralf Ludwig, y M. J. Rodriguez. 2018. "Participative Approach to Elicit Water Quality Monitoring Needs from Stakeholder Groups—An Application of Integrated Watershed Management". *Journal of Environmental Management* 218: 540-554. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.04.076>.
- Benegas, Laura, Francisco Jiménez Otárola, Jorge Faustino, e Ingo Gentes. 2008. "Experiencias y Desafíos para la Cogestión de Cuencas Hidrográficas en América Latina: Conclusiones del Seminario Internacional." *Recursos Naturales y Ambiente* 55: 129-133.
- Breuer, A., y U. Oswald Spring. 2020. "¿La Agenda 2030 como evento de establecimiento de agenda para la gobernanza del agua? Evidencia de la cuenca del río Cuautla en Morelos y México." *Agua* 12 (2): 314.
- Bremer, Leah L., Kate A Brauman, Sara Nelson, Kelly Meza Prado, Eric Wilburn, y Ana Carolina O Fiorini. 2018. "Relational Values in Evaluations of Upstream Social Outcomes of Watershed Payment for Ecosystem Services: A Review". *Current Opinion in Environmental Sustainability* 35: 116-123. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.10.024>.
- Bremer, Leah L., Perrine Hamel, Alexandra G. Ponette-González, Patricia V. Pompeu, Sandra I. Saad, y Kate A. Brauman. 2020. "Who Are We Measuring and Modeling for? Supporting Multilevel Deci-

- sion-Making in Watershed Management”. *Water Resources Research* 56(1): e2019WR026011. <https://doi.org/10.1029/2019WR026011>
- Brown, Melanie G., y John E. Quinn. 2018. “Zoning does not Improve the Availability of Ecosystem Services in Urban Watersheds. A Case Study from Upstate South Carolina, USA”. *Ecosystem Services* 34: 254-265. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.04.009>
- Burstein-Roda, Tania. 2018. “Reflexiones sobre la gestión de los recursos hídricos y la salud pública en el Perú”. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública* 35: 297-303. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3641>.
- Bustamante, M., Gavito, M. E., Jiménez, A., Loboguerrero Rodriguez, A. M., Pérez, C., Torres, I., ... & Vidal-Abarca, M. R. (2020). Ecosistemas terrestres y acuáticos continentales. Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países iberoamericanos—Informe RIOCCADAPT.
- Castro, Antonio J., Caryn C. Vaughn, Marina García-Llorente, Jason P. Julian, y Carla L. Atkinson. 2016. “Willingness to Pay for Ecosystem Services Among Stakeholder Groups in a South-Central US Watershed with Regional Conflict”. *Journal of Water Resources Planning and Management* 142(9): 05016006. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0000671](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000671).
- Cervantes Zavala, Ronal, Laura Benegas, Francisco Jiménez Otárola, y Jorge Faustino Manco. 2009. “Principios y Criterios para la Cogestión de Cuencas Hidrográficas en América Tropical”. *Recursos Naturales y Ambiente (CATIE)* 56-57: 59-65.
- Chaudhari, Vrishali R., y Arabinda Mishra. 2016. “Multilevel Policy Responses to Mainstream Climate Adaptation through Watershed Development in Rainfed Farming Systems of India”. *Climate and Development* 8(4): 324-335. <https://doi.org/10.1080/17565529.2015.1064808>.
- Chen, Dengshuai, Jing Li, Zixiang Zhou, Yan Liu, Ting Li, y Jingya Liu. 2018. “Simulating and Mapping the Spatial and Seasonal Effects of Future Climate and Land-Use Changes on Ecosystem Services in the Yanhe Watershed, China”. *Environmental Science and Pollution Research* 25(2): 1115-1131. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0499-8>.

- Cosens, Barbara A., y Mark K. Williams. 2012. "Resilience and Water Governance: Adaptive Governance in the Columbia River Basin". *Ecology and Societ*, 17(4): 1-14. <https://doi.org/10.5751/ES-04986-170403>.
