



BRIDGE

AGUAS COMPARTIDAS

Enfoques y herramientas para
una mejor gestión del agua





AGUAS COMPARTIDAS

Enfoques y herramientas para
una mejor gestión del agua

2018

La presentación del material de esta publicación y las denominaciones empleadas para las entidades geográficas no implican en absoluto la expresión de una opinión por parte de la UICN o de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación sobre la situación jurídica de un país, territorio o zona, o de sus autoridades, o acerca de la demarcación de sus límites o fronteras.

Los puntos de vista que se expresan en esta publicación no reflejan necesariamente los de la UICN o de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación.

Esta publicación se desarrolla en el marco del proyecto Construyendo Diálogos para la Buena Gobernanza del Agua –BRIDGE-; es financiado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación e implementado por UICN.

Preparado por: **UICN Sur, Quito-Ecuador**

Derechos reservados:

© 2018 Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales

Se autoriza la reproducción de esta publicación con fines educativos y otros fines no comerciales, sin permiso escrito previo de parte de quien detenta los derechos de autor, siempre que se mencione la fuente.

Se prohíbe reproducir esta publicación para la venta o para otros fines comerciales sin permiso escrito previo de quien detenta los derechos de autor.

Citación: UICN Sur, (2018). Aguas Compartidas, enfoques y herramientas para una mejor gestión del agua. UICN, Quito, Ecuador.

Autores: **Emilio Cobo, Robert Yaguache, María Laura Piñeiros, Martín Calisto, Rafael Gay de Montella.**

Corrección de textos: **María del Pilar Cobo**

Diseño y diagramación por: **Ana María Arroyo**

Con el auspicio de:

Disponible en: **Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza** www.iucn.org/sur

Av. República de El Salvador N34-127 y Suiza. Edificio Murano Plaza, piso 12, 170515

Quito, Ecuador. Telf. (593 2) 3330 684

www.iucn.org/sur
www.portarices.org
Twitter: @UICN_SUR
samerica@iucn.org



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

**Agencia Suiza para el Desarrollo
y la Cooperación COSUDE**

CONTENIDOS

PRESENTACIÓN	11
INTRODUCCIÓN	13
Las cuencas hidrográficas como unidades de análisis	13
La participación social como un principio	14
El rol de los ecosistemas	15
El agua subterránea	15
La calidad del agua	16
Los recursos son compartidos	16
La aplicación del enfoque de Gestión Integrada de Recursos Hídricos	16
SECCIÓN 1. La integralidad en la gestión del agua	19
1. Gobernanza efectiva del agua	21
1.1 Gobernanza	21
1.2. Participación pública efectiva	23
Para más información revisar	25
2. Enfoque Ecosistémico para la gestión del agua	26
2.1 Enfoque Ecosistémico	26
2.2 Ecosistemas y regulación hídrica	27
2.3 Soluciones basadas en la naturaleza	30
Para más información revisar	34
3. Aguas subterráneas	35
3.1 Cómo entender los sistemas de acuíferos	37
3.2 Gobernanza efectiva de aguas subterráneas	37
Para más información revisar	40

4. La calidad del agua	41
Para más información revisar	43
5. Cooperación y distribución de beneficios	44
5.1 Cuencas hidrográficas transfronterizas	44
5.2 La cooperación y el Derecho Internacional de Aguas	46
5.3 La Convención de 1997	48
5.4 Distribución de beneficios	49
5.4.1 ¿Qué es la distribución de beneficios?	49
5.4.2 Escalas de cooperación y la multiplicación de beneficios	51
5.4.3 Cuencas compartidas entre dos o más países	52
Para más información revisar	52
SECCIÓN 2. Ejemplos de aplicación	55
6. Acuerdos para la gestión	57
6.1 Procesos de negociación	57
6.2 Instrumentos de gestión	57
6.3 Articulación interinstitucional y alineación de incentivos	58
6.4 Gestión de información, monitoreo y evaluación	58
7. Los acuerdos de conservación para la protección de servicios ecosistémicos	59
8. Ecosistemas proveedores de agua	62
9. Priorización de áreas y acciones para la protección de servicios ecosistémicos hidrológicos	64
9.1 Priorización de territorios	65
9.2 Priorización de prácticas y acciones	66
9.3 Articulación institucional y de incentivos	67

9.4 Ejemplo de aplicación	67
10. El manejo de plantaciones forestales en cuencas	71
11. Gestión de acuíferos	73
12. Calidad del agua y gestión de aguas residuales	76
12.1 La planificación del agua potable: su aprovisionamiento, tratamiento y gestión	76
12.1.1 Identificación de las fuentes de aprovisionamiento del agua potable	76
12.1.2 Consideraciones del caudal extraíble de agua bruta	76
12.1.3 Emplazamiento de la planta potabilizadora (PAP)	76
12.1.4 Tecnología de las PAP	76
12.1.5 Gestión de PAP	77
12.1.6 Línea de distribución	77
12.2 La planificación del tratamiento de aguas residuales	77
12.2.1 Establecimiento de las características del agua residual presente y futura	77
12.2.2 Caudales a tratar	78
12.2.3 Red de recolección de aguas residuales	78
12.2.4 Emplazamiento de la PTAR	79
12.2.5 Características tecnológicas mínimas de las PTAR	79
12.2.6 Gestión operativa de una PTAR	82
12.2.7 Gestión del agua tratada	82
12.2.8 Gestión de sólidos	84
12.2.9 Contaminación industrial y emergente	83
12.2.10 Procesos de desinfección	84
12.2.11 Mejoramiento de infraestructura existente	84

13. La metodología de la distribución de beneficios (DdB)	85
13.1 Fase 1: Diagnóstico participativo	85
13.1.1 Identificación de actores	85
13.1.2 Identificación de beneficios y costos	86
13.2 Fase 2: construcción democrática	88
13.2.1 Escenarios de distribución de beneficios	88
13.2.2 Arreglo institucional para la DdB	88
13.3 Reflexiones sobre la DdB	88
Bibliografía	90

Elementos importantes en esta guía

Encontrarás los siguientes elementos para facilitar la comprensión:



Conceptos claves

Que permitan tener claridad respecto de la terminología utilizada en el documento.



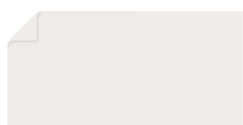
Ideas principales

Donde se resaltan las ideas más importantes.



Principios

Que son la base para la gestión del agua.



Definiciones e información adicional

Que faciliten la comprensión y el aprendizaje de la metodología propuesta en esta publicación.

PRESENTACIÓN

La calidad de vida de la población depende, en gran medida, de la calidad del ambiente que la rodea. En particular, el agua es un elemento esencial para el bienestar humano y la estabilidad de los ecosistemas. Con la proyección de un incremento de la población mundial a 9 mil millones de habitantes para el año 2050, se estima un aumento del 55 % en la demanda de agua, 60 % en la demanda de alimentos y un 80 % en la demanda de energía; esto generará una enorme presión sobre los sistemas hídricos naturales. Estas crecientes demandas sobre el recurso constituyen una preocupante realidad en el planeta y encontrar soluciones más efectivas e inclusivas para su gestión y protección requerirá el compromiso de todos.

A pesar de ser considerada un elemento abundante en el planeta, la distribución del agua, en el tiempo y en el espacio, no es homogénea. Por lo general, hay demasiada agua o es muy escasa. Muchas veces está contaminada o acceder a ella implica altos costos. En varios casos es un recurso distribuido entre diversos grupos de interés o entre países que comparten una misma cuenca hidrográfica, lo cual implica un reto adicional para su gestión.

Los procesos de desarrollo económico y demográfico en la región están transformando aceleradamente los ecosistemas que regulan la provisión de agua, generan un serio desbalance en su disponibilidad y comprometen el bienestar de las generaciones futuras. Otro desafío son los cambios globales que afectan a la situación hídrica mundial. Esto no solo es resultado del crecimiento poblacional, de los procesos de migración rural-urbana o de los cambios en el uso de suelos. El cambio climático es una seria amenaza para los sistemas hídricos; demandará mejores mecanismos de protección, ahorro y gobernanza para fortalecer nuestra capacidad de adaptación y satisfacer las necesidades humanas y de los ecosistemas.

Fortalecer los mecanismos de gobernanza del agua será determinante para el futuro de la humanidad y un eje estratégico para alcanzar la sostenibilidad de nuestras economías. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible plantean una línea de acción específica

relacionada con los recursos hídricos (Objetivo 6). Con el agua como eje central del desarrollo sostenible, existe un amplio consenso sobre el hecho de que la provisión de infraestructura y servicios de agua potable y saneamiento resulta insuficiente si no está acompañada de un enfoque integral y ecosistémico, orientado al desarrollo de estrategias, conocimientos y capacidades institucionales, comunitarias y empresariales que permitan promover usos sostenibles del agua como recurso y como servicio.

Esta publicación realiza un repaso introductorio sobre algunos aspectos fundamentales para la gestión del agua bajo un enfoque integral. Está orientada a fortalecer los conocimientos de personas interesadas que trabajan en áreas afines a la gestión del agua o de cuencas hidrográficas y no cuentan con una formación específica en el tema. El contenido de la publicación fue desarrollado para acompañar procesos de capacitación con actores locales, particularmente en cuencas transfronterizas de América del Sur, promovidos por la iniciativa BRIDGE (Construyendo Diálogos para la Buena Gobernanza del Agua) de la UICN. Al ser un documento de carácter introductorio, no profundiza los temas cubiertos en cada capítulo; sin embargo, se han sugerido varios documentos de referencia a los cuales el lector puede acudir para conocer en más detalle los temas de interés. Vale mencionar que parte del contenido se ha basado en publicaciones previas del Programa Global de Agua de la UICN, principalmente los libros: *Compartir, Normar, Negociar, Caudal y Spring*.

La guía está dividida en dos secciones, la primera plantea una serie de conceptos y principios que se pueden considerar para gestionar de manera integral el agua. La segunda sección presenta ejemplos de aplicación relacionados y que se pueden utilizar para lograr este objetivo.

Esperamos que este documento sea de utilidad a la hora de ampliar sus conocimientos para una gestión más efectiva del agua, considerando a los ecosistemas, la gobernanza y la distribución equitativa de beneficios como ejes para el desarrollo sostenible en una cuenca hidrográfica.

Emilio Cobo
Oficial del Programa Agua y Ecosistemas
UICN-SUR

INTRODUCCIÓN

Esta guía tiene por objetivo presentar un conjunto de enfoques y herramientas que promueven una gestión más eficiente del agua. Busca fortalecer los conocimientos de las personas que trabajan en temas afines al manejo de cuencas hidrográficas. Si bien no profundiza en sus argumentos, pretende ser una primera mirada que motive la propia investigación y aplicación en terreno, de manera que la adquisición del conocimiento sea práctica y constructivista.

Se inicia por definir la unidad de análisis para una gestión eficiente del agua: una cuenca hidrográfica, para luego ir presentando temas como la gobernanza efectiva, el enfoque ecosistémico, la gestión de aguas subterráneas, la calidad y tratamiento de agua, y la cooperación y distribución de beneficios.

Las cuencas hidrográficas como unidades de análisis

Las cuencas hidrográficas varían en tamaño: pueden ser tan pequeñas como la quebrada de un arroyo o tan grandes que abarquen amplias regiones de un continente, prolongándose varios kilómetros y cubriendo varios países. América del Sur cuenta con tres de las cuencas hidrográficas más grandes del mundo: Amazonas, Orinoco y La Plata, y uno de los acuíferos más importantes del planeta, el Guaraní.

Esto sucede porque una cuenca no abarca solo un río, sino todos los afluentes que se conectan con otros cuerpos de agua (mayores o menores) y forman sistemas hídricos (cuencas y microcuencas). Además, la cuenca debe entenderse de forma tridimensional, ya que no solo se refiere a la superficie sino también a los procesos subterráneos y a las interacciones entre el agua superficial y los complejos subsistemas de acuíferos.

La “línea” que delimita las cuencas hidrográficas contiguas y las diferencia entre sí recibe el nombre de “divisoria de aguas”. Está compuesta por una serie de formaciones geológicas de suficiente elevación como para impedir que las aguas de una cuenca hidrográfica se unan a las de la otra. Cimas de montañas y colinas son formaciones típicas que pueden separar las aguas.



Cuenca hidrográfica

Una cuenca hidrográfica es un área de terreno que drena agua hacia un punto común, como un río, un estuario, un lago o el mar.

Varias herramientas de planificación consideran a la cuenca hidrográfica como la unidad territorial más adecuada para el análisis, ya que puede entenderse como un sistema socioecológico. Es decir, un sistema complejo, adaptable e integrado por subsistemas en donde los humanos son parte de la cuenca. Un sistema socioecológico consiste en una unidad “bio-geo-física” junto con sus actores sociales e instituciones asociados (Glaser, Krause, Ratter y Welp, 2008).

En una cuenca hidrográfica se incluyen e interactúan los siguientes elementos:

- **Ecosistemas terrestres:** bosques, páramos, manglares, pastizales, desiertos, etc.
- **Ecosistemas acuáticos:** ríos, lagos, humedales, estuarios, etc. También es necesario pensar en los sistemas de acuíferos y “aguas subterráneas”.
- **Sistemas socioeconómicos:** tierras agrícolas, centros poblados, complejos industriales, infraestructura hídrica, redes viales, plantaciones forestales, áreas de recreación, mercados y comercio, etc.



La cuenca es más que una cuenca: las interacciones de diferentes procesos ecológicos, socioeconómicos, demográficos y una diversidad de intereses y usos la convierten en un sistema complejo y dinámico.

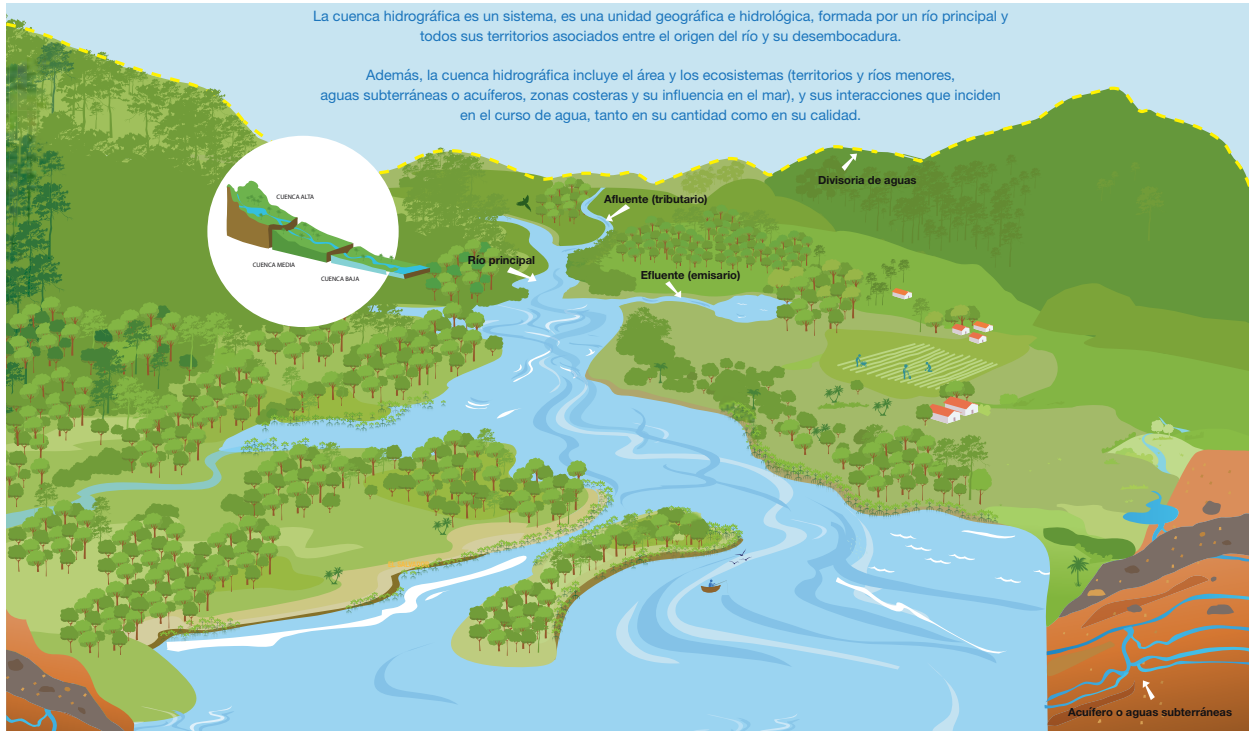


Figura 1: Cuenca hidrográfica

Aclaremos algunas definiciones

Hablando de agua, solemos confundir los siguientes términos, que no deben usarse como sinónimos:

Hídrico. Relativo al agua como elemento de la naturaleza; por ejemplo: recursos hídricos, planificación hídrica.

Hidrológico. Se refiere a las propiedades del agua y a su distribución, o al estudio de los procesos; por ejemplo: ciclo hidrológico, hidrología forestal.

Hidrográfico. Se refiere a la descripción de las aguas; por ejemplo: la hidrografía de un país o región, o la cuenca hidrográfica.

Hidráulico. Relacionado con el equilibrio y el movimiento del agua; por ejemplo, energía hidráulica, bomba hidráulica.

Cuadro 1: Conceptos relacionados con el agua

Las cuencas hidrográficas son unidades biofísicas para el modelamiento hidrológico y herramientas de gobernanza para la toma de decisiones en muchos países (Cohen y Davison, 2011; Del Moral y Do Ó, 2014). En este sentido, el desempeño institucional y las estructuras de gobernanza son agentes de cambio tan importantes como los procesos biofísicos y socioeconómicos (Cabello, et al. 2015).

La participación social como un principio

Durante gran parte del siglo pasado, los profesionales especializados en elaborar planes de cuenca o planes de manejo de agua tuvieron un enfoque “de arriba hacia abajo”, dominados únicamente por profesionales. Este enfoque no permite que los actores interesados se involucren activamente y asume que solo unas pocas instituciones tienen la habilidad, y autoridad, para implementar planes y coordinar el desarrollo de actividades en una cuenca hidrográfica.

En la actualidad, los nuevos enfoques llaman a una menor supervisión, regulación y control centralizado. Los procesos de gestión y planificación del recurso hídrico han fortalecido el involucramiento y la activa participación de los actores interesados, es decir, de aquellos afectados de alguna forma con la gestión de

la tierra y del agua. Los planes de gestión de recursos hídricos ahora se desarrollan “de abajo hacia arriba” y una diversidad de grupos interesados de la sociedad civil, ONG y profesionales de otras agencias de gobierno trabajan en conjunto para el desarrollo de planes, programas y políticas integrales para la gestión del agua.



Una planificación exitosa busca construir una “visión compartida” de metas y prioridades entre los actores involucrados.

Así, una planificación y gestión exitosa implica motivar a todos los potenciales actores y los invita a ser parte del proceso, determina los roles respectivos y establece cómo alcanzar consensos sobre los objetivos y las metas.

Esto debería ocurrir antes de tratar temas potencialmente conflictivos, de tal manera que todos los interesados se conozcan y puedan trabajar en conjunto de forma más efectiva. El nivel de información disponible y el entendimiento de esta por los diversos actores es un aspecto importante. De igual manera, es importante que estos procesos se adscriban a todas las normas y regulaciones establecidas por las autoridades encargadas de la gestión del agua, lo que se conoce como una *buen gobernanza del agua*.



VER CAPÍTULOS 1, 6 Y 7

El rol de los ecosistemas

Los enfoques tradicionales de gestión hídrica tienen un fuerte componente de ingeniería y se inclinan hacia la construcción de infraestructura como diques, embalses, trasvases, u obras de encauzamiento artificial de ríos. Si bien algunas de estas medidas contribuyen a la provisión de agua para diversos usos humanos o a reducir el riesgo de desastres, olvidan el papel fundamental de los ecosistemas en la regulación del ciclo hidrológico y las oportunidades que pueden nacer al complementar las inversiones. Además, estos acercamientos suelen ser reactivos e intentan solucionar problemas en lugar de prevenirlos.



Una combinación entre infraestructura gris e infraestructura natural, que integre mejor las funciones de los ecosistemas, puede generar mayores beneficios que los enfoques de ingeniería tradicionales.

En cambio, una visión que conjugue adecuadamente las soluciones tecnológicas y los servicios que puedan proveer lo ecosistemas bien gestionados ofrece soluciones más costo-eficientes, que maximicen beneficios más allá de la provisión del agua y den una respuesta efectiva a largo plazo a retos como el cambio climático, la seguridad alimentaria y el desarrollo económico; respetando modos de vida tradicionales. El Enfoque Ecosistémico promueve este tipo de integración.



VER CAPÍTULOS 2, 8, 9 Y 10

El agua subterránea

Las aguas subterráneas representan el 96 % del agua dulce no congelada en la Tierra. En Sudamérica, representa el 14 % del total del agua extraída y la gran mayoría se utiliza para irrigación. Sin embargo, ocultos bajo la superficie, los sistemas de acuíferos frecuentemente escapan a los ojos de las actuales políticas y prácticas de manejo de recursos hídricos. Mejorar la gestión de las aguas subterráneas requiere fortalecer nuestro entendimiento sobre estos sistemas, catastrar y regular los derechos de explotación, e integrar a los acuíferos en las políticas de gestión del agua de cada país.



VER CAPÍTULOS 3 Y 11



Es necesario visualizar a la cuenca hidrográfica de forma tridimensional: sus características superficiales, variaciones altitudinales y los sistemas de aguas subterráneas. Las aguas superficiales y subterráneas están conectadas y se requiere una visión integrada para su gestión.

La calidad del agua

El deterioro de la calidad del agua reduce su disponibilidad para seres humanos y ecosistemas. El principal desafío consiste en la regulación de la contaminación difusa que cargan las aguas con compuestos tóxicos y nutrientes en exceso. La aparición de contaminantes emergentes y patógenos resistentes es un nuevo reto para los sistemas de tratamiento. Una adecuada protección de las fuentes ayuda a entregar agua con calidad adecuada para diversos usos, así como una reducción en los costos de tratamiento del agua para consumo humano. Muchas de las alternativas para gestionar mejor el agua incluyen soluciones basadas en la naturaleza.



Un deterioro en la calidad del agua se traduce directamente en impactos negativos sobre la salud humana y de los ecosistemas, la seguridad alimentaria y el crecimiento económico.



VER CAPÍTULOS 4 Y 12

Los recursos son compartidos

Las cuencas hidrográficas, en general, no responden a los límites geopolíticos establecidos. Esto significa que varias localidades, o incluso varias naciones, deberán cooperar de manera activa para manejar adecuadamente los recursos hídricos que comparten. Los principios del Derecho Internacional de Aguas pueden orientar la manera de lograrlo, tomando como ejemplo los trabajos diplomáticos de cooperación implementados en *cuencas transfronterizas*.

Por lo general, cada país o localidad tiene su propia planificación para una cuenca, la cual busca el



Los límites de una cuenca hidrográfica no siempre coinciden con las demarcaciones político-administrativas. Gestionar el agua compartida puede traer consigo una serie de costos y beneficios que se pueden negociar con una visión “ganar-ganar”.

ejercicio de su soberanía y el alcance del mayor beneficio posible para su población. Sin embargo, si las autoridades cooperan entre sí, se puede crear una nueva agenda compartida cuyos beneficios superan las agendas individuales. Esto se logra al gobernar la cuenca como un sistema integrado, que permitirá identificar y compartir los beneficios y los costos actuales y proyectados de forma eficiente, equitativa y sostenible. Mediante una visión de *distribución de beneficios*, se busca la repartición justa, equitativa y razonable de este conjunto, en donde todas las partes son “ganadoras”.



VER CAPÍTULOS 5 Y 13

La aplicación del enfoque de Gestión Integrada de Recursos Hídricos

La respuesta al cambio de visión sobre cómo manejar articuladamente el agua se conoce como Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH). Este concepto se ha desarrollado desde comienzos de los años ochenta como respuesta a las crecientes presiones sobre los recursos hídricos, como el deterioro de la calidad y problemas de escasez.



Gestión Integrada de Recursos Hídricos

La Gestión Integrada de Recursos Hídricos es un proceso que promueve la gestión y el desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas. (GWP & INBO, 2009)

Aunque muchos de sus elementos han estado presentes durante décadas, fue después de la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible en 1992 en Río de Janeiro cuando el concepto fue objeto de debate y se incluyeron sus implicaciones en la práctica (cuadro 2).



Principios para la Gestión Integrada de Recursos Hídricos

La GIRH se basa en **5 principios** definidos en la Conferencia Internacional sobre Agua y Ambiente realizada en Dublín en 1992:

1. El agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente.
2. El aprovechamiento y la gestión del agua deben inspirarse en un enfoque basado en la participación de los usuarios, los planificadores y los responsables de las políticas a todos los niveles.
3. La mujer desempeña un papel fundamental en el abastecimiento, la gestión y la protección del agua.
4. El agua es un bien público y posee un valor económico y social en todos sus diversos usos que compiten entre sí.
5. La gestión integrada de los recursos hídricos se basa en el uso sostenible y la gestión eficaz y equitativa del agua.

Cuadro 2: Principios de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos

La GIRH es un concepto empírico que nace de la propia experiencia en campo de los profesionales. Se puede entender como un proceso sistemático para el desarrollo, concesión y monitoreo de los usos del agua. Se fundamenta en la noción de que los recursos hídricos son limitados y sus usos son interdependientes.

En constante evolución, la GIRH se ha transformado de un modelo basado en la oferta y con un sesgo ingenieril hacia un enfoque basado en la demanda, con una visión multisectorial y participativa. Dentro de cualquier cuenca habrá conflictos inevitables en

relación con las demandas de uso del agua (uso doméstico, riego, protección ambiental, energía hidroeléctrica, actividades recreativas, entre otros), así como problemas de contaminación o del régimen de caudal. Una planificación apropiada y el continuo diálogo entre sectores pueden evitar los conflictos por los diversos usos del agua y maximizar los beneficios en la distribución del recurso.

Un aspecto clave de esta integración es la coordinación entre diversas instituciones, sectores y niveles de gobierno. El enfoque de la integración debe ser vertical (entre distintos niveles de autoridad) y horizontal (entre diferentes instituciones, usuarios del agua y grupos afectados). Un componente clave de la articulación horizontal es reunir a todos los sectores estatales responsables de actividades que tienen un impacto sobre el agua, como economía, planificación, agricultura, transporte y energía, así como a aquellos con responsabilidades sociales o ambientales (salud y ambiente).

En este sentido, las plataformas para el diálogo horizontal y vertical son fundamentales para la gestión de los recursos hídricos. Es necesario analizar formas de viabilizar la participación efectiva de los diferentes actores, pues así se puede alcanzar una adecuada representación de estos para determinar prioridades y planificar las cuencas, requerimiento esencial para alcanzar la integración.

En el caso de las cuencas transfronterizas, los acuerdos preexistentes y los principios de cooperación internacional pueden sentar las bases para el establecimiento de una gestión compartida de las cuencas hidrográficas. Para esto, se crean mecanismos binacionales o multinacionales encargados de la coordinación de planes de acción y facilitación del diálogo e intercambio de información entre países vecinos.



Esta guía hace un esfuerzo por introducir estos temas relacionados con una gestión más eficiente del agua. El manejo adecuado de las cuencas hidrográficas requiere de una multiplicidad de enfoques y herramientas que se complementen entre sí para satisfacer las necesidades humanas, mantener la salud de los ecosistemas y promover el desarrollo sostenible.



SECCIÓN 1

La integralidad
en la gestión del agua

1. GOBERNANZA EFECTIVA DEL AGUA

1.1 Gobernanza

La gobernanza del agua es uno de los pilares más importantes para garantizar la sostenibilidad y conservación de los recursos hídricos en el largo plazo. La forma en que las sociedades eligen gobernar sus recursos naturales tiene consecuencias profundas en la calidad de vida de la población y en la sostenibilidad de las economías. En este sentido, entender mejor los procesos de gobernanza y los marcos habilitantes para una gestión participativa de los recursos naturales es un paso esencial hacia la sostenibilidad.

La gobernanza incluye los mecanismos, procesos e instituciones mediante los cuales los ciudadanos expresan sus intereses, ejercen sus derechos, satisfacen sus obligaciones y resuelven sus diferencias (Iza, 2006). También puede ser descrita como el medio a través del cual la sociedad define sus metas y prioridades y avanza hacia la cooperación, ya sea global, regional, nacional o local. Los sistemas de gobernanza se expresan a través de marcos políticos y jurídicos, estrategias y planes de acción (Burhenne-Guilmin y Scanlon, 2004: 2).

Una gestión integral del agua requiere un alto nivel de coordinación interinstitucional entre los entes públicos administradores. El agua es parte de procesos sociales, económicos y políticos mucho más amplios y, por lo tanto, se ve afectada por las decisiones de actores fuera del sector. Por esto es importante la articulación plena al elaborar políticas, programas y planes de acción. También es necesario fomentar una amplia participación social, que asegure la representación y negociación de todos los intereses.

Los mecanismos de gobernanza varían entre los países, dependiendo de sus características hídricas y de sus marcos políticos y socioeconómicos. A pesar de las diferencias, las reformas en los mecanismos de gobernanza frecuentemente están relacionadas con cambios en la toma de decisiones, estructuras institucionales, roles y responsabilidades, y los mecanismos de administración y gestión de la información.



Gobernanza

La gobernanza se refiere a las interacciones entre estructuras, procesos y tradiciones que determinan cómo se ejerce el poder y las responsabilidades, cómo se toman las decisiones y cómo intervienen los ciudadanos u otros actores.

Frecuentemente se utiliza el término “buena gobernanza” para referirse a las mejores prácticas aplicadas para fortalecer los diversos sistemas de gobernanza. Las Naciones Unidas la ha definido de la siguiente manera:

La gobernanza se considera «buena» y «democrática» en la medida en que las instituciones y procesos de cada país sean transparentes. La buena gobernanza promueve la equidad, la participación, el pluralismo, la transparencia, la responsabilidad y el Estado de derecho, de modo que sea efectivo, eficiente y duradero (ONU, 2017).

La gobernanza del agua tiene cuatro dimensiones fundamentales que debemos reconocer:

- **Social:** es la distribución equitativa del agua entre los diversos grupos sociales y económicos, y sus efectos en la sociedad y en el ambiente. El agua no está distribuida de manera equilibrada ni en el territorio ni en el tiempo. Esto es igual para diversos grupos socioeconómicos rurales y urbanos.
- **Económica:** se refiere a la eficiencia en la distribución y en el uso del agua, y al rol que juega en el desarrollo de las economías. Las diferentes estructuras de gobernanza ejercen un efecto determinante sobre los ingresos per cápita en muchos países.
- **Política:** es la igualdad de derechos y oportunidades que tienen todos los actores al formar parte de los procesos de toma de decisiones. La participación

efectiva facilita la toma de decisiones de manera más informada, ayuda a una implementación más efectiva y puede facilitar la resolución de posibles conflictos. El involucramiento efectivo de grupos comúnmente marginalizados, como por ejemplo indígenas o campesinos, y su reconocimiento como actores legítimos en los procesos de toma de decisiones mejorará considerablemente los resultados en el proceso de gobernanza.

• **Ambiental:** se refiere al uso sostenible del agua y a la conservación de los ecosistemas asociados y sus servicios. En este sentido, asegurar los caudales y calidad de agua necesaria para mantener las funciones de los ecosistemas es un aspecto crítico. Desafortunadamente, es cada vez más precaria la calidad del agua y la disponibilidad de caudales mínimos para el buen funcionamiento de los ecosistemas. En consecuencia, los ecosistemas de agua dulce y su biodiversidad enfrentan una creciente amenaza.



Principios para la buena gobernanza

Se reconocen como buenas prácticas de gobernanza las siguientes:

1. **Legitimidad y voz:** promover la participación efectiva y la búsqueda de consensos.
2. **Rendición de cuentas:** realizar monitoreo y evaluación de los procesos y transparencia en la presentación de resultados.
3. **Desempeño:** promover la eficacia y eficiencia en las labores institucionales y mejorar la capacidad de respuesta (resiliencia).
4. **Justicia social y ambiental:** fomentar la sostenibilidad ecológica; rechazar formas de discriminación social y promover la equidad.
5. **Dirección:** tener una visión estratégica y una planificación sistemática del uso de los recursos.

Cuadro 3: Principios para la Buena Gobernanza del Agua



La buena gobernanza se produce cuando las normas y prácticas sociales empoderan y estimulan a las personas a tomar cada vez más control sobre su propio desarrollo de una manera que no afecta negativamente a los derechos de los demás.

Mejorar los procesos de toma de decisiones es una de las reformas más relevantes para el fortalecimiento de la gobernanza. La descentralización y participación efectiva de los diversos actores son claves en la gestión del agua. Muchos países están cambiando las formas tradicionales de gobernanza del agua, de modelos “de arriba hacia abajo” a enfoques “de abajo hacia arriba”, que combinan la experiencia y conocimiento de varios grupos y personas a escala local. La descentralización reconoce que las responsabilidades en la gestión del agua deben estar al nivel apropiado más bajo posible. Esto supone una serie de retos cuando se descentralizan las funciones a comunidades locales u organizaciones sociales para la gestión de cuencas. Por ejemplo, la movilización de recursos financieros, el desarrollo de capacidades humanas e institucionales y el aseguramiento de enfoques transparentes y participativos (por ejemplo: consejos de cuenca, juntas de regantes o juntas de agua).

Para alcanzar una distribución equitativa y fortalecer los procesos de gobernanza, es necesario construir consensos entre los diversos grupos interesados sobre aspectos como los usos de agua, su distribución y el financiamiento para la gestión. Mediante una planificación participativa se puede llegar a acuerdos, construir una visión compartida y una mayor integralidad en las estrategias y planes de acción (por ejemplo: planes de cuencas o planes para la gestión del agua).

Para una máxima eficacia, las estrategias y planes deben equilibrar dos requisitos, con frecuencia en conflicto: deben ganarse el amplio apoyo de los actores y, al mismo tiempo, evitar caer en un proceso de consulta interminable a costa de la acción. La clave para equilibrar dichas demandas consiste en asegurar una extensa participación de los diferentes actores de un modo organizado, a partir de un calendario concreto, con fases apropiadas, donde se incluyan mecanismos de resolución de conflictos. No obstante, es necesario reconocer que obtener el

apoyo y participación de los actores en la gestión del agua es un proceso continuo.

Es necesario construir una plataforma de participación, en donde se encuadre un amplio espectro de foros, citas informales, talleres, procesos de consulta, reuniones públicas, entrevistas de grupos temáticos, diálogos sobre políticas, mesas redondas y eventos mediáticos; esto puede ayudar a que distintos colectivos realicen importantes aportes al proceso de desarrollo estratégico. Una plataforma de este tipo contribuye a orientar de manera integral las metas, objetivos y actividades. Lo ideal sería que la mencionada plataforma fuera percibida por todos como el foro adecuado y lógico para tratar cualquier cuestión relacionada con la gestión de los recursos hídricos. Además, las estrategias y planes de acción tendrán más probabilidades de lograr sus objetivos si las mujeres adquieren en ellas un papel activo como participantes y responsables del proceso (GWP e INBO, 2009).

1.2. Participación pública efectiva

Los diversos actores relacionados con la gestión del agua, afectados positiva o negativamente, deben tener voz directa o indirecta en la toma de decisiones, a través de instituciones legítimas que representen sus intereses e intenciones. Una participación amplia está fundamentada en la libertad de asociación y expresión y, al mismo tiempo, en las capacidades de participar constructivamente (FFLA, 2015).

Es indispensable asegurar participación efectiva de diversos actores: mujeres y hombres; jóvenes y ancianos; diversas etnias y culturas; representatividad geográfica; distintos sectores sociales; diferencias socioeconómicas, entre otros.

Las demandas de participación pública en la planificación y en la toma de decisiones deben estar articuladas por parte de gobiernos, donantes y sociedad civil, o en el derecho y en las políticas. Los enfoques participativos implican que las personas fuera de la maquinaria del Estado, o de otras instituciones formales, se involucren de alguna forma en procesos de gobernanza. Sin embargo, la idea de participación pública puede significar cosas diferentes para personas diferentes. La participación puede tener varios niveles o grados, que reflejan hasta qué punto se comparte la influencia o autoridad para tomar decisiones.

Las modalidades de participación pública se pueden organizar a lo largo de un espectro (cuadro 4). De izquierda a derecha, este espectro comienza con participación nominal –o simbólica– y acaba con el empoderamiento público, en el cual este sector tiene la autoridad para tomar decisiones.

La participación pública necesita ser, cuando menos, ‘comprometedora’ y ‘colaborativa’. Esto garantiza que pueda ayudar a influir, contribuir y determinar decisiones con opciones deliberadas. No es posible aceptar calladamente una participación ‘que empodera’ porque, si bien las autoridades son responsables de escuchar y aprender, también lo son, en última instancia, de decidir y aplicar las decisiones a nombre de la sociedad para cuyo servicio han sido elegidas. Dentro del compromiso constructivo, incluso si la participación no siempre conduce a la toma final de decisiones, las partes interesadas tienen la capacidad de influirlas y moldearlas (Dore, Robinson y Smith, 2011).

Ser parte efectiva de la toma de decisión y de su implementación no implica que todos los actores tengan el mismo rol o el mismo nivel de participación. Ciertos actores pueden estar satisfechos con solo estar informados, mientras que otros necesitarán afirmar un papel más protagónico. Así mismo, los roles dentro del proceso pueden ser dinámicos y evolucionar en el tiempo. Por ejemplo, frente a la desconfianza en un proceso naciente de participación, invitar a actores como observadores permite iniciar relaciones de confianza que pueden evolucionar en colaboración. Es importante recalcar que la participación, en un proceso genuino, debe empezar desde las primeras fases de su diseño y no cuando el proyecto ya se diseñó y se invita los actores a participar.



Informar o consultar no son formas de participación adecuadas para un compromiso constructivo, ya que quienes toman decisiones están relativamente libres para ignorar las contribuciones de actores sociales.

INFORMAR	CONSULTAR	INVOLUCRAR	COLABORAR	EMPODERAR
Objetivo de la participación				
Proveer al público información equilibrada y objetiva para ayudarlo a entender los problemas, las alternativas y las soluciones.	Obtener retroalimentación pública sobre el análisis, las alternativas y/o soluciones.	Trabajar en forma directa con el público a lo largo del proceso para asegurar que los asuntos y preocupaciones del público se entiendan y tomen en cuenta en forma consistente.	Asociarse con el público en cada aspecto de la decisión, incluyendo el desarrollo de alternativas y la identificación de soluciones preferidas.	Poner la decisión final en las manos del público.
Promesa a los participantes públicos				
Los mantendremos informados.	Los mantendremos informados, los escucharemos y tomaremos en cuenta sus preocupaciones, y los retroalimentaremos sobre cómo el insumo público influyó en la decisión.	Trabajaremos con ustedes para asegurar que sus opiniones y preocupaciones se reflejen en forma directa en las alternativas elaboradas, y brindaremos retroalimentación sobre cómo el insumo público influyó en la decisión.	Buscaremos su consejo directo e innovación en la formulación de soluciones, e incorporaremos sus consejos y recomendaciones a la decisión al máximo posible.	Implementaremos lo que decidan.
Ejemplos de instrumentos de participación				
Fichas técnicas, páginas webs, casas abiertas.	Comentarios públicos, grupos focales, encuestas, audiencias públicas.	Talleres, votación deliberada, PMS e instrumentos asociados, tales como construcción de escenarios y exploración.	Comités cívicos asesores, PMS que incluyan procesos de construcción de consensos.	Jurados civiles, papeletas, decisiones delegadas, PMS, etc.

Cuadro 4: Espectro de Participación Pública (Dore, Robinson y Smith, 2011: 28)

 **Para más información revisar:**

Burgos, A, L. Bocco, G. y Sosa Ramírez, J.(coords). (2015). *Dimensiones sociales en el manejo de cuencas*. : México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México. *Disponible en línea:* http://www.ciga.unam.mx/publicaciones/images/abook_file/978-607-02-6883-0.pdf (Último acceso: 20 de febrero de 2017).

Cuenca, J. (2008). *Protección de la cantidad y calidad del Agua. La experiencia del municipio de Celica*. CEDERENA-FIA. (En anexos consta un modelo de ordenanza). *Disponible en línea:* <http://75.98.169.113/uploads/documentos/Cuenca.%202008.%20Protecci%C3%B3n%20de%20la%20cantidad%20y%20calidad%20del%20Agua.%20La%20experiencia%20del%20municipio%20de%20Celica..pdf>

Dore, J. Robinson J. y Smith, M. (eds.) (2011). *Negociar– Lograr acuerdos acerca del agua*. Gland, Suiza: UICN. *Disponible en línea:* <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2010006-Es.pdf> (Último acceso: 20 de febrero de 2017).

Fundación Futuro Latinoamericano (FFLA). (2015). *Gobernanza para el manejo de los recursos naturales y las áreas protegidas*. Ecuador: FFLA. *Disponible en línea:* https://www.ffla.net/publicaciones/doc_details/276-manual-degobernanza-para-el-manejo-de-los-recursosnaturales-y-%E1reas-protegidas.html (Último acceso: 20 de febrero de 2017).

Wagner, H. (2014). *Manual de diálogo y acción colaborativa*. Quito: Frederich-Eibert-Siftung (FES-ILDIS). *Disponible en línea:* <http://library.fes.de/pdf-files/bueros/quito/11349.pdf> (Último acceso: 20 de febrero de 2017).