- Da Costa Leite, Olavo, Saulo De Oliveira Lima, Lawrence N. De Oliveira, Rodrigo J. Da Silva, Gilson A. De Freitas, Osvaldo J. F. Júnior, y Allan D. P. Da Silva. 2019. "Morphometric Characterization of Part of Muricizal River Watershed-Tocantins, Brazil". *Agri-Environmental Sciences* 5: E019004. <https://doi.org/10.36725/agries.v5i0.1184>
- Dhiaulhaq, Ahmad, Kanchana Wiset, Rawee Thaworn, Seth Kane, y David Gritten. 2017. "Forest, Water and People: The Roles and Limits of Mediation in Transforming Watershed Conflict in Northern Thailand". *Forest and Society* 1: 121-136.
- Duy Campoverde, I. A. 2023. Modelo de calidad y rareza de hábitat de cuatro cuencas hídricas de los altos andes del macizo del Cajas para la valoración de sus servicios ecosistémicos. Tesis de Ingeniero Ambiental. Universidad Católica de Cuenca, Ecuador.
- Fan, Min, Hideaki Shibata, y Qing Wang. 2016. "Optimal Conservation Planning of Multiple Hydrological Ecosystem Services Under Land Use and Climate Changes in Teshio River Watershed, Northernmost of Japan". *Ecological Indicators* 62: 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.10.064>.
- Fu, Yicheng, Jian Zhang, Chunling Zhang, Wenbin Zang, Wenxian Guo, Zhan Qian, Laisheng Liu, Jinyong Zhao, y Jian Feng. 2018. "Payments for Ecosystem Services for Watershed Water Resource Allocations". *Journal of Hydrology* 556: 689-700. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.11.051>.
- Giri, S. (2021). Water quality prospective in Twenty First Century: Status of water quality in major river basins, contemporary strategies and impediments: A review. *Environmental Pollution*, 271, 116332. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116332>.
- GWP «GWP 2015 Annual Report». Comité de Consejo Técnico (TAC) de la Asociación Mundial para el Agua (GWP), ISBN: 978-91-87823-27-5, Estocolmo, Suecia. (2016).

- Guevara Gutiérrez, Rubén D., José L. Olguín López, Oscar R. Mancilla Villa, y Oscar A. Barreto García. 2019. "Análisis Morfométrico de la Cuenca Hidrográfica del Río Ayuquila, Jalisco-México". *Geofocus: Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica* 24: 141-158. <https://doi.org/10.21138/GF.622>.
- Grafton, Quentin, Dustin Garrick, Ana Manero, y Thang N. Do. 2019. "The Water Governance Reform Framework: Overview and Applications to Australia, Mexico, Tanzania, USA and Vietnam". *Water* 11(1): 137. doi:10.3390/w11010137.
- Harifidy, R. Z., & Hiroshi, I. (2022). Analysis of River Basin Management in Madagascar and Lessons Learned from Japan. *Water*, 14(3), 449. <https://doi.org/10.3390/w14030449>.
- He, C., & James, L. A. (2021). Watershed science: Linking hydrological science with sustainable management of river basins. *Science China Earth Sciences*, 64(5), 677-690. <https://doi.org/10.1007/s11430-020-9723-4>.
- Hernández, Miguel. 2019. "Movimiento de Redención Ecológica de la Cuenca del Río Piracicaba: Una Experiencia de Acción Colectiva". *Cadernos Metrópole* 21(46): 903-928. <https://doi.org/10.1590/2236-9996.2019-4610>.
- Hernández-Narváez, Desirée, Alejandra Vega-Cabrera, Anny Zamora-Bornachera, y Paula C. Sierra-Correa. 2019. "Climate Change and Socioeconomic Impacts on the Colombian Coastal and Insular Area". *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR* 48(2): 9-32. doi:10.25268/bimc.invemar.2019.48.2.764.