Yaguache, R., Domínguez, D., Carrión, R., y Zarría, E. (2005). *La experiencia del cantón El Chaco en la protección de sus fuentes de agua*. Quito: Ministerio del Ambiente, Banco Interamericano de Desarrollo, Soboc Grafic. (En anexos consta un modelo de ordenanza). *Disponible en línea:* <http://75.98.169.113/uploads/documentos/Yaguache%20et%20al.%202005.%20La%20experiencia%20del%20cant%C3%B3n%20El%20Chaco%20en%20la%20protecci%C3%B3n%20de%20sus%20fuentes%20de%20agua.pdf>

2. ENFOQUE ECOSISTÉMICO PARA LA GESTIÓN DEL AGUA

2.1 Enfoque Ecosistémico

Los ecosistemas cumplen un rol clave para regular el ciclo del agua y conservar el recurso en el largo plazo. Aspectos como la cantidad y la calidad del agua pueden verse seriamente comprometidos si no tomamos en cuenta a los ecosistemas y a sus funciones. Al mismo tiempo, pueden ser aliados estratégicos para conservar y restaurar las cuencas hidrográficas.

Algunas definiciones

Un **ecosistema** es un conjunto formado por organismos vivos, el medio físico donde se relacionan y sus interacciones. Está compuesto de organismos interdependientes que comparten un mismo hábitat. Todas las especies están ecológicamente integradas unas con otras, así como con los componentes abióticos de su entorno. Las relaciones entre las especies y su medio resultan en el flujo de materia y energía del ecosistema.

Funciones ecosistémicas es el término técnico usado para definir los procesos biológicos, geoquímicos y físicos que ocurren en un ecosistema. Las funciones del ecosistema se relacionan con los componentes estructurales de un ecosistema (por ejemplo, vegetación, agua, suelos, atmósfera y biota) y cómo estos interactúan dentro de un ecosistema y entre ecosistemas diferentes. A veces también se conocen como procesos ecológicos.

Los **servicios ecosistémicos** son los beneficios que los seres humanos obtienen de los ecosistemas. Incluye productos como medicinas naturales o el agua potable, y procesos tales como la regulación del ciclo hidrológico, polinización de cultivos o la descomposición de desechos.

Cuadro 5: Funciones y Servicios de los Ecosistemas



Enfoque Ecosistémico

Se define como una estrategia para el manejo integrado de la tierra, el agua y los recursos vivos, promoviendo su conservación y uso sostenible de forma justa y equitativa.

Ecosistemas bien conservados, como los bosques de neblina o los páramos, captan y almacenan grandes cantidades de agua, y garantizan la preservación del recurso y su liberación gradual. Otros ecosistemas, como los humedales o manglares, ayudan a depurar aguas contaminadas y reciclar nutrientes a través de procesos naturales. Por esto, la planificación y la gestión de una cuenca hidrográfica debe tener en cuenta a los ecosistemas como un componente estratégico, bajo un enfoque integral.

El Enfoque Ecosistémico coloca a la gente y al uso de los recursos naturales como el punto de partida de la toma de decisiones. Puede ser empleado para buscar un balance apropiado entre la conservación y el uso de la biodiversidad en áreas en donde hay múltiples beneficiarios de los recursos y valores naturales importantes.

En el caso del sector hídrico, este enfoque puede aportar valiosos elementos para fortalecer los procesos de gobernanza, planes de gestión del agua y acciones en territorio encaminadas a proteger y restaurar procesos hídricos. A partir de comprender las funciones ecológicas en relación con el ciclo hidrológico, se podrán construir mejores planes de gestión de cuenca y estrategias a largo plazo para conservación del agua.

En términos generales, para implementar este enfoque es necesario:

1. Determinar los actores principales, definiendo el área y determinando las conexiones entre ellos.

2. Caracterizar la estructura y función del ecosistema y establecer mecanismos para su manejo y monitoreo.
3. Identificar los aspectos económicos relevantes que afectarán a los ecosistemas y a sus habitantes.
4. Determinar el impacto probable en ecosistemas adyacentes.
5. Decidir sobre metas de largo plazo y mecanismos flexibles para alcanzarlas.



Reconocer los procesos y servicios hidrológicos de los ecosistemas, y establecer mecanismos para protegerlos y restaurarlos, se ha convertido en un aspecto fundamental de la gestión del agua.

2.2 Ecosistemas y regulación hídrica

La comprensión de los servicios ecosistémicos requiere una base sólida en ecología, una ciencia que describe los principios básicos y las interacciones de los organismos vivos y el ambiente. Dado que las escalas en las que estas entidades interactúan pueden variar de microbios a paisajes, o de milésimas de segundo a millones de años, uno de los grandes desafíos es comprender el flujo de materia y energía entre ellos. Por ejemplo, en la superficie del suelo de un bosque tropical, la materia descompuesta, los microorganismos y las características del propio suelo contribuirán en su conjunto a la capacidad del bosque de prestar servicios ecosistémicos como la captura de carbono, retención y purificación de agua y prevención de la erosión.

A menudo, los ecosistemas apoyan a más de un beneficio específico. Por ejemplo, el mismo bosque que conserva y regula la provisión de agua puede ofrecer hábitat para otros organismos, proveer medicinas y frutos para comunidades locales, así como ofrecer un espacio para la recreación humana, que también representan servicios del ecosistema. La complejidad de los ecosistemas de la Tierra constituye un reto para los científicos que tratan de

entender cómo las relaciones se entretajan entre los organismos, los procesos y su entorno.

En cuanto a la cantidad de agua, es importante comprender que depende de dos aspectos relevantes: el volumen de agua, que está en función del balance entre la precipitación y la evaporación, y la regulación hídrica, relacionada con la capacidad de almacenamiento y retención de agua. Este aspecto es fundamental para mantener un caudal relativamente constante, incluso en las épocas secas.



Principios del Enfoque Ecosistémico

El Enfoque Ecosistémico es el esquema principal para la acción bajo el Convenio de Diversidad Biológica (CDB) y comprende 12 principios que se describen a continuación:

1. La elección de los objetivos de la gestión de los recursos de tierras, hídricos y vivos debe quedar en manos de la sociedad.
2. La gestión de los recursos naturales debe estar descentralizada al nivel apropiado más bajo.
3. Los administradores de ecosistemas deben tener en cuenta los efectos (reales o posibles) de sus actividades en los ecosistemas adyacentes y en otros ecosistemas.
4. Dados los posibles beneficios derivados de su gestión, es necesario comprender y gestionar el ecosistema en un contexto económico. Este tipo de programa de gestión de ecosistemas debería: (i) Disminuir las distorsiones del mercado que repercuten negativamente en la diversidad biológica; (ii) Orientar los incentivos para promover la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica, y (iii) Procurar, en la medida de lo posible, incorporar los costos y los beneficios en el ecosistema del que se trate.

(continúa en la siguiente página)

(continúa Principios del Enfoque Ecosistémico)

5. Para mantener los servicios de los ecosistemas, la conservación de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas debería ser un objetivo prioritario del Enfoque Ecosistémico.

6. Los ecosistemas se deben gestionar dentro de los límites de su funcionamiento.

7. El Enfoque Ecosistémico debe aplicarse a las escalas espaciales y temporales apropiadas.

8. Habida cuenta de las diversas escalas temporales y los efectos retardados que caracterizan a los procesos de los ecosistemas, se deberían establecer objetivos a largo plazo en la gestión de los ecosistemas.

9. En la gestión debe reconocerse que el cambio es inevitable.

10. En el Enfoque Ecosistémico se debe procurar el equilibrio apropiado entre la conservación y la utilización de la diversidad biológica, y su integración.

11. En el Enfoque Ecosistémico deberían tenerse en cuenta todas las formas de información pertinente, incluidos los conocimientos, las innovaciones y las prácticas de las comunidades científicas, indígenas y locales.

12. En el Enfoque Ecosistémico deben intervenir todos los sectores de la sociedad y las disciplinas científicas pertinentes.

Cuadro 6: Principios del Enfoque Ecosistémico

El agua puede ser almacenada temporalmente en los acuíferos, en lagunas, en el hielo de las montañas, entre la vegetación o en los suelos. Los suelos también pueden considerarse un tipo de ecosistema y son un componente clave en la regulación hídrica. Suelos permeables con alto contenido de materia orgánica y una cobertura vegetal bien conservada permiten, como una esponja, almacenar grandes

cantidades de agua, la cual puede ser devuelta lenta y constantemente al entorno, garantizando suministro en épocas de baja precipitación.

Los usos del suelo asociados con actividades antrópicas, tales como agricultura, pastoreo, manejo forestal y minería, pueden afectar negativamente aspectos importantes para el buen funcionamiento de la regulación hídrica (Buytaert et al., 2006). La calidad del agua también se puede ver afectada por el manejo de los ecosistemas. Por ejemplo, establecer zonas de vegetación en las orillas de los ríos puede servir de filtro natural contra sedimentos producto de la erosión del suelo, reducir el impacto de fertilizantes y pesticidas que escurren por las laderas, y a facilitar la infiltración y recarga de acuíferos, etc.

En el cuadro 7 se enumeran algunos de los principales servicios hidrológicos que ofrecen los ecosistemas.

Los ecosistemas también necesitan agua para mantener sus funciones y las poblaciones de especies. No se puede gestionar una cuenca sin considerar la cantidad de agua que requieren los ecosistemas para mantenerse saludables. Para que un río o humedal se mantenga sano, resiliente y productivo, debe gestionarse dentro de su rango de variabilidad hidrológica natural. Para esto no basta con fijar un valor de caudal mínimo, también debe considerarse su régimen de variación interanual e incluso espacial.

Este desafío es recogido por el concepto de “caudales ecológicos”. El caudal ecológico es un instrumento que busca asegurar un régimen de caudal que permita preservar los valores ecológicos del sistema fluvial. El manejo de estos caudales sigue siendo un reto en la gestión del agua y la aplicación de normativas que garanticen su cumplimiento requiere más atención.



Caudal ecológico

Es la cantidad, calidad y régimen de caudal que se requiere para sostener los ecosistemas de agua dulce y de estuarios así como los medios de subsistencia y bienestar de la población que depende de esos ecosistemas.

(Declaración de Brisbane, 2007)

Servicios de provisión	Servicios de regulación
<p>Servicios relacionados con el aprovisionamiento de comida y otros productos desde los flujos de agua.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Provisión de agua dulce • Pesca • Producción de cultivos y frutales • Producción agropecuaria • Producción piscícola • Provisión de madera y materiales para la construcción • Medicinas • Energía hidráulica 	<p>Servicios referentes a la regulación de los flujos o reducción de riesgos relacionados a los flujos de agua.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Regulación de los ciclos hidrológicos (amortiguar la escorrentía, infiltrar agua por el suelo, recargar acuíferos, mantener flujos de base) • Reducción del riesgo a desastres naturales (reducir fluctuaciones, reducir movimientos en masa) • Protección del suelo y control de la erosión y sedimentación • Control de la calidad del agua superficial y subterránea
Servicios de soporte	Servicios culturales y de recreación
<p>Servicios relacionados con el mantenimiento de hábitat y funciones de los ecosistemas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hábitat para vida silvestre • Régimen del flujo de agua y de sedimentos para mantener a los usuarios y ecosistemas aguas abajo 	<p>Servicios relacionados con la recreación e inspiración humanas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recreación acuática • Belleza escénica • Patrimonio, cultura e identidad • Inspiración estética y espiritual

Cuadro 7: Servicios hidrológicos de los ecosistemas

Para comprender mejor la aplicación de este instrumento, es necesario entender cómo condiciona el régimen de caudal a los ecosistemas. En primer lugar, debemos reconocer que el régimen de caudal es el factor dominante que determina los hábitats de un río o de un humedal y sus ecosistemas circundantes, y, a su vez, condiciona la composición de especies. En segundo lugar, las especies acuáticas han desarrollado estrategias evolutivas en respuesta al régimen de caudal; es decir, están adaptadas a un patrón de caudal que se ha repetido durante siglos. Adicionalmente, las variaciones de caudal también son fundamentales para mantener la conectividad longitudinal y lateral en un sistema fluvial, lo que resulta esencial para la viabilidad de muchas especies acuáticas y ribereñas. Por ejemplo, pulsos de caudal, como los episodios de crecidas extremas de un río, tienen un rol fundamental en la ecología

de una cuenca, ya que pueden ayudar a conectar temporalmente al río con zonas de inundación natural en su periferia y, de esta forma, conectar ecosistemas que por lo general no están conectados por agua. Esta es la oportunidad para que algunas especies de peces o anfibios puedan cumplir funciones esenciales para su ciclo de vida o acceder a hábitats nuevos, o, en el caso de algunas especies de plantas, la oportunidad para dispersar sus semillas a nuevos lugares de una cuenca.

La falta de consideración de caudales ecológicos y la construcción de infraestructura hídrica es una creciente amenaza para los ecosistemas de agua dulce. Las consecuencias ambientales de la infraestructura que se construye sin una planificación adecuada pueden ser variadas e incluyen impactos directos a las propiedades biológicas, químicas y físicas

de los ríos y ecosistemas ribereños. Infraestructuras como las represas, además de alterar el flujo de agua, retienen sedimentos críticos para mantener procesos físicos y funciones ecológicas río abajo. Muchos hábitats como humedales o manglares dependen de esos sedimentos para mantener su productividad y funciones. Los sedimentos que solían fertilizar tierras inundables ahora quedan retenidos, privando de nutrientes a las tierras bajas y desencadenando un proceso degenerativo. Adicionalmente, cuando un río pierde su carga de sedimentos busca recapturarlos, provoca erosión de los cauces y orillas río abajo. Esto puede afectar seriamente a la infraestructura en las inmediaciones del río, así como a los ecosistemas colindantes.

Por esta razón, la gestión del agua, bajo un enfoque integral y ecosistémico, debe incorporar efectivamente los requerimientos de los ecosistemas para garantizar la permanencia de sus funciones, la biodiversidad y todos los beneficios que ofrece a la población. Si bien se han desarrollado diversas metodologías y enfoques para reducir los impactos de la infraestructura en su construcción y operación, muchas veces estas herramientas no consideraron integralmente los impactos de una obra desde su fase de diseño.

Mientras los ríos representan menos del 1% de la superficie terrestre y son los ecosistemas más productivos y diversos del planeta, su estado de conservación es preocupante. La biodiversidad de agua dulce enfrenta niveles de amenaza sin precedentes. Por lo general, estos ecosistemas pasan inadvertidos a pesar de poseer una importante diversidad de plantas y animales, muchos de los cuales forman parte del sustento de la población. Durante la última década, la UICN ha evaluado el estado de conservación de más de 25 000 especies de agua dulce. Basados en las categorías de la Lista Roja de Especies Amenazadas, se estima que alrededor de un tercio de estas especies están bajo amenaza de extinción, y más de 200 se encuentran ya extintas. Estamos perdiendo especies de agua dulce a un ritmo alarmante, mayor que el de las especies marinas y terrestres, y están desapareciendo sin ser advertidas.

Gestionar adecuadamente los cuerpos de agua para cubrir las necesidades humanas y ecológicas es un reto complejo para nuestra sociedad. Existe una creciente demanda de agua y de energía, pero debemos estar conscientes de que intervenir

ecosistemas fluviales causa daños irreversibles a sus funciones y la posibilidad de proveer servicios ecosistémicos. La sostenibilidad de los proyectos hídricos y la protección de los ríos son esenciales para la estabilidad de los ecosistemas y los medios de vida de la población.

2.3 Soluciones basadas en la naturaleza

Históricamente, reconocer el rol fundamental que juegan los ecosistemas como apoyo al bienestar humano ha sido un pilar de la cosmovisión de muchos pueblos indígenas del mundo. Sin embargo, solo en décadas recientes, la idea de servicios ecosistémicos se ha establecido en la literatura científica y en las sociedades modernas.

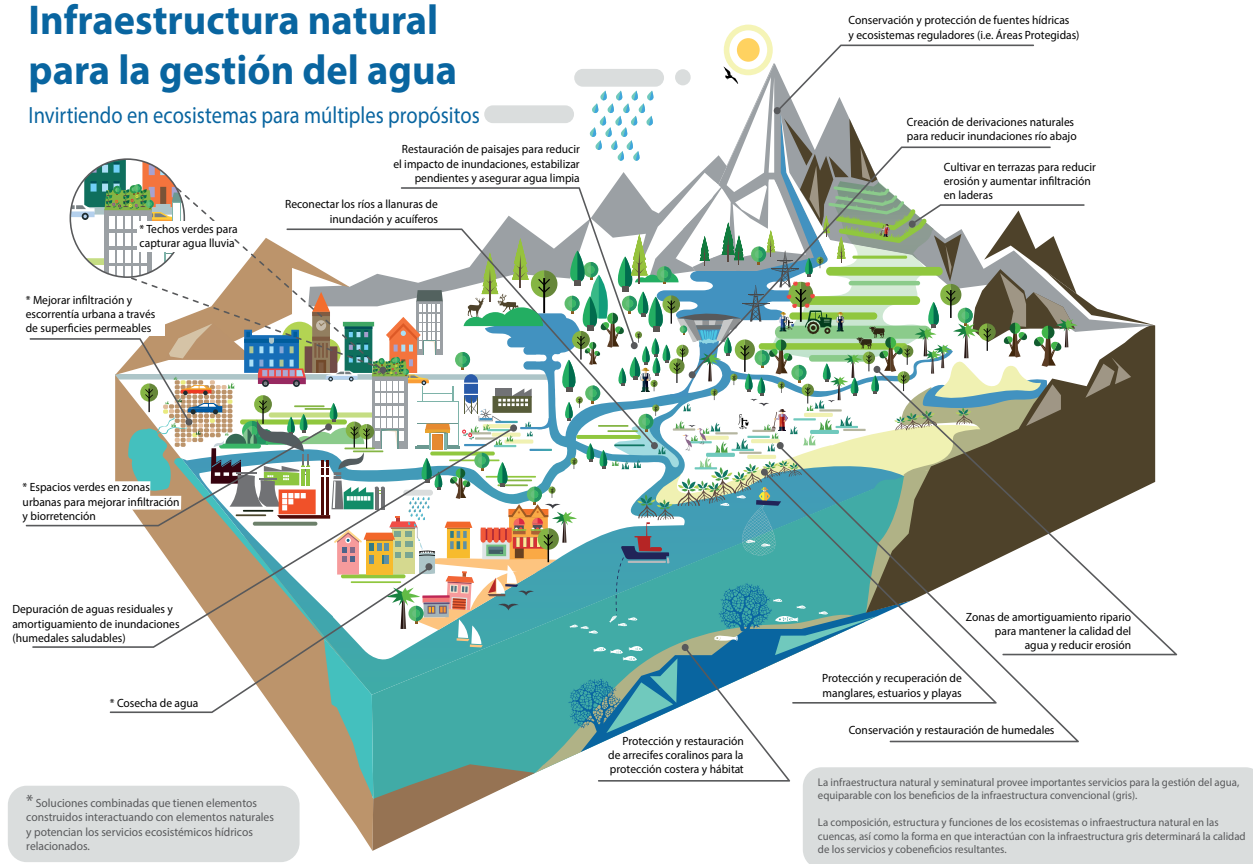
En la década de 1990, el llamado a una visión más sistémica, que abarque mejor las relaciones entre la naturaleza y el ser humano, llevó al desarrollo de nuevos enfoques. Un producto de este cambio de visión fue la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005), un programa de trabajo internacional que provee una amplia base de evidencias para apoyar la formulación de políticas de conservación, restauración y gestión sostenible de los ecosistemas, considerando su impacto en el bienestar humano.

Entrado el siglo XXI, el concepto de soluciones basadas en la naturaleza consolida este cambio de perspectiva. La población no es solo un beneficiario pasivo de los productos y servicios de la naturaleza, también puede proteger, gestionar y restaurar proactivamente y de forma estratégica los ecosistemas. De esta manera, ayuda a resolver los desafíos de desarrollo, la reducción de la pobreza y la adaptación al cambio climático.

Las soluciones naturales o soluciones basadas en la naturaleza (SbN) se pueden considerar como un 'concepto paraguas', que incluye una serie de enfoques diferentes como la adaptación basada en ecosistemas o la restauración de paisaje. Estos enfoques nacen de distintas disciplinas, pero comparten un mismo interés en utilizar las funciones de los ecosistemas para resolver los problemas que enfrentamos, en lugar de depender solamente de soluciones convencionales basadas en la construcción de infraestructura o en el uso de tecnologías humanas. Los beneficios económicos de ecosistemas bien gestionados y los servicios que proveen son un aspecto cada vez más reconocido en el desarrollo de proyectos.

Infraestructura natural para la gestión del agua

Invirtiendo en ecosistemas para múltiples propósitos



© IUCN Water

Figura 2: Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua

Los enfoques tradicionales de ingeniería para infraestructura hídrica como represas, diques o plantas de tratamiento de aguas tienen muchas limitaciones. Generalmente, estos proyectos de ingeniería requieren grandes inversiones de capital para su construcción, operación y mantenimiento, y pueden tener consecuencias devastadoras para el entorno natural. Adicionalmente, estas estructuras suelen ser poco flexibles para adaptarse a los cambios y a las incertidumbres de tipo climático o socioeconómico. Los ecosistemas y sus servicios pueden ofrecer una gama más flexible de soluciones, así como proteger y complementar el buen funcionamiento de la infraestructura gris.