- Horwitz, Pierre, y Max Finlayson. 2011. "Wetlands as Settings for Human Health: Incorporating Ecosystem Services and Health Impact Assessment into Water Resource Management". *Bioscience* 61(9): 678-688. doi:10.1525/bio.2011.61.9.6.
- Hurlbert, Margot, y Evan Andrews. 2018. "Deliberative Democracy in Canadian Watershed Governance". *Water Alternatives* 11(1): 163-186.
- Imperial, Mark T. 2005. "Using Collaboration as a Governance Strategy. Lessons from Six Watershed Management Programs".

- Administration and Society* 37(3): 281-320. <https://doi.org/10.1177/0095399705276111>
- IPCC. 2019. “Informe Especial del Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático (IPCC).
- Isuani, Fernando J. 2012. “Instrumentos de Políticas Públicas. Factores Claves de las Capacidades Estatales”. *Documentos y Aportes en Administración Pública y Gestión Estatal* 12(19): 51-74.
- Jiménez-Otárola, Francisco y Laura Benegas-Negri. 2019. “Experiencias y contribuciones del CATIE al manejo y gestión de cuencas hidrográficas en América tropical”. *Revista de Ciencias Ambientales* 53(1): 153-170. <https://doi.org/10.15359/rca.53-1.9>
- Jódar-Abellán, Antonio, Víctor Ruiz Álvarez, y Daniel Prats. 2019. “Reflexiones Sobre la Repercusión del Cambio Climático en los Elementos del Balance Hídrico a Escala Global”. En: Melgarejo Moreno, Joaquín (ed.). *Congreso Nacional del Agua Orihuela. Innovación y Sostenibilidad*. Alacant: Universitat d’Alacant, 1361-1374. ISBN 978-84-1302-034-1.
- Johnston, Robyn, y Matti Kummu. 2011. “Water Resource Models in the Mekong Basin: A Review”. *Water Resources Management* 26(2): 429-455. <https://doi.org/10.1007/s11269-011-9925-8>.
- Jose Luis Moreno, Jorge De las Heras, Narcis Prat, y María Rieradevall. 2008. “Evaluación del Estado Trófico de Tres Cuencas Interiores de Cataluña (Foix, Besòs y Llobregat) Mediante la Vegetación Acuática: Aplicación de un Índice Trófico (IVAM-FBL)”. *Limnetica* 27(1): 107-118.
- Junguo, Liu, Hong Yang, Simon N. Gosling, Matti Kummu, Martina Flörke, Stephan Pfister, Naota Hanasaki, Yoshihide Wada, Xinxin Zhang, Chunmiao Zheng, Joseph Alcamo, y Taikan Oki. 2017. “Water Scarcity Assessments in the Past, Present, and Future”. *Earth’s Future* 5(6): 545-559. <https://doi.org/10.1002/2016EF000518>.
- Katusiime, Juliet, y Brigitta Schütt. 2020. “Linking Land Tenure and Integrated Watershed Management—A Review”. *Sustainability* 12(4): 1667. <https://doi.org/10.3390/su12041667>.
- Koundouri, Phoebe, y Bénédicte Rulleau. 2019. “Valuing Water: Selected Applications”. *Water Resources and Economics* 25: 1-1. <https://doi.org/10.1016/j.wre.2018.11.001>.

- Leclerc, Marie-Claude, y Michel Grégoire. 2017. "Implementing Integrated Watershed Management in Quebec: Examples from the Saint John River Watershed Organization". *International Journal of Water Resources Development* 33(3): 489-506. <https://doi.org/10.1080/07900627.2016.1251884>.
- Lee, Khai Ern, Ramli Abdullah, Marlia Mohd Hanafiah, Azhar Abdul Halim, Mazlin Mokhtar, Choo Ta Goh, y Lubna Alam. 2018. "An Integrated Approach for Stakeholder Participation in Watershed Management". En *Environmental Risk Analysis for Asian-Oriented, Risk-Based Watershed Management*. 135-143. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-8090-6>.
- León Ochoa, Ricardo F., Domingo M. Portuguez Maurtua, y Eduardo A. Chávarri Velarde. 2019. "Modelación de la Disponibilidad Hídrica del Río Piura-Perú, Considerando la Incidencia del Cambio Climático". *Revista de Investigaciones Altoandinas* 21(3): 182-193. <https://doi.org/10.18271/ria.2019.476>.
- Li, Xin, Zhang, Ling, Zheng, Yi, Yang, Dawen, Wu, Feng, Tian, Yong, Han, Feng, Gao, Bing, Li, Hongyi, Zhang, Yanlin, Ge, Yingchun, Cheng, Guodong, Fu, Bojie, Xia, Jun, Song, Changqing, Zheng, Chunmiao. 2021. "Novel hybrid coupling of ecohydrology and socioeconomy at river basin scale: A watershed system model for the Heihe River basin". *Environmental Modelling & Software*, 141, 105058. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.105058>.
- Lim, C. H., Wong, H. L., Elfithri, R., & Teo, F. Y. (2022). A review of stakeholder engagement in integrated river basin management. *Water*, 14(19), 2973. <https://doi.org/10.3390/w14192973>.
- Liu, J., Chen, D., Mao, G., Irannezhad, M., & Pokhrel, Y. (2022). Past and future changes in climate and water resources in the Lancang-mekong River Basin: Current understanding and future research directions. *Engineering*, 13, 144-152. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2021.06.026>.
- Luo, Ying, Yihe Lu, Bojie Fu, Qiuju Zhang, Ting Li, Weiyin Hu, y Alexis Comber. 2019. "Half Century Change of Interactions Among Ecosystem Services Driven by Ecological Restoration: Quantification and Policy Implications at a Watershed Scale in The Chinese

- Loess Plateau”. *Science of the Total Environment* 651: 2546-2557. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.116>.
- Magnuszewski, Piotr, Karolina Królikowska, Anna Koch, Michal Paja, Craig Allen, Victoria Chraibi, Anil Giri, Danielle Haak, Noelle Hart, Michelle Hellman, Donald Pan, Nathan Rossman, Jan Sendzimir, Maggi Sliwinski, Joanna Stefanska, Tharsi Taillieu, Denise MarieWeide, y Ilonka Zlatar. 2018. “Exploring the Role of Relational Practices in Water Governance Using a Game-Based Approach”. *Water* 10(3): 346. <https://doi.org/10.3390/w10030346>.
- Martínez Valdés, Yaset, y Víctor Michel Villalejo García. 2018. “La Gestión Integrada de los Recursos Hídricos: Una Necesidad de Estos Tiempos”. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental* 39(1): 58-72.
- Mika, Melissa L., Randel L. Dymond, Marcus F. Aguilar, Clayton C. Hodges. 2019. “Evolution and Application of Urban Watershed Management Planning”. *Journal of the American Water Resources Association* 55(5): 1216-1234. <https://doi.org/10.1111/1752-1688.12765>.
- Mohan, D. 2020. “Need for Efficient Watershed Management Towards Development of Agriculture”. *Our Heritage* 68(30): 4479-4483.
- Noyes, PD, McElwee, MK, Miller, HD, Clark, BW, Van Tiem, LA, Walcott, KC, ... y Levin, ED (2009). La toxicología del cambio climático: contaminantes ambientales en un mundo en calentamiento. *Medio ambiente internacional*, 35 (6), 971-986.
- Onencan, Abby Muricho, Bert Enserink, y Bartel Van de Walle. 2019. “Sustainability Indicators: Monitoring Cross-County Water Cooperation in the Nzoia River Basin, Kenya”. *Sustainability* 11(3), 560. <https://doi.org/10.3390/su11030560>.
- ONU Medio Ambiente (2018). Progreso sobre gestión integrada de recursos hídricos. Referencia global para el indicador ODS 6 6.5.1: Grado de aplicación de la ordenación integrada de los recursos hídricos (0-100).