Los enfoques de SbN pueden ser utilizados en combinación con otros tipos de intervenciones. Por ejemplo, los desafíos en seguridad alimentaria pueden ser resueltos de mejor forma si se combinan SbN (como los sistemas agroforestales o la restauración de humedales) con soluciones

más convencionales (como mejorar la distribución y acceso a alimentos, o políticas de comercio que apoyan a productores locales). Estos enfoques también pueden generar múltiples beneficios para la población y la biodiversidad, al mismo tiempo que representan una medida confiable para fortalecer la resiliencia frente al cambio climático.

En el caso del sector hídrico, existen diversas formas de apoyarse en los ecosistemas para complementar las soluciones a distintos desafíos que, hasta ahora, suelen resolverse solo con obras de infraestructura gris (construida). Los ecosistemas y sus funciones pueden servir también como una forma de infraestructura verde y, en muchos casos, apoyan a encontrar soluciones más costo-efectivas que las convencionales. Un paisaje natural puede ser planificado de forma estratégica para conservar y restaurar las funciones de los ecosistemas, de manera que generen beneficios asociados para la población.

Problemas como inundaciones, deslaves o preservación de caudales de agua pueden resolverse mediante la conservación y restauración ecológica de cuencas hidrográficas. Prácticas como la reforestación y restauración de ecosistemas riparios pueden ser implementadas para estabilizar cauces de ríos y prevenir desbordamientos; la creación de zonas naturales de inundación para retener agua en episodios de lluvias extremas, o la depuración y mejora de la calidad del agua a través de sistemas de humedales (fitorremediación) son solo algunos ejemplos de SbN cada vez más aplicados en la gestión integrada de cuencas y en la planificación urbana.

Los bosques y matorrales dentro de una cuenca pueden ayudar a prevenir la erosión y consecuente sedimentación de reservorios de agua, un problema que limita la capacidad de almacenamiento y afecta al funcionamiento de turbinas de generación hidroeléctrica. Este es un importante aporte al tiempo de vida útil de un proyecto y un valioso ahorro en términos económicos.

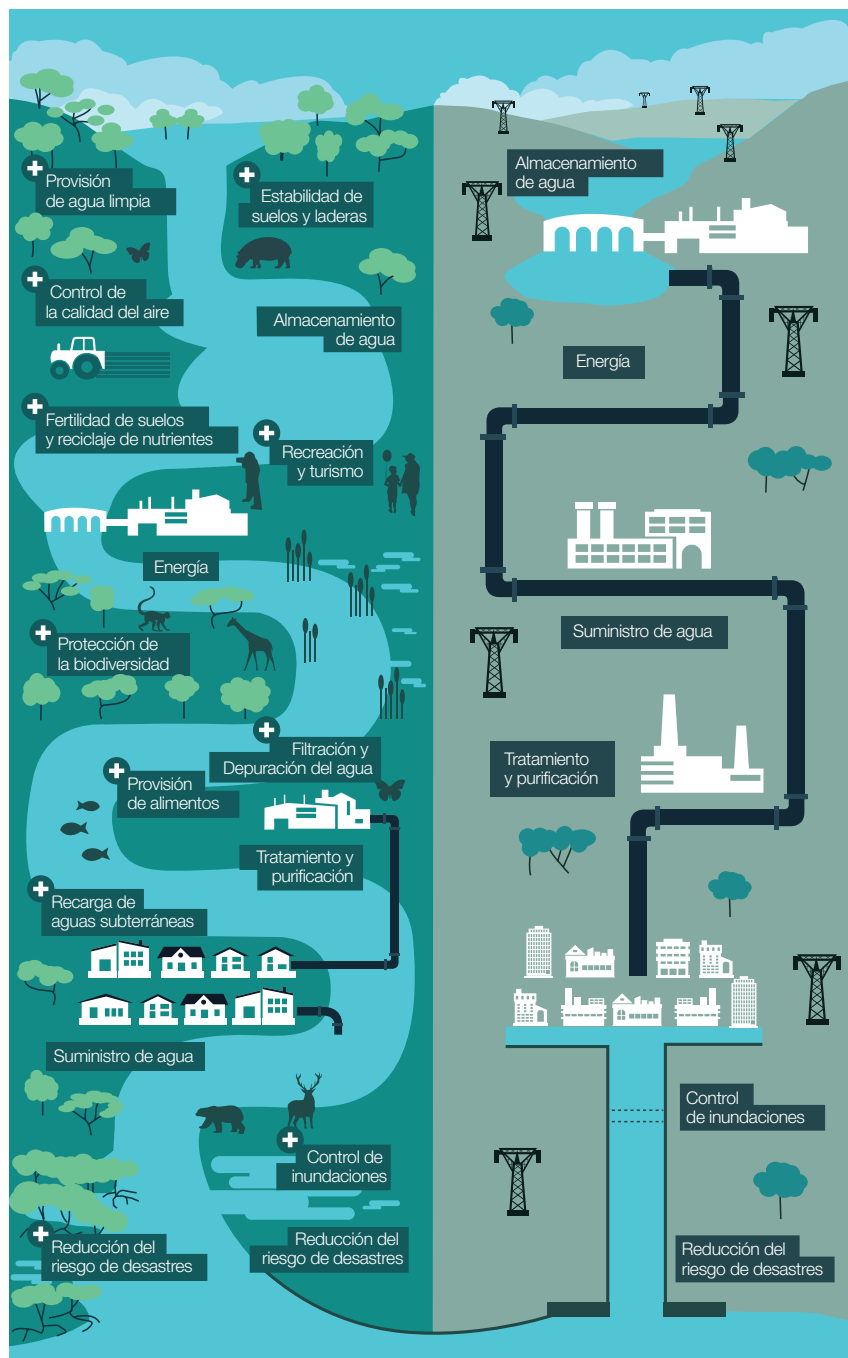


Figura 3: Soluciones basadas en la Naturaleza¹

Cuando la infraestructura construida (gris) se combina con la infraestructura natural (verde), se generan soluciones más eficientes que pueden ayudar a reducir costos en las inversiones relacionados con el sector hídrico y agrícola, aumentar la resiliencia frente al cambio climático, y proveer beneficios sociales, ambientales y económicos adicionales.

El cuadro 8 presenta algunas alternativas de infraestructura verde y gris para la gestión del agua.

¹ El lado izquierdo del diagrama muestra ejemplos de algunos servicios adicionales que proveen los ecosistemas cuando se combinan con infraestructura gris (construida).

Ejemplos de soluciones naturales		Gestión del agua (servicio a proveer)											
		Regulación de la cantidad de agua	Regulación de la calidad del agua					Reducción del riesgo a desastres					
			Potabilización del agua	Control de erosión y sedimentación	Control biológico	Control de contaminantes químicos	Control de la temperatura del agua	Control de la inundaciones ribereñas	Escorrentía urbano de agua pluviales	Control de inundaciones costeras	Sequías	Movimientos en masa	
INFRAESTRUCTURA NATURAL	Reforestación y conservación forestal	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●
	Reconexión de ríos a llanuras de inundación	●	●	●●	●		●	●●		●	●		
	Restauración / conservación de humedales	●●	●		●●	●●	●	●			●		
	Construcción de humedales	●●	●		●●	●●	●	●			●●		
	Espacios verdes para biorretención e infiltración	●●	●●						●●		●		
	Espacios verdes para sombra						●●				●●		
	Zonas de amortiguamiento ribereñas		●	●●	●	●	●	●●		●			
	Restablecer áreas naturales de inundación							●●	●●	●●			
	Protección / restauración de manglares, marismas costeras y dunas									●●			
	Protección / restauración de arrecifes									●			
COMBINACIÓN NATURAL / CONSTRUIDA	Captación de agua	●●							●●		●●		
	Pavimentos permeables	●●	●●						●●		●●		
	Techos verdes								●●		●●		
Infraestructura construida	Presas, bombeos de agua subterráneas, sistemas de distribución de agua	Planta de tratamiento de agua	Reforzamiento de pendientes	Planta de tratamiento de agua	Planta de tratamiento de agua	Presas	Presas y diques	Infraestructura urbana de aguas pluviales, parque inundables	Malecones	Presas y diques	Muros de contención		

Cuadro 8: Ejemplos de soluciones de infraestructura natural para la gestión de los recursos hídricos. (WWPA (Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos) / ONU-Agua, 2018)

 **Para más información revisar:**

Asociación Mundial para el Agua (Global Water Partnership, GWP) y Red Internacional de Organismos de Cuenca (International Network of Basin Organizations, INBO). (2009). Manual para la gestión integrada de recursos hídricos en cuencas. GWP & INBO: *Disponible en línea:* http://www.rioc.org/IMG/pdf/RIOC_GWP_Manual_para_la_gestion_integrada.pdf (Último acceso: 20 de febrero de 2017).

Benegas, L. y León, J. (2009). *Criterios para priorizar áreas de intervención en cuencas hidrográficas*. La experiencia del Programa Focuenas II, CATIE. *Disponible en línea:* <https://www.catie.ac.cr/attachments/article/542/CriteriosParaPriorizar%20Cuencas.pdf> (Último acceso: 20 febrero de 2017).

Dyson, M., Bergkamp, G. y Scanlon, J. (eds.) (2003). *Caudal. Elementos esenciales de los caudales ambientales*. Traducido por José María Blanch. San José: UICN-ORMA. *Disponible en línea:* <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/2003-021-Es.pdf> (Último acceso: 16 de octubre de 2018)

Guerrero, E., De Keizer, O. y Córdoba, R. (2006). *La aplicación del enfoque ecosistémico en la gestión de los recursos hídricos*. Quito: UICN. *Disponible en línea:* <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2006-003.pdf> (Último acceso: 20 de febrero de 2017).

Tobón, C. (2009). 'Los bosques andinos y el agua. Programa Regional para la Gestión Social de Ecosistemas Forestales Andinos'. *Serie investigación y sistematización* (4). *Disponible en línea:* <http://infobosques.com/portal/wp-content/uploads/2016/08/b6a77b5786ffc08556b4861b514e76d6.pdf> (Último acceso: 20 de febrero 2017).

Shepherd, G. (2006). 'El enfoque ecosistémico: cinco pasos para su implementación'. *Serie de Manejo Ecosistémico* (3). Gland y Cambridge: UICN. *Disponible en línea:* <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/CEM-003Es.pdf> (último acceso: 20 de febrero de 2017).

Visión Mundial (VM). (2004). *Manual de manejo de cuencas*. VM. *Disponible en línea:* <http://www.actswithscience.com/Descargas/manual%20de%20manejo%20de%20cuencas.pdf> (Último acceso: 20 de febrero de 2017).

Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP) / ONU-Agua. (2018). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos: Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua*. París: UNESCO. *Disponible en línea:* <http://unesdoc.unesco.org/images/0026/002614/261494s.pdf> (Último acceso: 16 de octubre de 2018)

Yaguache, R., Cobo, E. y Yaguache L. (2018). *¿Cómo priorizar acciones de protección de servicios ecosistémicos hidrológicos en una cuenca? El caso de la cuenca transfronteriza Catamayo Chira*. Quito: UICN. *Disponible en línea:* https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/experiencia_de_priorizacion_catamayo-chira_uicn.pdf (Último acceso: 16 de octubre de 2018)

3. AGUAS SUBTERRÁNEAS

Durante los últimos 50 años, la extracción de aguas subterráneas se ha triplicado. Sin embargo, ocultos bajo la superficie, los sistemas de acuíferos frecuentemente escapan a los ojos de las actuales prácticas de manejo de recursos hídricos. Las aguas subterráneas representan el 96 % del agua dulce no congelada en la Tierra; proveen alrededor del 50 % del agua para beber alrededor del mundo y representan 43 % del agua utilizada para el riego de tierras agrícolas. En Sudamérica, el agua proveniente de los acuíferos representa el 14 % del total del agua extraída y la gran mayoría es utilizada para irrigación (Smith, Cross, Paden y Laban, 2016).

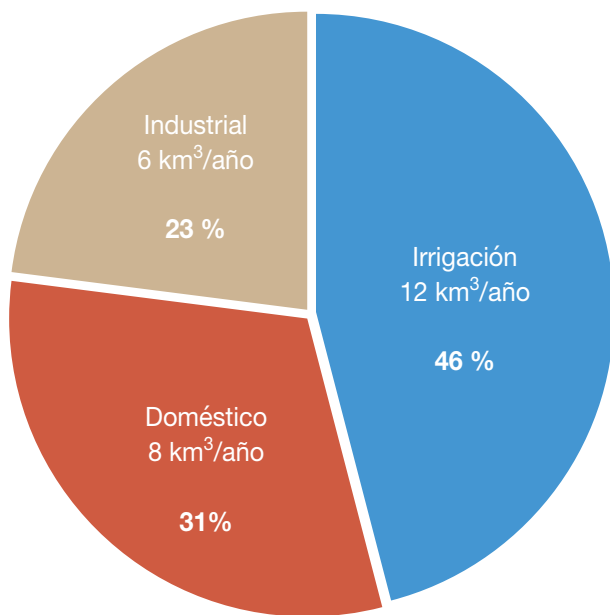


Figura 4: Uso de agua subterránea en América del Sur (km³/año) (Smith, Cross, Paden y Laban, 2016)

Las dos mayores fuentes de presión sobre los acuíferos del mundo son la sobreexplotación y la contaminación. La primera se basa en el pobre entendimiento de la operación de estos sistemas: niveles freáticos² y volúmenes de agua almacenada; zonas, periodos y formas de recarga; caudales sostenibles o incluso la imposibilidad de llevar una contabilidad básica de los metros cúbicos que son extraídos por los diversos actores que acceden a estas fuentes. Para evitar la sobreexplotación, al igual que con las aguas superficiales, es necesario establecer un balance de aguas subterráneas, que, en términos muy generales, se puede calcular de la siguiente manera:

El balance de aguas subterráneas se estima comparando la recarga del acuífero con las descargas naturales y la extracción.

Por otro lado, la mayoría de las aguas subterráneas tienen, por procesos naturales de filtración a través de las capas del suelo, una calidad microbiológica y química adecuada para varios usos (Smith, Cross, Paden y Laban, 2016), incluido el consumo humano. No obstante, la contaminación que proviene de focos difusos como la mala utilización de fertilizantes y pesticidas, la lixiviación desde rellenos sanitarios o la infiltración de aguas residuales o residuos industriales está alterando esta cualidad. Una vez que un acuífero ha sido contaminado, la calidad de su agua cambia permanentemente. Aunque existen técnicas para hacer remediación de acuíferos, en la práctica los resultados son parciales y los costos muy elevados (Smith, Cross, Paden y Laban, 2016).

² Nivel freático o piezométrico es la distancia a la que se encuentra la tabla de agua del acuífero medida desde el nivel del suelo.

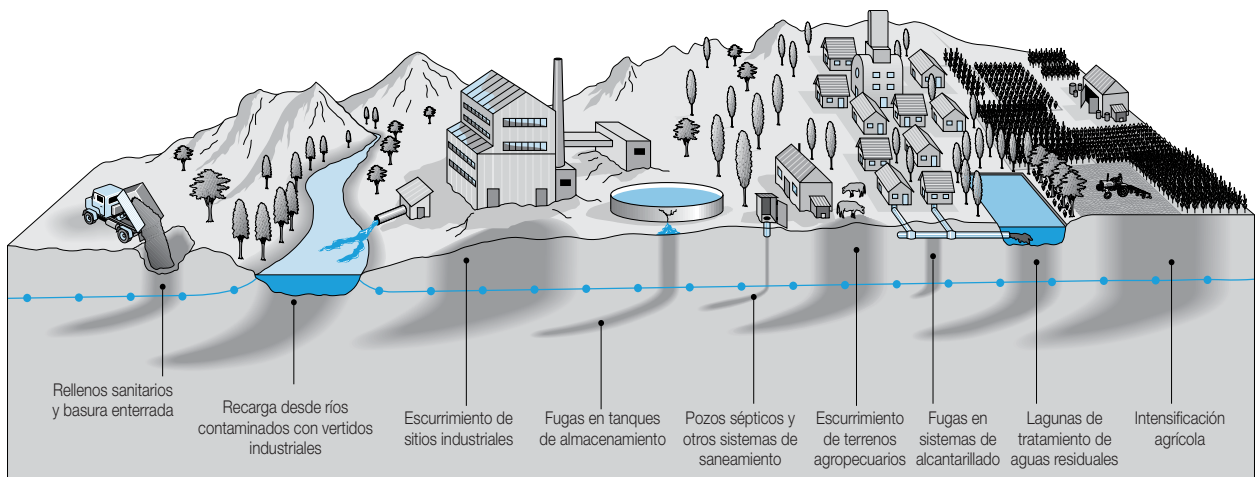


Figura 5: Contaminación de acuíferos (Smith, et al., 2016)

Estos cambios en la disponibilidad y calidad del agua subterránea impactan en la salud humana, los medios de subsistencia, la seguridad alimentaria, el acceso al agua potable y el desarrollo económico de los países. De igual forma, muchos ecosistemas y su biodiversidad dependen de los sistemas de acuíferos para recargas e infiltraciones en épocas de estiaje o avenidas, sobre todo vertientes, lagos, humedales, vegetación ribereña, marismas y manglares, así como bosques con raíces pro-

fundas. Adicionalmente, la degradación de las aguas subterráneas disminuye la resiliencia de las comunidades y las economías frente al cambio climático.

La buena gestión de aguas subterráneas requiere visualizar a la cuenca hidrográfica como un sistema de tres dimensiones: área geográfica irrigada, variabilidad altitudinal y profundidad –donde se recargan y descargan los acuíferos.

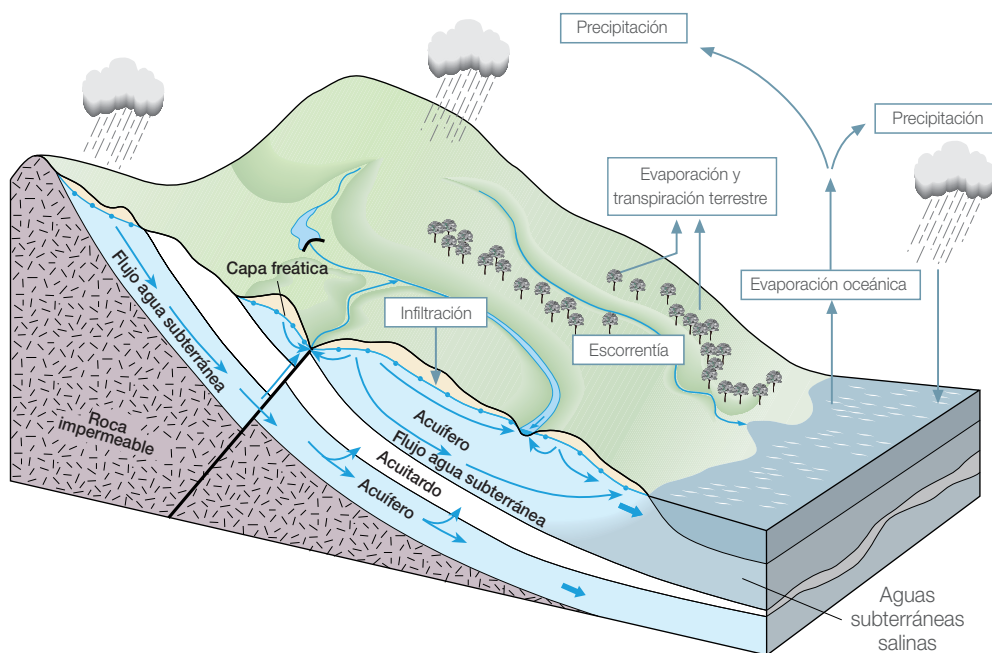


Figura 6: Aguas subterráneas dentro del ciclo hidrológico (Smith, et al., 2016)

3.1 Cómo entender los sistemas de acuíferos

Mejorar la gestión de las aguas subterráneas requiere fortalecer nuestro entendimiento sobre los sistemas de acuíferos. Un acuífero es una capa subterránea de rocas permeables o materiales no consolidados (grava, arena o limo) saturada de agua. Estos sistemas pueden variar ampliamente; por esto, las soluciones requeridas para una gestión sostenible dependerán en gran medida de cómo estos sistemas responden a diversas presiones externas.

Es necesario conocer factores como los siguientes:

- Las características del sustrato (porosidad y permeabilidad).
- Nivel de confinamiento y compresibilidad (existencia de capas impermeables, presión del agua almacenada y posibilidades de subsidencia).
- Los lugares y los procesos de recarga y renovación (precipitaciones, infiltración desde ríos, canales y lagos, tipo de suelo, cobertura vegetal). En este punto es importante señalar a aquellos acuíferos de aguas fósiles cuyo nivel de recarga es virtualmente cero.
- Química y microbiología del agua almacenada (químicos disueltos naturalmente, con especial atención a nitratos, arsénico y flúor; su distribución vertical y horizontal dentro del acuífero, y su variabilidad temporal).
- La vulnerabilidad y los riesgos de contaminación, tanto por fuentes antropogénicas como por intrusión salina.
- Las descargas naturales indispensables para mantener las funciones de los ecosistemas que dependen de estos flujos.

Con esta información, es posible estimar algunas propiedades importantes de los acuíferos, que muestran su respuesta a diversas presiones y pueden ayudar a priorizar medidas de gestión.

Porosidad: el total del espacio vacío entre las rocas, que entonces puede definir la cantidad de agua que está almacenada en el acuífero.

Algunas definiciones

La **vulnerabilidad a la contaminación** de un acuífero depende de los siguientes factores: a) el tipo de suelo y de roca, b) el tiempo de movilización del agua a través del acuífero, c) la habilidad del acuífero para absorber contaminantes, y d) su grado de confinamiento. Son características propias de los acuíferos que, ante un mismo riesgo por contaminación, los hacen más o menos vulnerables que otros.

El **riego por contaminación** tiene que ver con: a) el nivel (cantidad) de la carga contaminante, b) su movilidad y persistencia, y c) la carga hidráulica con que ingresa al acuífero. Son los factores externos que provocan la contaminación.

Cuadro 9: Vulnerabilidad y riesgo por contaminación de aguas subterráneas

Coefficiente de almacenamiento: la cantidad de agua subterránea que se libera cuando el nivel freático cae un metro.

Conductividad hidráulica: la velocidad (medida en metros/día) con la que el agua subterránea podría fluir a través de las rocas si hubiera un gradiente de presión de un metro en una distancia igual.

Transmisividad: la habilidad de un acuífero para transmitir volúmenes de agua (medidas en $m^2/día$), calculada al multiplicar la conductividad hidráulica por la profundidad del acuífero.

3.2 Gobernanza efectiva de aguas subterráneas

Si la gobernanza de aguas superficiales resulta un reto, esto se ve potenciado para las aguas subterráneas. Históricamente, el derecho al uso de este recurso ha estado ligado a los derechos de propiedad del suelo, en donde tácitamente se habilita la extracción de agua debajo de su propiedad, convirtiendo a los

acuíferos en un recurso de uso común (Smith, Cross, Paden y Laban, 2016). Cambiar este paradigma, conformando juntas de usuarios y asignando cuotas o tasas por el uso, es uno de los principales retos de la gobernanza de aguas subterráneas a escala local.

El valor monetario de las aguas subterráneas

En términos generales, este valor se puede estimar de los beneficios de utilizar el agua subterránea para un fin particular menos los costos de su extracción y manejo. El objetivo es identificar las preferencias de los usuarios: cuánto están dispuestos a pagar por la provisión de aguas subterráneas y cuánto cambiaría su situación si existe un cambio en la calidad o cantidad de agua subterránea disponible.

En los lugares en donde no existe un mercado para las aguas subterráneas, se pueden emplear métodos como la valoración contingente, análisis de costos inducidos o de reemplazo o análisis costo-beneficio de distintos usos (Smith, Cross, Paden, & Laban, 2016).

En esta valoración es importante considerar las necesidades de aguas subterráneas que tienen los ecosistemas que, en conjunto, pueden proveer más beneficios que sólo el uso del agua.

Cuadro 10: Valor monetario de las aguas subterráneas

A nivel macro, las políticas para las aguas subterráneas deben integrarse al marco más amplio de la política del agua de cada país. Además, se debe considerar las necesidades específicas para gestionar efectivamente los sistemas de acuíferos y sostener a las economías y ecosistemas que dependen de ellos. También se debe promover la integración entre diversos sectores, así como reconocer las interacciones y flujos entre aguas superficiales y subterráneas, respondiendo a los contextos y vulnerabilidades locales.

Eficiencia, equidad, sostenibilidad, participación pública, transparencia, rendición de cuentas, subsidiariedad, uso conjunto de aguas superficiales y

subterráneas y la precaución son principios que deben tomarse en cuenta para formular las políticas (Smith, Cross, Paden y Laban, 2016). Asimismo, los arreglos institucionales a escala nacional deben promover la integración y coordinación con las estructuras administrativas existentes, en lugar de crear unidades específicas relacionadas con acuíferos, que fragmentarían más la gestión del agua (Smith, Cross, Paden y Laban, 2016). A nivel local, sin embargo, es posible la necesidad de implementar dichas unidades.

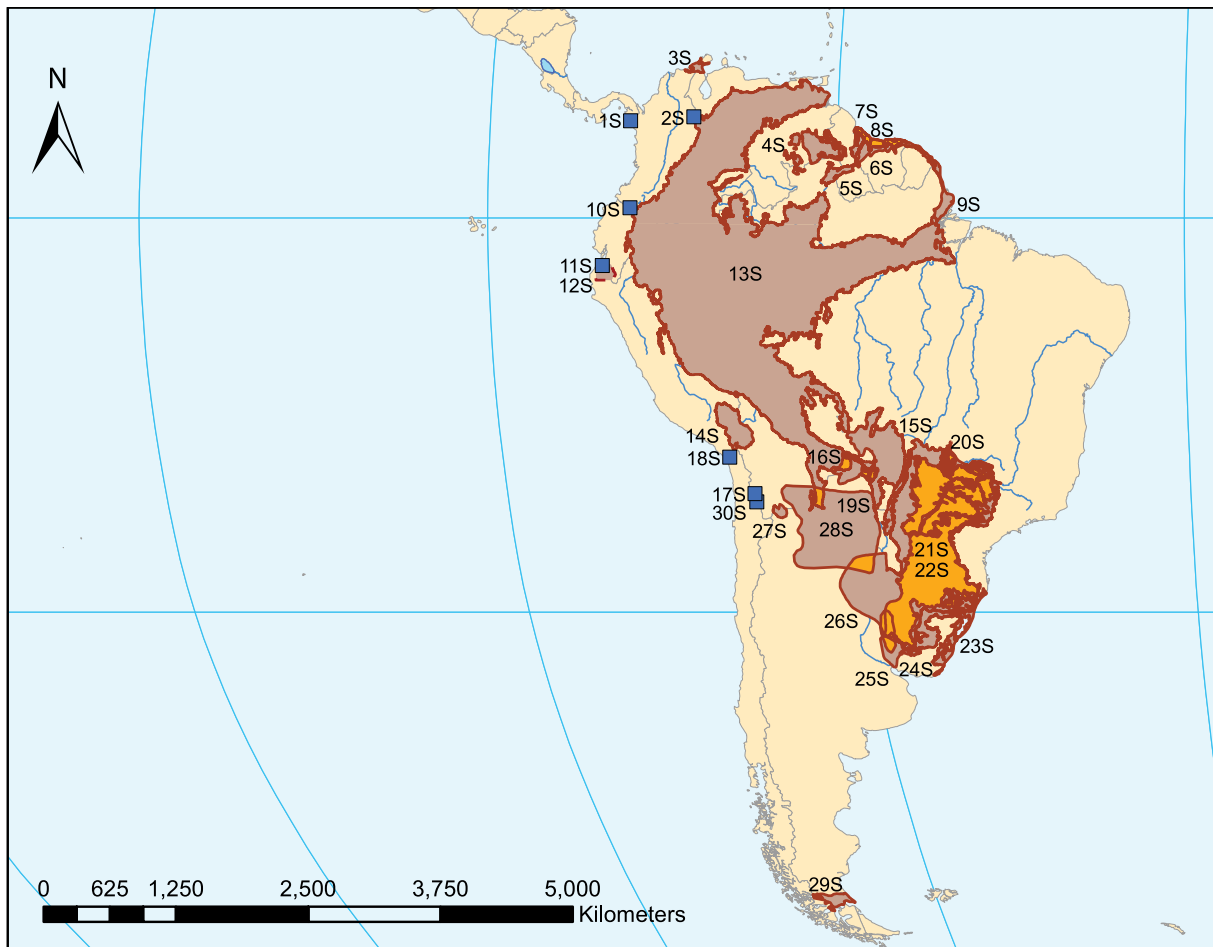
En el caso de acuíferos transfronterizos, el diálogo, el intercambio de información y la cooperación técnica e institucional deben ayudar a articular la gestión sostenible (GWP e INBO, 2009), la distribución equitativa y la conservación de las aguas subterráneas mediante acuerdos claros y mecanismos de cooperación efectivos. Los principios de Derecho Internacional de Aguas deben aplicarse y es aconsejable que la gestión las aguas subterráneas y de los acuíferos se acople al mandato del organismo de cuenca transfronteriza existente (GWP e INBO, 2009).

La “utilización de acuíferos transfronterizos o de sistemas de acuíferos transfronterizos” incluye la extracción de agua, calor y minerales, así como el almacenamiento y la eliminación de cualquier sustancia.

Artículo 2, Comisión de Derecho Internacional de las Naciones Unidas del Proyecto de Artículos sobre el Derecho de los Acuíferos Transfronterizos anexo a la Resolución 63/124

Cuadro 11: Acuíferos transfronterizos

Lo más común es incluir a los acuíferos dentro de acuerdos más amplios de cooperación en el manejo integrado de recursos hídricos transfronterizos. En América del Sur, sin embargo, existe el Acuerdo del Acuífero de Guaraní (2010), firmado entre Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay. Estos países han desarrollado acciones para conocer mejor el sistema de acuíferos, sus flujos y calidad natural; implementar un marco de gestión conjunta y directrices de uso; fomentar la participación pública; aplicar medidas contra la contaminación y establecer un marco de gestión institucional y legal (Banco Mundial, 2009).



Número	Acuífero	Países que comparten	Área (km ²)
1S	Chocó-Darién	Honduras, Colombia	419
2S	Táchira-Pamplonita	Colombia, Venezuela	2,821
3S	La Guajira	Colombia, Venezuela	9,890
4S	Grupo Roraima	Brasil, Guyana, Venezuela	84,272
5S	Boa Vista-Serra do Tucano-North Savanna	Brasil, Guyana	23,895
6S	Zanderij	Guayana Francesa, Guyana, Suriname	46,140
7S	Coesewijne	Guyana, Suriname	28,685
8S	A-Sand/B-Sand	Guyana, Suriname	28,685
9S	Costeiro	Brasil, Guyana Francesa	38,250
10S	Tulcán-Ipiales	Colombia, Ecuador	262
11S	Zarumilla	Ecuador, Perú	1,411
12S	Puyango-Tumbes-Catamayo-Chira	Ecuador, Perú	19,478
13S	Amazonas	Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela	4,056,605
14S	Titicaca	Bolivia, Chile, Perú	84,382
15S	Pantanal	Bolivia, Brasil, Paraguay	230,794
16S	Agua Dulce	Bolivia, Paraguay	53,213
17S	Ollagüe-Pastos Grandes	Bolivia, Chile	2,178
18S	Concordia-Escritos-Caplina	Perú, Chile	2,476
19S	Aquidauana-Aquidabán	Brasil, Paraguay	31,184
20S	Caiua-Bauru-Acaray	Brasil, Paraguay	348,631
21S	Sistema Acuífero Guaraní	Argentina, Brasil, Paraguay, Uruguay	1,437,799
22S	Serra Geral	Argentina, Brasil, Paraguay, Uruguay	533,599
23S	Litoráneo-Chuy	Brasil, Uruguay	52,950
24S	Permo-Carbonífero	Brasil, Uruguay	61,086
25S	Litoral-Cretácico	Argentina, Uruguay	42,390
26S	Salto-Salto Chico	Argentina, Uruguay	39,160
27S	Puneños	Argentina, Bolivia	10,995
27S	Yrendá-Toba-Tarijeño	Argentina, Bolivia, Paraguay	568,958
28S	El Cóndor-Cañadón del Cóndor	Argentina, Chile	26,999
29S	Ascotán	Bolivia, Chile	1,995
30S	Edifices volcaniques de Saint-Martin	Francia	86

Figura 7: Acuíferos Transfronterizos en América del Sur (IGRAC, 2015)

i Para más información revisar:

Asociación Mundial para el Agua (Global Water Partnership, GWP) y Red Internacional de Organismos de Cuenca (International Network of Basin Organizations, INBO). (2009). *Manual para la gestión integrada de recursos hídricos en cuencas*. GWP & INBO: Disponible en línea: http://www.rioc.org/IMG/pdf/RIOC_GWP_Manual_para_la_gestion_integrada.pdf (Último acceso: 20 de febrero de 2017).

Banco Mundial. (2009). *Gestión Sustentable del Agua Subterránea. Lecciones de la Práctica. Colección de Casos Esquemáticos. Caso 9: La Iniciativa del Acuífero Guaraní: hacia la gestión realista del agua subterránea en un contexto transfronterizo*. Disponible en línea: <https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/case-studies/americas-and-caribbean/transboundary.-groundwater-management-issuesfor-guarani-aquifer-368-spanish.pdf> (Último acceso: 28 de agosto de 2018).

Bennett, G. (2016). *Alliances for Green Infrastructure. State of Watershed Investment 2016*. Washington, DC: Forest Trends' Ecosystem Marketplace. Disponible en línea: <https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/2017/03/2016SOWIReport121416.pdf> (Último acceso: 16 de octubre de 2018)

Emerton, L. & , Bos, E. (2004). *Valor. Considerar a los ecosistemas como un componente económico de la infraestructura hídrica*. San José: UICN. Disponible en línea: <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/2004-046-es.pdf> (último acceso: 20 de febrero de 2017).

Foster, S., Tuinhof, A., Kemper, K., Garduño, H. y M. Nanni. (2002). *Estrategias para la gestión del agua subterránea. Facetas del enfoque integrado*. GW-MATE. Banco Mundial, programa asociado de la GWP. Disponible en línea: <http://docplayer.es/10374141-Estrategias-para-la-gestion-del-aguasubterranea-facetas-del-enfoque-integrado.html> (Último acceso 20 de febrero 2017).

Internationally Shared Aquifers Resource Management Programme. Disponible en línea: <https://isarm.org/> (Último acceso 23 de agosto de 2018)

Owen, R., Mirghani, M., Diene, M., Tuinhof, A. y P. Taylor. (2010). *Gestión de aguas subterráneas en la GIRH. Manual de capacitación*. Cap-Net, UNDP, AGW-net & GW-MATE. Disponible en línea: <http://www.argcapnet.org.ar/uploads/institucional/materiales/5a30385449880.pdf> (Último acceso 20 de febrero de 2017).

Smith, M., Cross, K., Paden M., y Laban, P. (2016). *Managing groundwater sustainably*. Gland: UICN. Disponible en línea: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2016-039.pdf>

Smith, M., de Groot, D., Perrot-Maître, D. y Bergkamp, G. (2006). *Pago: Establecer pagos por servicios de cuencas*. Gland: UICN. Disponible en línea: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2006-054-Es.pdf> (Último acceso: 20 de febrero de 2017).

Yaguache, R. (2012). 'La participación e inversión local para la protección de la cantidad y calidad del agua en los países andinos, del costo político a una oportunidad emergente'. Revista *Natura Economía* de la Universidad Agraria La Molina de Perú. Disponible en línea: <http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/neu/article/view/36/36> (Último acceso: 20 de febrero de 2017).

4. LA CALIDAD DEL AGUA

El deterioro de la calidad del agua reduce su disponibilidad para seres humanos y ecosistemas. Se traduce en impactos negativos directos sobre la salud humana, los ecosistemas, la seguridad alimentaria y el crecimiento económico.

El principal desafío para la asegurar la calidad del agua consiste en la regulación de las fuentes difusas de contaminación que transportan nutrientes en exceso. El nitrógeno y el fósforo, provenientes de la agricultura, llegan a cuerpos de agua superficiales y subterráneos y deterioran de manera permanente su calidad para otros usos en las partes más bajas de la cuenca y, en muchos casos, los convierten en eutróficos e hipertróficos.

El panorama se complica cuando se considera que cada vez se utilizan más productos químicos para la agricultura, como fertilizantes, herbicidas y fungicidas, cuyos efectos a largo plazo todavía no se conocen. Además, se consideran las cargas químicas de otras actividades, conocidas como contaminantes emergentes, como productos farmacéuticos, hormonas, productos químicos industriales, productos de cuidado personal, piroretardantes, detergentes, compuestos perfluorados, cafeína, fragancias, cianotoxinas, nanomateriales y agentes de limpieza antimicrobianos y sus productos de transformación (WWPA, (Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos / ONU-Agua, 2018). Asimismo, la llegada de patógenos multirresistentes representa un serio riesgo para la salud humana por la dificultad de su eliminación.

El empeoramiento de la calidad del agua se correlaciona, en gran medida, con la densidad poblacional y las áreas de crecimiento económico. Se estima que el 80 % del total de las aguas residuales industriales y domésticas se libera al medio ambiente sin ningún tipo de tratamiento previo (PNUD, 2018). Se debe considerar, además, la escorrentía pluvial urbana contaminada y los desechos sólidos que llegan a los cuerpos de agua. Así, es cada vez menor la disponibilidad del recurso aguas abajo en la cuenca.

El cambio climático también afectará a la calidad del agua al modificar los patrones de precipitación y, en consecuencia, la capacidad de los cuerpos de agua de diluir contaminantes. Se espera un efecto similar por el incremento de la evapotranspiración, relacionado con el incremento de la temperatura ambiente. Además, un incremento en la temperatura media de los cuerpos de agua significa menores cantidades de oxígeno disuelto, lo que impactará en los ecosistemas acuáticos.

La falta de planificación y deficiente gestión del agua supone un serio riesgo para el desarrollo sostenible mundial. El Objetivo de Desarrollo Sostenible 6.1 busca garantizar el suministro universal, equitativo y a precio razonable de agua, así como servicios de saneamiento para toda la población para 2030. Las cifras indican que estamos lejos de cumplir la meta. Si bien el acceso a fuentes de agua potable mejoradas se ha incrementado en 2,6 millones de personas desde 1990, 663 millones todavía no lo tienen. En el caso de servicios de saneamiento básico, 2,4 mil millones de personas carecen de acceso (PNUD, 2018). Estas cifras ocultan una realidad: la población en las urbes crece más rápido que en el campo, por lo que aumentan las presiones sobre los servicios urbanos de agua y son considerables las diferencias de cobertura entre lo urbano-rural.



Calidad del agua

La calidad del agua se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de este líquido con unas directrices de calidad del agua para distintos usos. Por ejemplo, en el agua potable estos estándares se establecen para asegurar un suministro de agua limpia y saludable para el consumo humano y, de este modo, proteger la salud de las personas.

En los países en desarrollo, una gran parte de los cuerpos de agua superficial no cumplen las normas básicas de calidad, mientras que, cada día, la degradación de las aguas subterráneas es más frecuente. La contaminación de los cuerpos de agua por fertilizantes, agroquímicos, metales pesados y compuestos orgánicos persistentes es un problema creciente que obliga a tratar el agua para poder utilizarla para consumo humano. Asimismo, es necesario el tratamiento de aguas residuales para hacer posible el uso del recurso en las partes inferiores de la cuenca. Esta gestión debe basarse en el ahorro, el reúso y la no contaminación del agua dentro de una planificación sostenible del territorio, así como en una gestión integrada de las cuencas hidrográficas, que proteja las fuentes de agua para reducir los costos de tratamiento.

Al ser el agua un recurso vital para la salud y el bienestar humano, se deben tomar todas las medidas necesarias para garantizar su consumo seguro en diferentes usos. Esto, normalmente, involucra soluciones de tratamiento para potabilizar y descontaminar las aguas residuales. Sin embargo, las subvenciones, la falta de financiamiento y una inadecuada gestión de los sistemas de tratamiento obstaculiza el mantenimiento, la puesta al día y la ampliación de los sistemas de suministro y saneamiento de agua, o la creación de incentivos que promuevan la conservación y manejo de fuentes.

Es posible combinar esta infraestructura con una adecuada protección de los nacimientos de los cursos de agua que ayudan a entregar este recurso con calidad adecuada para diversos usos, incluyendo una reducción en los costos de tratamiento del agua para consumo humano. Bosques, páramos, humedales y pastizales, así como terrenos de cultivo bien gestionados, se constituyen en soluciones basadas en la naturaleza para proteger las fuentes de agua. Por ejemplo, estudios indican que zonas de amortiguamiento con cobertura vegetal junto a los márgenes de los ríos pueden reducir la cantidad de sedimentos y nutrientes que llegan al curso de agua, a la vez que brindan sombra que puede ayudar al control de temperatura. Normalmente, estas intervenciones suelen estar apoyadas por incentivos económicos o de otra índole que utilizan acuerdos público-privados para mejorar la gobernanza sobre el recurso.

Algunos elementos claves para solucionar los problemas de calidad del agua

Fortalecer la economía del agua y el uso de instrumentos financieros

- Asegurar que los recursos financieros sean adecuados.
- Aplicar tasas que reflejen los costes marginales reales del suministro de agua y que supongan un incentivo a su uso eficiente.
- Abordar cualquier impacto social y ambiental negativo de las políticas sobre precios del agua.
- Apoyar la creación de mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos hidrológicos.

Mayor coherencia e integralidad en la toma de decisiones

- Aplicar enfoques integrados como el enfoque de cuenca y enfoque ecosistémico.
- Fortalecer los marcos normativos, regulatorios y de control de manera clara y coherente.
- Articular mejor la planificación del recurso hídrico con el desarrollo urbano y rural.
- Fortalecer los procesos participativos en la gestión del agua.
- Colaborar con el sector privado e impulsar alianzas.