- Ochoa-Tocachi, Boris F., Wouter Buytaert, Javier Antiporta, Luis Acosta, Juan D. Bardales, Rolando Célleri, Patricio Crespo, Paola Fuentes, Junior Gil-Ríos, Mario Gualpa, Carlos Llerena, Dimas Olaya, Pablo Pardo, Gerver Rojas, Marcos Villacís, Mauricio Villazón,

- Paúl Viñas, y Bert De Bièvre. 2018. "High-Resolution Hydro-meteorological Data from a Network of Headwater Catchments in the Tropical Andes". *Scientific Data*, 5: 180080. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.80>.
- Ovando, Paola, y Roy Brouwer. 2019. "A Review of Economic Approaches Modeling the Complex Interactions between Forest Management and Watershed Services". *Forest Policy and Economics*, 100: 164-176. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2018.12.007>.
- Palmer, Margaret A., Catherine A. Reidy Liermann, Christer Nilsson, Martina Flörke, Joseph Alcamo, Sam Lake, y Nick Bond. 2008. "Climate Change and the World's River Basins: Anticipating Management Options". *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6(2): 81-89. <https://doi.org/10.1890/060148>.
- Pambudi, Andi Setyo. 2019. "Watershed Management in Indonesia: A Regulation, Institution, and Policy Review". *The Indonesian Journal of Development Planning*, 3(2): 185-202.
- Paredes-Vilca, Oscar. 2019. "Pago por Servicios Ecosistémicos de los Recursos Hídricos y su Valoración Económica". *Manglar*, 16(1): 71-79.
- Peña, Yussy Arteta, Mayra Rosario Moreno Pino, y Ingrid Steffanell De León. 2015. "La Gestión Ambiental de la Cuenca del Río Magdalena desde un Enfoque Socialmente Responsable". *Amauta* 13(26): 193-218.
- Procter, Amanda, Tim Mcdaniels, y Raffaele Vignola. 2017. "Using Expert Judgments to Inform Economic Evaluation of Ecosystem-Based Adaptation Decisions: Watershed Management for Enhancing Water Supply for Tegucigalpa, Honduras". *Environment Systems and Decisions* 37(4): 410-422. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.1999.tb00399.x>.
- Rico Amorós, Antonio M., y María Hernández Hernández. 2008. "Ordenación del Territorio, Escasez de Recursos Hídricos, Competencia de Usos e Intensificación de las Demandas Urbano-Turísticas en la Comunidad Valenciana". *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, (51): 79-109.

- Roestamy, M., & Fulazzaky, M. A. (2021). A review of the water resources management for the Brantas River basin: challenges in the transition to an integrated water resources management. *Environment, Development and Sustainability*, 1-16. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01933-9>.
- Roni, Phil, Karrie Hanson, y Tim Beechie. 2008. "Global Review of the Physical and Biological Effectiveness of Stream Habitat Rehabilitation Techniques". *North American Journal of Fisheries Management* 28(3), 856-890. <https://doi.org/10.1577/M06-169.1>.
- Rojas-Garzón, Laura J., y Víctor L. López Jiménez. 2017. "Vulnerabilidad Hídrica de la Cuenca del Río Blanco, en el Municipio de la Calera, Considerando los Escenarios de Cambio Climático Propuestos por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca-Car". *Publicaciones e Investigación* 11(1): 77-88.
- Rubio, Alejandro Echeverri, y Jaime Andrés Vieira Salazar. 2019. "Tendencias en la Investigación Sobre Gobernanza de Socio-Ecosistemas: Caminos para Nuevas Investigaciones". *Lúmina* (20): 76-100. <https://doi.org/10.30554/lumina.20.2717.2019>
- Salimi, Jalil, Reza Maknoon, y Sander Meijerink. 2019. "Designing Institutions for Watershed Management: A Case Study of the Urmia Lake Restoration National Committee". *Water Alternatives* 12(2): 609-635.