Aprovechamiento de la ciencia y la tecnología

- Mejorar las tecnologías de protección de la calidad del agua potable.
- Mejorar la eficiencia del uso del agua y concientizar a los usuarios.
- Aplicar de forma más amplia las soluciones basadas en la naturaleza como una estrategia costo-efectiva para resolver los desafíos del agua.

Trabajar en colaboración con academia y organismos de cooperación internacional

- Apoyar el cumplimiento de objetivos internacionales relacionados con el agua.

Cuadro 12: Mejoras en la calidad del agua

 **Para más información revisar:**

Unesco. (2017). *Aguas Residuales. El recurso desaprovechado. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017*. Disponible en Línea: <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002476/247647S.pdf>

Alianza por el Agua. (2008). *Manual de depuración de aguas residuales urbanas*. Disponible en línea: <http://alianzaporelagua.org/documentos/MONOGRAFICO3.pdf> (Último acceso 20 de febrero de 2017).

Cruz Vélez, H. *Clarificadores de Contacto*. Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Disponible en línea: https://campusvirtual.univalle.edu.co/moodle/pluginfile.php/655406/mod_resource/content/4/introduccion%20%20los%20clarificadores.pdf

Fernández, J., Domenech, F. *La fitodepuradora de Fabara, 10 años de funcionamiento de un filtro verde flotante*. Disponible en línea: <http://www.retema.es/revistas/mayo-junio-WnUi>

Gobierno de Canarias. *Informe divulgativo sobre experiencias y resultados en la aplicación de Sistemas de Depuración Natural (SDN) de aguas residuales*. Disponible en línea: <http://www.itccanarias.org/web/prensa/noticias/Informe%20SDN.pdf>

Medina, Y., Ortega de Miguel, E. y Salas Rodríguez, J. *Tendencias actuales en las tecnologías de tratamiento de las aguas residuales generadas en las pequeñas aglomeraciones urbanas*. Disponible en Línea: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4133896>

Merino, L. (ed.). *La depuración de aguas residuales urbanas de pequeñas poblaciones mediante infiltración directa en el terreno*. Instituto Geológico y Minero de España. Disponible en línea: http://aguas.igme.es/igme/publica/depuracion_aresidual/primeras%20paginas.pdf

Peñuela, G. y Morató, J. (2006). *Manual de tecnologías sostenibles en tratamiento de aguas*. TECSPAR. Disponible en línea: http://observatoriaagua.uib.es/repositori/sa_manual.pdf

Proyecto Life. *Manual de Fitodepuración*. Disponible en línea: <https://www.fundacionglobalnature.org/macrophytes/Manual%20sobre%20fitodepuracion.htm>

Iglesias Esteban, R. (2016). *La reutilización de efluentes depurados en España*. Disponible en línea: http://oa.upm.es/39521/1/RAQUEL_IGLESIAS_ESTEBAN.pdf

WWAP (Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos) / ONU-Agua. (2018). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos: Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua*. París: Unesco. Disponible en línea: <http://unesdoc.unesco.org/images/0026/002614/261494s.pdf> (Último acceso: 16 de octubre de 2018)

5. COOPERACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE BENEFICIOS

5.1 Cuencas hidrográficas transfronterizas

Las cuencas hidrográficas y el ciclo del agua no conocen de fronteras geopolíticas. Las cuencas atraviesan varios Estados, y el agua circula por el planeta de forma dinámica. Existen 260 cuencas hidrográficas internacionales en el mundo que cubren casi la mitad de la superficie de la Tierra y albergan al 40 % de la población mundial (Sadoff, Greiber, Smith y Bergkamp, 2008).

En América del Sur, todos los países de la región comparten el agua. Once de las 25 cuencas reconocidas tienen fronteras entre dos o más naciones (figura 8): la Costa del Caribe (Venezuela-Colombia), del Río Orinoco (Venezuela-Colombia), la Costa Atlántica Norte (tres países), el Río Amazonas (siete países), la Costa Atlántica del Este (Brasil-Uruguay), el Río de la Plata (cinco países), la Costa Pacífica Norte (Ecuador-Colombia), la Costa del Pacífico Medio (Ecuador-Perú), la Costa del Pacífico Sur (Perú-Chile), la Costa del Pacífico (Chile-Argentina) y el Sistema Titicaca-Desaguadero-Poopó-Salar de Coipasa (tres países). Se comparte también uno de los mayores cuerpos de agua subterránea del mundo: el Acuífero Guaraní (figura 7).

Al ser la cuenca hidrográfica, en su totalidad, la mejor unidad territorial para la gestión del agua, la cooperación entre naciones se vuelve una necesidad. Los conflictos y desafíos para la gestión compartida del agua no surgen únicamente en contextos internacionales; a escalas nacional y local, entre municipios o comunidades, existen también amplios desafíos que pueden ser igual de complejos. Es indudable que existan tensiones entre los gobiernos (nacionales y locales) que comparten un recurso, pues cada uno tiene agendas propias y necesidades que satisfacer dentro de la soberanía de su territorio. Existen aspiraciones de equidad, así como relaciones asimétricas de poder (Sadoff, Greiber, Smith y Bergkamp, 2008). La gestión compartida de aguas transfronterizas puede ayudar a resolver estos conflictos y generar mayores beneficios para las partes involucradas.

La gestión compartida de una cuenca hidrográfica permite que quienes planifican encuentren las mejores ubicaciones para diferentes actividades y así puedan gestionar las interacciones y compensaciones entre todos los usuarios de la cuenca (Sadoff, Greiber, Smith y Bergkamp, 2008). El enfoque tradicional, que busca el reparto de volúmenes de agua, olvida que cuencas hidrográficas bien manejadas generan más beneficios que solamente este recurso, por ejemplo pesquerías, producción de alimentos, generación de energía hidroeléctrica, recreación, navegación, etc. Así, cuando se realizan las negociaciones, se amplían las opciones para una repartición más justa de todos los beneficios y costos del manejo del recurso. La cooperación ayuda a la conservación del río; a garantizar agua en cantidad y calidad para diversos usos y actores; a generar otros beneficios adicionales; y a reducir las tensiones por acceso a los recursos. La cooperación también genera beneficios intangibles, como mejoras en las relaciones diplomáticas y comerciales, y mayor estabilidad, integración y seguridad en la región.

Algunas definiciones

Ríos o cauces internacionales: se refiere al agua dentro de un canal fluvial o a todo el sistema de drenaje y sistemas conexos de aguas subterráneas.

Cuenca hidrográfica internacional: caudales de superficie, agua subterránea, lluvia y humedad de suelos dentro de una cuenca compartida por varios países.

Aguas internacionales: en derecho marítimo, término legal para las aguas marinas que se encuentran fuera de cualquier jurisdicción nacional.

Recursos hídricos transfronterizos o compartidos: se refiere al agua dulce (superficial y subterránea) que fluye entre fronteras nacionales o subnacionales.

Cuadro 13: Definiciones de aguas compartidas



Cuencas Hidrológicas de América del Sur
Leyenda

- | | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|---|----------------------------|
| 1 - Costa Caribe | 8 - Cuenca de Pamaiba | 15 - Cuenca del Río Negro | 22 - Región La Puna |
| 2 - Cuenca Magdalena | 9 - Costa del Atlántico Este Noreste | 16 - Costa del Atlántico Sur | 23 - Cuenca Salinas Grande |
| 3 - Cuenca del Orinoco | 10 - Cuenca de San Francisco | 17 - Tierras altas centrales Patagonia | 24 - Cuenca Mar Chiquita |
| 4 - Costa del Atlántico Norte | 11 - Costa Atlántica Este | 18 - Costa del Pacífico, Colombia / Ecuador | 25 - Región Pampas |
| 5 - Cuenca del Amazonas | 12 - Cuenca de La Plata | 19 - Costa del Pacífico, Perú | |
| 6 - Cuenca del Tocantins | 13 - Costa del Atlántico Sudeste | 20 - Costa del Pacífico, norte de Chile | |
| 7 - Atlántico Oeste Noreste | 14 - Cuenca del Colorado | 21 - Costa del Pacífico, sur de Chile | |

FAO - AQUASTAT, 2011

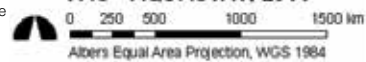


Figura 8: Cuencas hidrográficas de América del Sur (FAO, 2016)

5.2 La cooperación y el Derecho Internacional de Aguas

El Derecho Internacional de Aguas provee a los Estados un conjunto de principios y normas que permiten la construcción de acuerdos bilaterales o multilaterales capaces de promover el desarrollo conjunto de los recursos hídricos de las aguas internacionales. Se fundamenta en el deber de cooperar y en la búsqueda de soluciones pacíficas, eje central de la Carta de las Naciones Unidas suscrita en 1948.

El Derecho Internacional de Aguas cumple con las siguientes funciones:

- Provee una base para la acción y búsqueda de acuerdos.
- No limita la soberanía sino que promueve beneficios mutuos para todas las partes.
- Establece una base para la resolución de conflictos.
- Promueve la equidad y justicia en la dinámica “aguas arriba” / “aguas abajo”.
- Puede ser utilizado por legisladores y actores vinculados con la gestión del agua, con el fin de promover cambios positivos nacionales y locales.
- Permite substanciar demandas relacionadas con un atropello de derechos o una afectación por un incumplimiento de estos principios.

Actualmente, existe un número considerable de instrumentos normativos que integran el Derecho Internacional de Aguas. Se cuenta con acuerdos en los diferentes niveles: internacional, regional y local (de cuenca). Algunos ejemplos notables se enumeran en la figura 9.

Además de los acuerdos y convenios internacionales existentes, el Derecho Internacional de Aguas se compone también de principios generales ampliamente reconocidos que se reflejan en la práctica de muchos Estados. De hecho, están incluidos en numerosos instrumentos (tratados, declaraciones y resoluciones de organismos internacionales) y son reconocidos en las decisiones de tribunales

internacionales. Los principios fundamentales que han dado origen a la definición de facultades y deberes estatales en el uso de aguas en cuencas hidrográficas compartidas se muestran en el cuadro 14.

Es importante tener en mente estos principios al trabajar en una cuenca transfronteriza, ya que regulan los deberes y derechos de cada Estado, así como su marco de acción dentro de la cuenca. Además, los principios establecen el marco fundamental sobre el cual se sostiene el Derecho Internacional de Aguas, promoviendo y guiando la elaboración de acuerdos transfronterizos. Finalmente, fomentan beneficios para todos los actores dentro de una cuenca transfronteriza y establecen las bases legales para lograr una mejor gestión del agua.

Nivel Global

Convención sobre el Derecho de los Cursos de Agua Internacionales para Fines distintos de la Navegación (1997)

Nivel Regional

Convención de Helsinki (1992)

Directiva Marco del Agua de la Unión Europea (2000)

Nivel de cuencas

Acuerdo de Cooperación Amazónica

Tratado de la Cuenca del Plata

Comisión Internacional para la protección del Rin

Figura 9: Acuerdos de derecho internacional del agua en distintos niveles



Principios del Derecho Internacional de Aguas

Principio	Definición
Cooperación	<p>Los Estados parte de la cuenca se consultan y negocian de buena fe, manifestando una intención genuina de alcanzar un acuerdo. Paralelamente, y como consecuencia, se excluye la ruptura de negociaciones sin razones fundadas o la creación de obstáculos para no alcanzar un compromiso.</p> <p>La obligación de negociar de buena fe para acomodar un conflicto de intereses no supone una obligación de evitar la creación de fuentes de riesgo, incluso cuando estas fuentes incluyen la posibilidad de crear daños significativos. Sin embargo, esta obligación sí implica el cumplimiento de deberes procesales básicos que aseguran la debida diligencia y permiten una gestión integrada y sostenible de una cuenca transfronteriza.</p> <p>La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) representa un componente fundamental del principio de cooperación, de los deberes procesales y de la debida diligencia. Los Estados deben llevar a cabo una EIA que incluya los impactos transfronterizos cuando una actividad que se propongan realizar pueda producir impactos significativos más allá de sus fronteras, en particular, sobre un recurso compartido.</p>
Utilización equitativa y razonable	<p>Los cursos de agua internacionales son recursos compartidos sujetos a una soberanía compartida y no a una división igualitaria de las aguas. Por ende, se requiere establecer un balance de intereses considerando los usos y necesidades respecto del agua de todos los Estados parte de la cuenca. Este balance deberá tomar en consideración las necesidades de cada caso en particular, incluyendo la población de cada Estado y su nivel de desarrollo socioeconómico.</p> <p>Para alcanzar una utilización equitativa, se requiere establecer un sistema de gestión conjunta a través de una institución común que permita alcanzar beneficios conjuntos y conservar y desarrollar el curso de agua.</p>
Deber de no causar daños (sensibles)	<p>El derecho internacional no prohíbe todos los daños ambientales. Al contrario, este principio refleja una obligación de diligencia debida (seguir los deberes procesales y cumplir con la EIA) y no una prohibición absoluta de causar daños ni de contaminar cuerpos de agua. Por lo tanto, el daño inevitable no está prohibido <i>per se</i>. Lo que sí se prohíbe es no haber tomado las precauciones necesarias, no haber seguido los deberes procesales y no haber realizado una EIA previa al desarrollo de una actividad potencialmente dañina.</p> <p>Además, los Estados tienen el deber de regular y controlar las fuentes de contaminación (ciertas sustancias están prohibidas), así como de introducir medidas para controlar, mitigar y regular las fuentes de daño ubicadas dentro de su territorio. La contaminación es ilegal solo cuando contradice los intereses de otros Estados o excede los límites impuestos por un tratado específico.</p>
Conservación de ecosistemas	<p>Los Estados tienen el deber de proteger y conservar la integridad de los ecosistemas de agua dulce. Esto supone:</p> <ul style="list-style-type: none">• La obligación de proteger y preservar los ecosistemas de las cuencas transfronterizas.• La obligación de prevenir nuevas fuentes de contaminación, y reducir y controlar aquellas ya existentes.• La prevención en la introducción de especies invasoras que pongan en riesgo los ecosistemas.• La protección a los ecosistemas marinos, incluyendo los estuarios de la contaminación proveniente de fuentes terrestres.

<p>Sostenibilidad, gestión integrada y principio de precaución</p>	<p>La sostenibilidad representa un aspecto connatural del derecho de aguas, ya que refleja la idea que los individuos (en el derecho nacional) y los Estados (en el derecho internacional) no poseen un derecho absoluto de propiedad sobre las aguas ni la relativa facultad de abusar de dichos recursos, más bien estos actores poseen un derecho de usufructo. Además, puesto que la escasez de agua es un problema emergente, la sostenibilidad es fundamental para asegurar un balance entre desarrollo y ambiente. Este aspecto conlleva el de gestión integrada y requiere que se consideren las aguas de la cuenca compartida en el contexto de los ecosistemas de los que forman parte.</p> <p>La sostenibilidad se relaciona también con el principio de precaución, que conmina a los Estados a adoptar todas las medidas necesarias para prevenir, reducir o controlar un daño al ambiente acuático cuando exista el riesgo de un efecto negativo (incluso en aquellos casos en los cuales no haya pruebas contundentes de la relación causal entre el acto o la omisión que causen o puedan causar el daño y los efectos esperados).</p>
<p>Participación</p>	<p>Por una parte, se refiere a la participación equitativa de los Estados de una cuenca y, por otra, a la participación ciudadana.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Participación equitativa: los Estados que comparten una cuenca tienen el derecho a participar en forma equitativa, razonable y sostenible del aprovechamiento y gestión integrada de sus aguas. • Participación ciudadana: los Estados deben tomar las medidas necesarias para asegurar la participación de actores cuyos intereses puedan verse afectados en el proceso de toma de decisiones respecto a la gestión de aguas compartidas.
<p>Deberes procesales (notificación, consulta y negociación)</p>	<p>Para asegurar la gestión integrada de los recursos hídricos, así como para aplicar al principio de cooperación y cumplir con el debido proceso, los Estados parte de la cuenca deben ejecutar unas obligaciones procesales.</p> <p>En primer lugar, los Estados tienen el deber de intercambiar información sobre el estado de la cuenca. Estas tienen principalmente naturaleza técnica, ya que se refieren a aspectos hidrológicos, meteorológicos, ecológicos y de calidad de las aguas.</p> <p>Además, un Estado debe también proporcionar informaciones a incluir en la notificación previa en aquellos casos en los cuales una actividad que se propone realizar pueda causar daños significativos a los intereses de otro(s) Estado(s).</p> <p>El deber de consulta se enfoca en prevenir que un Estado parte de la cuenca ejecute medidas o proyectos que puedan causar efectos perjudiciales a otros Estados. Por lo tanto, estos últimos tendrán la oportunidad de evaluar los efectos de dichas medidas/proyectos y consentir su realización o solicitar más información pertinente. En aquellos casos en los cuales un Estado considere las medidas proyectadas como incompatibles con el uso equitativo de las aguas y el deber de no causar daños, los Estados celebrarán consultas y, de ser necesario, negociaciones, para alcanzar una solución equitativa.</p>

Cuadro 14: Principios del Derecho Internacional de Aguas (Rojas e Iza, 2009)

5.3 La Convención de 1997

La Convención de las Naciones Unidas de 1997 sobre el Derecho de los Usos de los Cursos de Agua Internacionales para Fines Distintos de la Navegación

es el único tratado universalmente aplicable a las cuencas hidrológicas compartidas. Como convención marco, proporciona un conjunto de principios y normas que pueden aplicarse, adaptarse y ajustarse según sea necesario (McCaffrey, 2009). Se considera, en

general, que la Convención ha codificado formalmente el derecho internacional con respecto a los siguientes principios:

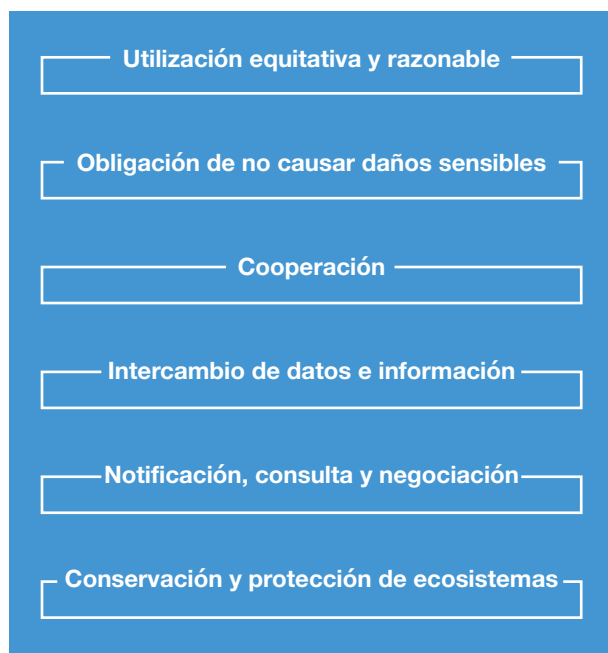


Figura 10: Principios codificados en la Convención de las Naciones Unidas de 1997 sobre el Derecho de los Usos de los Cursos de Agua Internacionales para Fines Distintos de la Navegación.

Estos principios de la Convención, así como sus disposiciones, han influido en varios tratados internacionales, como el Protocolo Revisado sobre Cursos de Agua Compartidos de la Comunidad del África Meridional para el Desarrollo, del 7 de agosto de 2000 (McCaffrey, 2009). Además, la Corte Internacional de Justicia lo utiliza como base para dictaminar sobre varios casos en disputa, como el de la represa de Gabčíkovo–Nagymaros (McCaffrey, 2009).

5.4 Distribución de beneficios

Los principios mencionados anteriormente son la base para emprender y fundamentar la cooperación en un contexto transfronterizo. Sin embargo, en la realidad, los Estados ribereños tienen intereses nacionales divergentes, historias conflictivas y se enfrentan con un contexto geopolítico competitivo. Además, el agua es un recurso estratégico para el desarrollo económico de una nación. Con el acelerado crecimiento poblacional y económico mundial, la demanda hídrica aumenta exponencialmente; crecen la contaminación y la escasez de agua, así como la probabilidad de graves conflictos internacionales.

Es necesario que varios Estados cooperen con visiones y agendas distintas, para poder manejar este recurso de forma integrada y distribuir sus beneficios de manera justa y racional. En estas condiciones, la cooperación multilateral en el manejo de cuencas compartidas es una tarea compleja y delicada que requiere de un amplio nivel de compromiso y de buena fe. Frente a este desafío, se ha desarrollado la Teoría de Distribución de Beneficios, que intenta viabilizar la gobernanza de aguas transfronterizas de forma práctica, eficiente, realizable y sostenible.

Esta herramienta de “distribución de beneficios” no solo se aplica en un contexto internacional, sino también en ámbitos nacionales y locales que compiten por los beneficios del agua (municipios, juntas de riego o de uso, industrias, agricultores, ganaderos, comunidades, empresas públicas y privadas etc.). En este capítulo, el concepto de partes, actores o ribereños se aplica tanto a actores locales como a Estados ribereños.

5.4.1 ¿Qué es la distribución de beneficios?

La idea principal es que al aplicar este enfoque es posible generar más beneficios de los que un país o un actor pueden lograr si actúan solos. Adicionalmente, la DdB permite una mejor gestión del agua eficiente, sostenible y equitativa en toda la cuenca transfronteriza, pues aporta una metodología para que todas las partes y los países ribereños cooperen de forma holística e integrada (Sadoff, Greiber, Smith y Bergkamp, 2008).



Distribución de beneficios

La distribución de beneficios (DdB) puede ser definida como cualquier acción diseñada para optimizar y mejorar la asignación de los costos y beneficios asociados a la cooperación. Esto requiere algún tipo de redistribución o compensación, cuyos detalles dependerán de la situación particular de cada cuenca. (Sadoff y Grey, 2005: 422)

En su esencia, la distribución de beneficios requiere un cambio en el enfoque de la negociación. Tradicionalmente, se parte de una simple asignación de volúmenes de agua y se transita hacia una

distribución justa, equitativa y razonable del conjunto de beneficios obtenidos de la gestión integrada de recursos hídricos (canasta de beneficios) (Lee, 2015).

Estos beneficios incluyen varios aspectos sociales, ambientales, económicos, culturales y políticos, tales como la generación de hidroelectricidad, la navegación, la irrigación y el turismo. Además, se debe tomar en cuenta la distribución de costos relacionados con la gestión del agua, tales como la contaminación, la inversión de capital y la compensación por daños, los desastres naturales, los costos de oportunidad y los costos intangibles (culturales, políticos y ambientales).

Todos los beneficios y costos relacionados con el agua se distribuyen con una visión integral y no únicamente basándose en la cantidad de metros cúbicos de agua por país o actor. En el fondo, las partes negociantes no están interesadas en el agua en sí, sino más bien en los beneficios sociales, económicos y ecosistémicos que pueden conseguir gracias a su uso (Sadoff, Greiber, Smith y Bergkamp, 2008). En ese sentido, es clave poner más temas y beneficios sobre la mesa de negociación (ampliar la “canasta de beneficios”) para “liberar las negociaciones” y aumentar la posibilidad de encontrar una configuración de beneficios (y costos) que sea aceptable y ventajosa para todas las partes (Qaddumi, 2008).

Es importante considerar la gestión sostenible y la conservación del ecosistema como partes integrales de la “canasta de beneficios”. En efecto, los servicios ecosistémicos proporcionados por una cuenca en buen estado de conservación pueden interactuar con otros beneficios económicos y sociales. Por ejemplo, es posible mejorar la generación de hidroelectricidad, reducir los costos de mantenimiento de infraestructura hídrica, aumentar la producción de la acuicultura y pesca, y reducir la probabilidad e intensidad de eventos climáticos extremos como inundaciones y sequías. Por esto, una parte puede ser compensada por la conservación y/o restauración de servicios ecosistémicos claves de la cuenca que benefician a otros actores (Sadoff, Greiber, Smith y Bergkamp, 2008).

El objetivo final es encontrar un escenario en el que no haya ganadores ni perdedores sino solo ganadores gracias a una mejor distribución de la canasta de beneficios que puede aportar el agua (Sadoff y Grey, 2005). Adicionalmente, al tener una perspectiva holística de la cuenca, se puede mejorar la calidad del ecosistema y de sus servicios de forma

integral, lo que permite potencializar los beneficios económicos y sociales de esta.

Es importante considerar que las negociaciones no deben basarse en la igualdad sino en la equidad. Esto quiere decir que no se puede únicamente dividir el agua en una asignación por igual, de una misma cantidad de metros cúbicos para cada parte, sino que se debe asegurar que la distribución tome en cuenta los contextos nacionales, las necesidades locales, los niveles de desarrollo y las poblaciones de cada parte para poder aplicar el principio de utilización equitativa y razonable (Sadoff, Greiber, Smith y Bergkamp, 2008).

Las ventajas de la distribución de beneficios

- Presenta una alternativa a las negociaciones tradicionales, en las que existen ganadores y perdedores.
- Permite generar más beneficios que cuando las partes actúan de forma unilateral y establece escenarios en los que no hay perdedores.
- Facilita la gestión del agua de forma holística para toda la cuenca. Se puede lograr un aprovechamiento óptimo de la cuenca mediante una mejor gestión de sus ecosistemas y conseguir mayores beneficios para todos los actores.
- Fomenta buenas relaciones comerciales y diplomáticas e incluso puede desarrollar lazos económicos estratégicos e interdependencias que alivien tensiones geopolíticas.
- Genera un fuerte incentivo y un antecedente para una mayor cooperación.
- Según el contexto, se puede avanzar paso a paso, comenzando con escalas de cooperación y escenarios más simples para en el futuro incrementar el nivel de cooperación.
- Incluso se puede comenzar con tratados bilaterales (que no incluyen todos los países pero son más fáciles de negociar) y luego los Estados ribereños faltantes tendrán un fuerte incentivo a unirse al constatar los beneficios de la cooperación.

Cuadro 15: Ventajas de la distribución de beneficios

5.4.2 Escalas de cooperación y la multiplicación de beneficios

En el cuadro 16 se muestran varias escalas de cooperación para la distribución de beneficios.



Cuadro 16: Escalas de Cooperación y Multiplicación de Beneficios (adaptado de Sadoff y Grey, 2005: 421).

5.4.3 Cuencas compartidas entre dos o más países

Por lo general, cada país tiene su propia agenda o plan nacional para una cuenca, que busca el ejercicio de su soberanía y el alcance del mayor beneficio posible para la nación. Sin embargo, cuando se genera cooperación entre los países que comparten una cuenca hidrográfica, se puede crear una nueva agenda internacional, cuyos beneficios superan los objetivos nacionales previamente formulados para todos los países involucrados. Esto se logra al gobernar la cuenca como un sistema integrado, permitiendo identificar y compartir los beneficios y los costos de las acciones de manejo, actuales y proyectados, de forma eficiente, equitativa y sostenible.

Cada escala de cooperación atrae un lote de beneficios. Resulta más ventajoso para cada Estado ribereño avanzar hacia el nivel de gestión conjunta para optimizar el aprovechamiento sostenible de una cuenca compartida.

Es posible que el contexto de la cuenca y las relaciones geopolíticas entre Estados ribereños no permitan establecer un nivel apropiado de cooperación, pero es importante tener en cuenta las ventajas que puede aportar la distribución de beneficios y trabajar paso a paso para reforzar los lazos diplomáticos en ese sentido. Se puede comenzar con una escala de colaboración menor, según sea posible, y los beneficios logrados por ese nivel incentivarán a aumentar el trabajo conjunto para maximizarlos (Sadoff, Greiber, Smith y Bergkamp, 2008).



La cooperación transfronteriza en el manejo de cuencas no implica ceder soberanía o entrar en arreglos poco ventajosos para el interés nacional; al contrario, resulta en beneficios superiores para cada Estado, que mantienen la soberanía, refuerzan la buena gobernanza y fomentan el desarrollo socioeconómico sostenible y la conservación de los ecosistemas.

La cooperación en una cuenca internacional, con el enfoque de distribución de beneficios, puede multiplicar los bienes y servicios aportados por el agua y los ecosistemas bien conservados. Así, se puede lograr que el conjunto de ventajas obtenidas mediante un plan internacional compartido sea mayor que la suma de los beneficios aportados por planes nacionales desvinculados (Sadoff y Grey, 2005: 421).

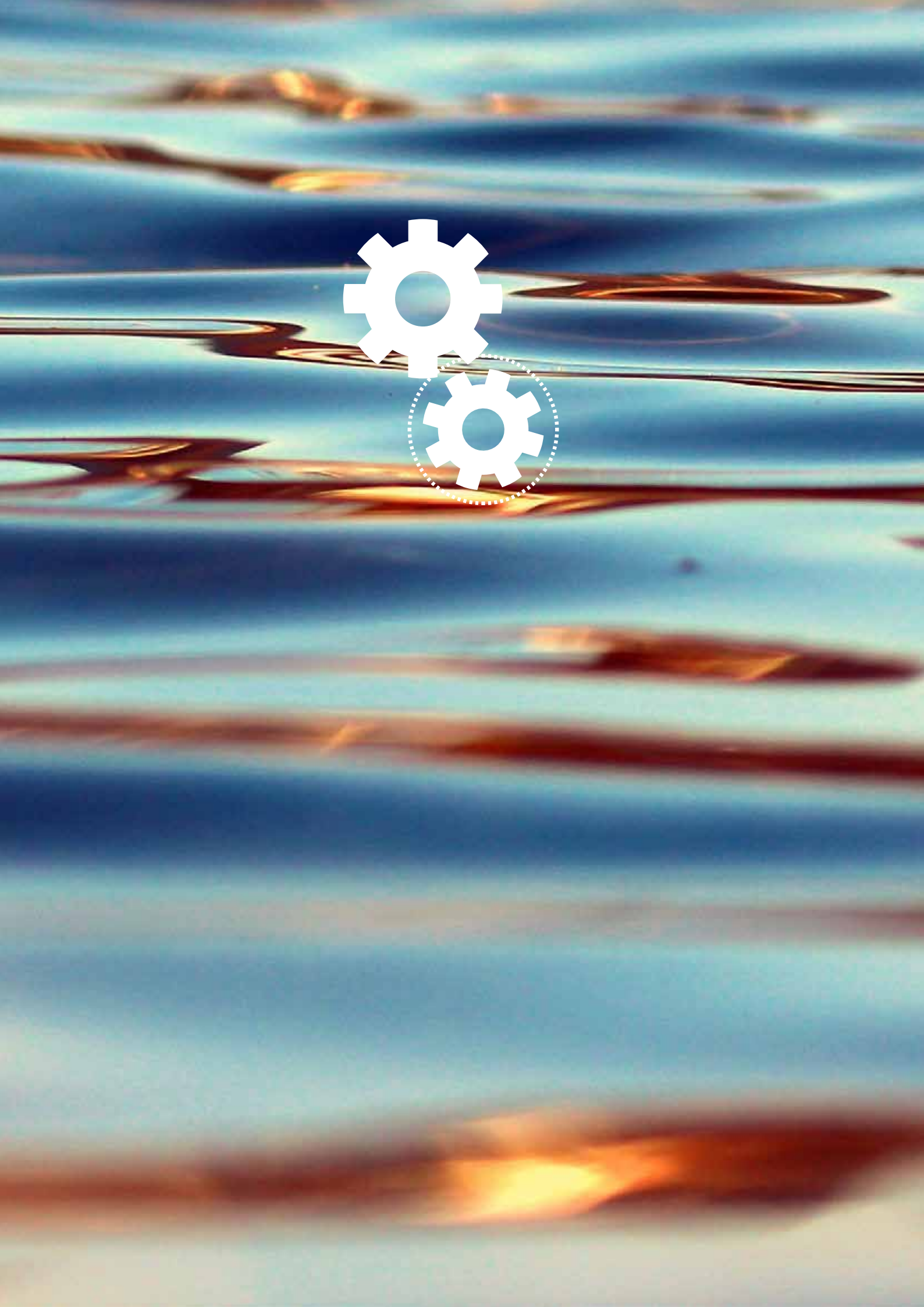
Para más información revisar:

Aguilar Rojas, G. elza, A. (2009). Gobernanza de aguas compartidas: aspectos jurídicos e institucionales. Gland: UICN. *Disponible en línea:* https://cmsdata.iucn.org/downloads/eplp_58_ref_pdf.pdf (Último acceso 15 de febrero 2017)

Asociación Mundial para el Agua (Global Water Partnership, GWP) y Red Internacional de Organismos de Cuenca (International Network of Basin Organizations, INBO). (2012). *Manual para la gestión integrada de recursos hídricos de las cuencas transfronterizas de ríos, lagos y acuíferos*. GWP & INBO: *Disponible en línea:* <https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/references/the-handbook-for-integrated-water-resourcesmanagement-in-transboundary-basins-of-riverslakes-and-aquifers-inbo-gwp-2012-spanish.pdf> (Último acceso: 20 de febrero de 2017).

ONU (Organización de las Naciones Unidas). (1997). Convención de las Naciones Unidas de 1997 sobre el derecho de los usos de los cursos de agua internacionales para fines distintos de la navegación. Ginebra: ONU. *Disponible en línea:* <http://www.solidaritat.ub.edu/observatori/general/docugral/N9777296.pdf> (Último acceso 15 de febrero 2017)

Sadoff, C., Greiber, T., Smith, M. y Bergkamp, G. (2008). *Compartir-Gestionando el agua entre fronteras*. Gland: UICN. *Disponible en línea:* <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/2008-016-es.pdf> (Último acceso 15 de febrero 2017)



SECCIÓN 2

Ejemplos de aplicación

6. INSTRUMENTOS DE GESTIÓN

6.1 Procesos de negociación

La conservación se realiza trabajando de cerca con seres humanos, quienes toman las decisiones. Son las personas las que implementan, o no, mejores prácticas de uso del suelo, aplican principios básicos de gestión del agua o realizan acciones de conservación y restauración de los ecosistemas. Llegar a acuerdos para la gestión sostenible de una cuenca requiere estrategias de manejo de la información y de negociación con todos los actores interesados en la protección de la cantidad y calidad del agua, la biodiversidad y otros servicios ecosistémicos. El objetivo principal de un proceso de negociación es llegar a un acuerdo factible y aceptable entre todas las partes. En el caso de la gestión del agua, esto involucra a muchos actores. Las aproximaciones utilizadas deben ser apropiadas para este contexto y la diversidad particular de cada actor (Dore, Robinson y Smith, 2011).

No hay receta ni metodología para negociar, sin embargo, el proceso siempre conlleva la necesidad de manejar información clave y pertinente, a fin de generar espacios de interés y de confianza, donde se entiendan mejor los intereses y conflictos de todas las partes involucradas. Las herramientas para manejo de información pueden utilizarse por separado o en una combinación estratégica. Esto dependerá de la voluntad, predisposición y conocimiento del tema que tengan las personas con quienes se está negociando.

No existe un periodo determinado para un proceso de negociación. Este puede tomar una hora, un día, una semana, un mes o varios años. Mucho dependerá de los ambientes favorables y el aprovechamiento de los momentos apropiados; del grado de motivación y de persistencia y del manejo de información que se disponga; de la definición de derechos y responsabilidades que haya realizado cada parte, y, particularmente, de la percepción de riesgos que tengan los involucrados.

En general, las negociaciones son procesos iterativos y adaptables a nuevos contextos. Se deben crear alternativas y alcances. Es necesario demostrar la

interdependencia de los actores para encontrar una solución cooperativa. También es fundamental prestar atención a las necesidades de quienes son menos capaces de articular sus reclamos para fomentar su participación y representación adecuada (Dore, Robinson y Smith, 2011).

Espacios para socializar información y generar diálogo

- Charlas en una oficina o en la casa.
- Entrega de folletos / afiches, uso de maquetas.
- Emisión de anuncios radiales y novelas adaptadas a la conservación.
- Interrelación con mensajes claves y ubicados estratégicamente: en la casa, vías, en vallas, también en materiales cotidianos como prendas de vestir, bolsos, etc.
- Recorridos de campo y giras de observación.
- Socialización de resultados de casos exitosos.
- Intercambios de campesino a campesino.

Cuadro 17: Espacios de socialización y diálogo

6.2 Acuerdos para la gestión

Luego de completados los procesos de negociación, por lo general se cristalizan en acuerdos de orden jurídico-institucional. En el cuadro 18, se mencionan algunos de los instrumentos potenciales para desarrollar una gestión del agua más efectiva, los cuales van desde el orden binacional, nacional hasta el nivel de productor.

ÁMBITO	INSTRUMENTO
Binacional	Estatutos, planes, agendas de comisiones binacionales
Nacional	Leyes, reglamentos, acuerdos ministeriales
Regional	Ordenanzas regionales, provinciales, fondos regionales de agua, fideicomisos
Municipal-parroquial	Ordenanzas municipales, resoluciones parroquiales, fondos locales de agua, tasas voluntarias, tasas obligatorias, asignación de recursos
Comunal	Políticas comunitarias, reglamentos, acuerdos de conservación
Productor	Diseño predial, acuerdos de conservación, convenios, contratos, servidumbres ecológicas

Cuadro 18: Instrumentos para la gestión del agua

La gestión de los recursos hídricos debe realizarse al nivel descentralizado más básico apropiado. En este sentido, las ordenanzas municipales y resoluciones parroquiales son un instrumento clave para fortalecer un proceso de gestión del agua. Existen ejemplos de ordenanzas que apoyan al manejo y conservación de las fuentes de agua: desde una mejor regulación del uso del suelo hasta el establecimiento de zonas de protección hídrica; o la implementación de tasas ambientales, pagadas por los usuarios y que se retribuyen a los propietarios que protegen los servicios ecosistémicos. Las tasas voluntarias y obligatorias, y la asignación directa de recursos, son instrumentos que permiten asegurar el financiamiento de acciones de conservación y gestión de cuencas. Generalmente se oficializan en acuerdos y fondos fiduciarios que garantizan recursos estables y de largo plazo, dedicados a la conservación de los ecosistemas.

A nivel comunitario también se pueden generar instrumentos como resoluciones o reglamentos. Un ejemplo de un instrumento voluntario es el aplicado por la comunidad de Ñamarín en el cantón Saraguro, provincia de Loja, Ecuador. Esta comunidad aprobó una política para proteger los bosques y su fuente de agua, y estableció normas de uso que deben cumplir por todas las familias de la comunidad.

Para mantener compromisos de conservación con propietarios, existen instrumentos voluntarios, como un diseño predial, acuerdos o contratos de conservación, convenios, declaratorias de reservas privadas, servidumbres ecológicas, etc. Cualquiera que sea la figura en este espacio, es importante que los acuerdos consideren compromisos permanentes o de largo plazo y prácticas que aporten a la regulación de cantidad y calidad de agua.

6.3 Articulación interinstitucional y alineación de incentivos

Una de las principales preocupaciones que se tiene en las cuencas hidrográficas con áreas agrícolas y ganaderas es la falta de coordinación institucional en relación con las fincas. El diseño predial es un instrumento que se desarrolla participativamente entre instituciones y propietarios, donde una de sus mejores aplicaciones está en la planificación y articulación con las instituciones locales. Se trata de un cambio estratégico de enfoque: partir de la demanda de la finca y no de la oferta de intervención de las instituciones. El diseño predial evidencia la demanda de la finca en cuanto a las prácticas de conservación y restauración que desea implementar para lograr una producción más sostenible o garantizar la provisión de servicios ecosistémicos. Esta demanda organiza y regula la oferta de asistencia técnica e incentivos provenientes de instituciones y gobiernos locales. Se pide lo que se necesita, no se acepta lo que se ofrece.

6.4 Gestión de información, monitoreo y evaluación

La gestión de información para el manejo de cuencas es otro instrumento vital. Este proceso implica la generación de información para la toma de decisiones mediante los diagnósticos participativos, el establecimiento de líneas de base, el monitoreo y evaluación; cuyos resultados son luego socializados a los beneficiarios y sociedad en general. Es importante recalcar que la generación de datos, por sí misma, no contribuye a una buena gestión de los recursos hídricos. Es la forma en la que estos se organizan, analizan y, finalmente, utilizan la que contribuye a una toma de decisiones más informada. En este sentido, es primordial evaluar la información necesaria para la gestión de la cuenca, antes de gastar recursos innecesarios en la colección y sistematización de información por la información.

7. LOS ACUERDOS DE CONSERVACIÓN PARA LA PROTECCIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Según Forest Trends, para el año 2015 en América Latina y el Caribe operan cerca de 50 acuerdos para conservación del agua. Estos se pueden clasificar de la siguiente manera (Bennett, 2016):

- Subsidios públicos para la protección de cuencas hidrográficas
- Acuerdos bilaterales para la protección de cuencas hidrográficas, voluntarios o mandatorios, como fondos de agua y acuerdos de conservación
- Actividades compensatorias por impactos sobre el agua
- Mercados ambientales de agua para recuperación de caudal ecológico y recarga de acuíferos.

Ejemplos de acuerdos para la conservación en América Latina y el Caribe



Programa de Pagos por Servicios Ambientales Hidrológicos de **México**, que ha logrado reducir la deforestación entre 40 % y 50 %, en comparación con escenarios contrafactuales.



En **Costa Rica**, el programa Pagos por Servicios Ambientales, que ha expandido de manera significativa sus contratos con pequeños y medianos propietarios, duplicado de esta manera la cantidad de tierras protegidas. Es financiado exclusivamente por los beneficiarios de servicios ecosistémicos cuenca abajo.



En **Ecuador**, se ha replicado el modelo de fondos de agua, que permanece estable por cerca de 20 años desde su creación.



En **Perú**, doce ciudades han aprobado tarifas para invertir en la conservación de cuencas gracias a la Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios que crea el marco habilitante para obtener fondos públicos y privados para actividades de conservación.



En **Brasil**, se movilizan seis fondos de agua. En total, se estima que se han recaudado más de USD 120 millones para la protección de cuencas.