- Sani, Rasio Ridho, Eko Prasajo, y Andreo Wahyudi Atmoko. 2019. "A Model of Multi-Layered Collaborative Governance for the Management and Restoration of The Ciliwung Watershed Ecosystems". *Pertanika Journal of Social Sciences and Humanities* 27(1): 217-239.
- Santos, César Alcácer. 2019. "Paradigmas de la Gestión Integrada del Agua (I): Una Crítica Evolutiva a la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH)". *Revista Científica ECOCIENCIA*, 6(2): 1-21.
- Schweizer, Daniella. 2017. "Stakeholder Perceptions on Governance for the Protection and Increase of Forest Cover in the Panama Canal Watershed". *World Development Perspectives* 6: 11-13. <https://doi.org/10.1016/j.wdp.2017.03.005>.

- Shifflett, Shawn Dayson, y Joseph Schubauer-Berigan. 2019. "Assessing the Risk of Utilizing Tidal Coastal Wetlands for Wastewater Management". *Journal of Environmental Management* 236: 269-279. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.12.082>.
- Simms, Rosie Leila Harris, Nadia Joe, y Karen Bakker. 2016. "Navigating the Tensions in Collaborative Watershed Governance: Water Governance and Indigenous Communities in British Columbia, Canada". *Geoforum* 73: 6-16. <https://doi.org/10.14288/1.0340930>.
- Sulistyaningsih, T., Nurmandi, A., Salahudin, S., Roziqin, A., Kamil, M., Sihidi, I. T., & Loilatu, M. J. (2021). Public policy analysis on watershed governance in Indonesia. *Sustainability*, 13(12), 6615. <https://doi.org/10.3390/su13126615>.
- Tang, X., & Adesina, J. A. (2022). Integrated watershed management framework and groundwater resources in Africa—a review of west Africa sub-region. *Water*, 14(3), 288. <https://doi.org/10.3390/w14030288>.
- Tola, S. Y., & Shetty, A. (2021). Land cover change and its implication to hydrological regimes and soil erosion in Awash River basin, Ethiopia: a systematic review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193, 1-19. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09599-6>.
- UNESCO, ONU-Agua, 2020: Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020: Agua y Cambio Climático, *París, UNESCO*
- UN-WWAP. 2015. The United National World Water Development Report.
- Vargas, Victor, Noelia Carrasco, y Camila Vargas. 2019. "Local Participation in Forest Watershed Management: Design and Analysis of Experiences in Water Supply Micro-Basins with Forest Plantations in South Central Chile". *Forests* 10(7): 580. doi:10.3390/f10070580.
- Villada-Canela, Mariana, Nain Martínez-Segura, Luis Walter Daesslé, Leopoldo Mendoza-Espinosa. 2019. "Fundamentals, Obstacles and Challenges of Public Participation in Water Management in Mexico/Fundamentos, Obstáculos y Retos de la Participación

- Pública en la Gestión del Agua en México”. *Tecnología y Ciencias del Agua* 10(3): 12-46. doi: 10.24850/j-tyca-2019-03-02.
- Wang, Guangyu, Shari Mang, Haisheng Cai, Shirong Liu, Zhiqiang Zhang, Ligu Wang, y John L. Innes. 2016. “Integrated Watershed Management: Evolution, Development and Emerging Trends”. *Journal of Forestry Research* 27(5): 967-994. <https://doi.org/10.1007/s11676-016-0293-3>.
- Wangai, Peter Waweru, Benjamin Burkhard, y Felix Müller. 2016. “A Review of Studies on Ecosystem Services in Africa”. *International Journal of Sustainable Built Environment* 5(2): 225-245. <https://doi.org/10.1016/j.ijsbe.2016.08.005>.
- Zy Harifidy, R., Zy Misa Harivelo, R., Hiroshi, I., Jun, M., & Kazuyoshi, S. (2022). A Systematic Review of Water Resources Assessment at a Large River Basin Scale: Case of the Major River Basins in Madagascar. *Sustainability*, 14(19), 12237. <https://doi.org/10.3390/su141912237>.