Cuadro 19: Ejemplos de acuerdos para la conservación (Bennett, 2016)

Uno de estos instrumentos son los Acuerdos de Conservación para el Agua y la Biodiversidad (APAB) (Yaguache, 2009). Estos responden a los aprendizajes y adaptaciones que se han efectuado en más de veinte experiencias en los países andinos. Los APAB se transforman en una plataforma de gobernanza de la cuenca, al apoyar los procesos de intercambio, diálogo y toma de decisiones, de la siguiente manera:

- Se constituyen en un instrumento eficiente y eficaz para la negociación de intereses y conflictos en las cuencas hidrográficas; entre propietarios de las áreas de interés para el agua y la biodiversidad y las instituciones que tienen mayor claridad en competencias para el manejo y conservación de estas áreas.
- Facilitan la interacción y negociación con comunidades para organizar el establecimiento y manejo de medidas de adaptación al cambio climático.
- Se convierten en un instrumento de confianza, reciprocidad y articulación entre los actores involucrados: los propietarios, las autoridades de las instituciones locales y los usuarios de los servicios ecosistémicos.

- Aportan bienestar a distintas poblaciones, por los beneficios locales, regionales y globales, al mantener una oferta de bienes y servicios ecosistémicos.
- Se enmarcan en el principio precautorio, es decir, el contrato se adelanta para la protección de áreas que podrían ser deforestadas o cuyo uso podría ser cambiado.

Los APAB consisten en el pago de tasas ambientales por parte de los usuarios de agua de consumo humano, para ser retribuidas en incentivos y compensaciones para los propietarios de las áreas de interés hídrico mediante acuerdos o contratos de largo plazo y condicionados a la conservación, restauración e innovación productiva. Los recursos del pago de tasas son administrados por fondos locales y por municipalidades.

Si bien presentan similitudes con los esquemas de pago por servicios ambientales, hay aspectos que marcan la diferencia: la condicionalidad; la temporalidad; el seguimiento y evaluación de los acuerdos; el acompañamiento y el financiamiento. En este sentido, constituyen un instrumento innovador para apoyar a la gobernanza de la cuenca, incrementar los niveles de bienestar humano y apoyar a la conservación de los ecosistemas.

En términos de condicionalidad, en las áreas de interés hídrico se trata de negociar la no deforestación de bosques y páramos, y la implementación de prácticas agroecológicas como la salida de ganado vacuno de áreas sensibles; el establecimiento de cercas a lo largo de márgenes de quebradas y ríos para evitar el ingreso de ganado y favorecer la regeneración natural; la construcción de zanjas de infiltración y la aplicación de labranza cero o mínima. La temporalidad se relaciona con la negociación y firma de contratos con el mayor plazo posible y articulando la necesidad de negociar una renovación.

En el seguimiento y evaluación, los técnicos de los gobiernos locales analizan, de manera participativa, el cumplimiento de compromisos y responsabilidades por los propietarios de los terrenos en donde se busca hacer conservación. También se vislumbran dificultades para la implementación o amenazas externas. El seguimiento y la evaluación son aspectos fundamentales para conseguir un cambio de comportamiento (cultura de conservación por parte de los propietarios) y la reducción de amenazas, así como lograr los objetivos de conservación.

Las capacidades de autoridades locales para implementar este tipo de acuerdos están en constante evolución. Sin embargo, muchos todavía requieren de acompañamiento externo y permanente para motivar, estimular y formar a los técnicos; analizar los avances en relación con eficiencia, eficacia y propuestas de innovación; entre otros aspectos. Las actividades de seguimiento y acompañamiento son posibles solo si se cuenta con un financiamiento suficiente, estable y de largo plazo, para implementar estos acuerdos de conservación. En este sentido, es imprescindible establecer un acuerdo, un mecanismo de cobro y un modelo de administración técnica y financiera.

Establecer un acuerdo es un verdadero arte, pues se trata de un proceso de negociación sumativa, persistente y de mucha paciencia. La idea es llegar a un acuerdo voluntario, no obligado, donde las dos partes se sientan ganadoras, es decir, entiendan que ambas obtienen beneficios. Un APAB no significa únicamente la firma de un contrato, se trata de un instrumento de gestión basado en la construcción de institucionalidad local, el financiamiento permanente y la firma de contratos o convenios condicionados que generen adicionalidad.³

La construcción de institucionalidad local es un proceso permanente de toma de decisiones que se cristaliza en instrumentos legales como ordenanzas municipales. Promueve, además, formar capacidades locales para negociación e investigación; fortalecer las unidades ambientales locales; facilitar la participación de los usuarios del servicio de agua; invertir de manera continua; investigar y generar información para la toma de decisiones; ajustar e innovar los instrumentos y todas las acciones de administración, seguimiento y evaluación, para monitorear y sistematizar el cumplimiento de las condiciones y responsabilidades asumidas en los contratos.

El financiamiento constante asegura la disponibilidad de recursos suficientes para la oferta de incentivos y compensaciones de manera estable y permanente.

³ La adicionalidad se refiere a las ganancias adicionales del servicio ambiental. Para su determinación, se parte de una línea base sin proyecto y se confronta con los resultados obtenidos a través de la implementación de un proyecto; si se produce un cambio real en el uso del suelo, se produce adicionalidad y se mejora la provisión del servicio ambiental (Wunder et al., 2008).

La tasa retributiva se puede canalizar a través de distintos instrumentos, como tasas por protección de microcuencas o por uso de servicios ambientales, reducción de impuestos, pago por contaminación, apoyo técnico, etc. Estos recursos se deben invertir en la negociación de incentivos y compensaciones con los propietarios. Además de este instrumento financiero, están las aportaciones anuales de presupuesto, los fideicomisos para el manejo financiero y las donaciones y tasas voluntarias. Los contratos, por su parte, son documentos oficiales donde se estipulan las distintas condiciones y compromisos de las dos partes (usuarios y beneficiarios). Estas condiciones se orientan a reducir amenazas que están limitando la producción de servicios ecosistémicos y, con ello, a generar adicionalidad.

Existen tres elementos claves para la creación de un fondo de agua local o programa de acuerdos de conservación: la disposición a pagar por parte de los usuarios de los servicios ecosistémicos o población urbana de las ciudades; la disposición a aceptar la firma de acuerdos por parte de los propietarios de las áreas de importancia hídrica donde se regula el agua para las ciudades, y la disposición a tomar decisiones por parte de las autoridades locales (Yaguache, 2009).

En una encuesta realizada por Yaguache (2012a), la disposición a pagar tasas retributivas para el manejo de microcuencas abastecedoras de agua para consumo humano por parte de las poblaciones urbanas de ciudades en experiencias conocidas en la región Andina es del 61 % de los encuestados, con una tasa mensual entre USD 0,25 y 0,5 por familia. Entre mayor cantidad y calidad de información que reciban de manera oportuna los usuarios de los servicios ecosistémicos, mayor es su disposición a pagar. Complementariamente, entre mayor confianza tengan los pobladores en sus autoridades, su disposición a pagar también aumenta. La disposición a aceptar la firma de acuerdos de conservación por parte de los propietarios, es de alrededor del 54 %; lo que demuestra apertura y posibilidad de establecer procesos de negociación para la implementación de este tipo de acuerdos de conservación.

8. ECOSISTEMAS PROVEEDORES DE AGUA

Dentro de una cuenca hidrográfica, la calidad, la cantidad y el flujo del agua están regulados por la topografía, geología, edafología, cobertura vegetal, uso del suelo y otras actividades humanas. Esto significa que la forma en la que los territorios son utilizados y manejados tendrá un gran impacto en el agua disponible.

La seguridad hídrica debe ser un eje estratégico en la planificación territorial. Los beneficiarios del agua, tales como juntas de riego, plantas hidroeléctricas, municipalidades, industrias y organizaciones con interés en la conservación de los ecosistemas, deben trabajar en conjunto para encontrar alternativas que garanticen cubrir las necesidades de todos, de los ecosistemas y de las generaciones futuras. En muchos casos, esto significa construir mosaicos de paisaje que incluyan pastizales y áreas de cultivo, pero también bosques, páramos, humedales y áreas de amortiguamiento en riberas. Modificar las combinaciones de uso de suelo trae consigo cambios en los servicios ecosistémicos hidrológicos provistos por el conjunto del paisaje, lo que repercute directamente en el bienestar humano.

Es importante evidenciar la relación entre la condición de los ecosistemas y su capacidad de proveer

servicios hidrológicos. Reconocer los beneficios aguas abajo es la motivación para influir en la toma de decisiones y manejo de cuencas en la parte alta. En este sentido, un acercamiento válido a la planificación es establecer indicadores de servicios hidrológicos.

En este sentido, se busca responder a las preguntas de cuáles y qué nivel de servicios se necesitan en la parte baja de la cuenca y cuál es la capacidad del mosaico del paisaje para satisfacer esa demanda. Diferentes combinaciones de ecosistemas naturales y modificados proveen distintos “paquetes de servicios”, en diversas cantidades y momentos. El reto para los tomadores de decisiones es articular la intensidad de uso de manera que produzca esta combinación óptima. También, definir y cuantificar una serie de indicadores que demuestren que estos beneficios efectivamente se están entregando. Un ejemplo se muestra en el cuadro 20.

Muchas funciones y procesos de los ecosistemas están entrelazados; en consecuencia, los indicadores necesitan proveer información del estado y de las interacciones dinámicas. Se debe identificar el tipo y fuentes de información apropiados y organizarlos de manera que se puedan utilizar para la planificación, negociación y monitoreo de las acciones en la cuenca.

Servicios ecosistémicos en cuencas hidrográficas	Atributos del servicio	Indicador de estado	Ejemplos de indicadores de uso sostenible
Servicios de provisión			
Provisión de agua	<ul style="list-style-type: none"> Precipitación, infiltración, percolación, flujos de base, flujos de aguas subterráneas Efectos bióticos y abióticos en la calidad del agua 	<ul style="list-style-type: none"> Capacidad de almacenamiento del agua (m³/m²) Concentración de contaminantes 	Descargas (m ³ /año)
Provisión de alimentos	<ul style="list-style-type: none"> Producción agrícola, pecuaria y piscícola Animales y plantas comestibles 	<ul style="list-style-type: none"> Uso del agua para agricultura (m³/ha) Reserva de peces y otros recursos hidrobiológicos (kg/m³) 	Uso máximo sustentable del agua para irrigación (m ³ /año) Productividad neta (kg/ha/año)
Provisión de otros bienes	<ul style="list-style-type: none"> Materia prima (semillas, madera, etc.) Medicinas 	<ul style="list-style-type: none"> Cantidades disponibles (kg/ha/año) 	Cosecha máxima sustentable (kg/ha/año)
Energía hidráulica	<ul style="list-style-type: none"> Caudal para generación hidroeléctrica 	<ul style="list-style-type: none"> Capacidad de almacenamiento de los cursos de agua y lagos (m³/m²) Pendiente (grados) y elevación (m) 	Producción máxima sustentable de energía (kWh/año)

Servicios ecosistémicos en cuencas hidrográficas	Atributos del servicio	Indicador de estado	Ejemplos de indicadores de uso sostenible
Servicios de regulación			
Regulación de flujos de agua	<ul style="list-style-type: none"> • Retención y liberación de precipitación (especialmente bosques, páramos y humedales) • Almacenamiento de agua en ríos, lagos y humedales • Recarga y descarga de aguas subterráneas 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de infiltración (mm/h) • Capacidad del suelo para retención del agua (m³/m³) 	<ul style="list-style-type: none"> • Volumen de flujo base (m³/año)
Reducción de riesgos ante desastres	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir los picos de inundación y daños por tormentas • Protección de costas • Estabilidad de taludes 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad natural máxima de almacenamiento de agua (m³/m³) 	<ul style="list-style-type: none"> • Tamaño (m²) y valor económico (USD/km²/año) de las áreas protegidas frente a inundaciones
Control de procesos de erosión y sedimentación	<ul style="list-style-type: none"> • Protección del suelo por la cobertura vegetal 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de infiltración (mm/h) • Largo de las laderas (m) • Terrenos abandonados (%) 	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de suelos (kg/ha/año) • Retención de sedimentos (kg/ha/año)
Purificación del agua	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de eutofización de ríos y lagos • Mantenimiento del ciclo de nutrientes • Remoción o descomposición de materia orgánica, sales y contaminantes 	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de nitrógeno (kg/ha) • Sólidos totales disueltos (kg/m³) • Conductividad eléctrica (uS/cm) 	<ul style="list-style-type: none"> • Desnitrificación (kg/ha/año)
Servicios de soporte			
Hábitat para vida silvestre	<ul style="list-style-type: none"> • Hábitat y criaderos de vida silvestre 	<ul style="list-style-type: none"> • Especies endémicas y residentes (número) • Área de superficie por tipo de ecosistema (ha) • Área de hábitat crítico (ha) 	<ul style="list-style-type: none"> • Incrementos o decrecimiento en el tamaño de población de la especie (número)
Caudal ecológico	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento de caudales para la salud de los ecosistemas 	<ul style="list-style-type: none"> • Descarga en cada estación (m³/día) 	<ul style="list-style-type: none"> • Especies de peces y poblaciones • Cosecha total de peces (t/año)
Servicios culturales y de recreación			
Servicios estéticos y de recreación	<ul style="list-style-type: none"> • Calidad y atributos del paisaje 	<ul style="list-style-type: none"> • Valoración declarada • Valor recreacional (pe: cobro de entrada USD/visita) 	<ul style="list-style-type: none"> • Casas en la orilla de un lago (#/km²) • Visitantes (#/año)
Patrimonio e identidad	<ul style="list-style-type: none"> • Características del paisaje o especies 	<ul style="list-style-type: none"> • Importancia cultural y sentido de pertenencia 	<ul style="list-style-type: none"> • Visitantes (#/año) • Peregrinos (#/año)
Inspiración estética y artística	<ul style="list-style-type: none"> • Valor inspiracional de las características del paisaje o especies 	<ul style="list-style-type: none"> • Libros, pinturas y fotografías que utilicen la cuenca como inspiración 	

Cuadro 20: Servicios ecosistémicos relacionados a cuencas hidrográficas y ejemplos de indicadores de estado y de uso sustentable (Smith, de Groot, Perrot-Maïte, & Bergkamp, 2006)

9. PRIORIZACIÓN DE ÁREAS Y ACCIONES PARA LA PROTECCIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS HIDROLÓGICOS

Una parte importante del proceso de planificación y desarrollo de una cuenca hidrográfica consiste en tomar decisiones con respecto a cómo, dónde y con quién intervenir, dado que los proyectos tienen tiempos y presupuestos limitados. Por esta razón, es importante establecer los lugares de la cuenca en donde los esfuerzos y la inversión pueden generar los mayores impactos para alcanzar una gestión sostenible. Es fundamental contar con criterios básicos que permitan a un gobierno local o institución no gubernamental priorizar áreas de intervención y acciones dentro de una cuenca hidrográfica, en este caso con el fin de proteger los servicios ecosistémicos hidrológicos.

Los procesos de priorización permiten:

- Identificar y establecer áreas de intervención que requieren atención prioritaria, urgente o estratégica, en función de la demanda de la cuenca.
- Realizar inversiones más eficaces en áreas que demandan mayor prioridad, como resultado de la interrelación de diferentes parámetros político-institucionales, ambientales, económicos y sociales.
- Articular distintos intereses institucionales en áreas comunes; un área priorizada se constituye en una oportunidad para que las distintas instituciones construyan una visión compartida del territorio, coordinen acciones, y organicen y distribuyan los esfuerzos de ejecución y regulación de los incentivos disponibles.

Las áreas de intervención prioritaria juegan un rol importante para los ecosistemas, los procesos hidrológicos y las poblaciones locales. Las áreas de vegetación próximas a un curso de agua o en las cejas de montaña pueden no ser consideradas importantes por los actores locales; sin embargo, cumplen funciones ecológicas y reguladoras relevantes: son el hábitat de especies importantes, contribuyen al control de inundaciones o son sitios críticos para los esfuerzos de conservación. Un área crítica también puede ser determinada por los usos del agua, como el abastecimiento a poblaciones, riego, áreas recreativas

o hábitats frágiles de vida silvestre. El objetivo en áreas críticas debe ser planificarlas y ubicarlas para asegurar el mantenimiento de sus servicios ecosistémicos y biodiversidad.

Al mismo tiempo, existe una diversidad de actores públicos y privados que intervienen en este mismo espacio, por lo que la articulación y coordinación de acciones en territorio es imprescindible para alcanzar un manejo eficiente y eficaz de la cuenca. Estas acciones pueden apoyarse en el desarrollo de herramientas y mapas de priorización que faciliten la planificación, el direccionamiento y costo-eficacia de acciones en territorio, para evitar la duplicidad de esfuerzos, maximizar el impacto en territorio y generar sinergias entre diversas iniciativas. Para la priorización, se debe considerar la participación, al menos, de los siguientes actores claves:

ACTORES	RAZÓN
Instituciones públicas (ministerios, secretarías, etc.)	Son entes rectores de políticas agropecuarias, ambientales, sociales.
Gobiernos locales	Tienen competencias exclusivas en el territorio regional, provincial, cantonal.
Organizaciones no gubernamentales	Ejecutan proyectos de desarrollo.
Organizaciones sociales y comunitarias	Mantienen una base de organización social y con productores.
Productores	Usan y aprovechan el suelo con actividades agropecuarias.
Empresas privadas	Desarrollan inversiones a través de proyectos productivos y de infraestructura.

Cuadro 21: Actores claves para el proceso de priorización de acciones en el manejo de cuencas hidrográficas.

En los procesos de participación para la priorización, cada actor clave tiene la oportunidad de reflejar sus intereses institucionales por determinados territorios, y proponer estrategias, preocupaciones, parámetros y criterios para integrarlos en el proceso de priorización. Este proceso contempla tres momentos: la priorización de territorios; la priorización de prácticas/acciones, y la articulación de incentivos e instituciones a nivel de finca.

9.1 Priorización de territorios

La priorización de territorios comienza con la organización de información existente, para luego definir categorías, parámetros y criterios, como puede apreciarse en el cuadro 22.

CATEGORÍAS	PARÁMETROS	CRITERIOS
Político-institucional	Intereses institucionales políticos	Las áreas seleccionadas con base en ejercicios de priorización específicos se reconocen como territorios de prioridad en la cuenca.
Socioeconómica	Intereses locales (demanda de agua para consumo humano y riego)	Cada área de recarga hídrica que abastece con agua para consumo y riego a familias y poblaciones locales es un territorio de prioridad.
Ambiental	Áreas estratégicas para la producción de servicios ecosistémicos: áreas con presencia de bosques de neblina; corredores ecohidrológicos	Áreas con ecosistemas ubicados estratégicamente para la provisión de servicios ecosistémicos tienen prioridad.
Riesgos	Riesgos a los servicios ecosistémicos: deforestación, erosión, inundaciones y movimientos en masa	Áreas expuestas a riesgos climáticos y antrópicos tienen mayor prioridad.

Cuadro 22: Criterios para priorización de territorios

El procedimiento consiste en sumar las áreas de interés institucional (ii) con las áreas de interés local (il) y las áreas estratégicas para producción de servicios ecosistémicos (ase). El resultado de este proceso nos da un gran territorio, el cual se intercepta por la suma de las áreas expuestas a riesgos por deforestación (rd), erosión (re), movimientos en masa (rmm) e inundaciones (ri). Así, se obtienen las áreas críticas de intervención prioritaria.

$$tp = (ii + il + ase) * (rd + re + rmm + ri)$$

Donde:

- tp** Territorios prioritarios
- ii** Intereses institucionales
- il** Intereses locales
- ase** Áreas para producción de servicios ecosistémicos
- rd** Riesgo de deforestación
- re** Riesgo de erosión
- rmm** Riesgo de movimientos en masa
- ri** Riesgo de inundaciones

9.2 Priorización de prácticas y acciones

La priorización de prácticas básicas y acciones que no deben faltar en el manejo de cuencas con fines de protección de servicios ecosistémicos se describen en el cuadro 23.

Criterios	Uso actual y cobertura que responde a criterios	Prácticas básicas	Contribución a la protección de servicios ecosistémicos
Ecosistemas con funciones esenciales de la regulación de cantidad y calidad de agua	Páramos	Protección de remanentes de bosques, páramos y matorrales	Almacenamiento temporal de agua, protección de biodiversidad, mitigación al cambio climático
	Bosques		
	Matorrales		
	Humedales		
Restauración para contribuir con la protección de servicios ecosistémicos	Áreas ribereñas	Protección y restauración de vegetación ribereña	Formación de filtros biológicos para mejorar calidad de agua: retención de sedimentos, incremento de oxígeno disuelto y disminución de temperatura del agua
	Cejas de montaña o líneas de cumbre	Restauración de cejas de montaña	Recarga de flujos base para regulación de cantidad de agua. Recuperación de biodiversidad y conectividad
	Áreas degradadas	Recuperación de áreas degradadas	Recuperación de vegetación para áreas de conservación o productivas
	Laderas con uso agropecuario	Restauración de franjas de conectividad	Formación de una barrera natural para control de erosión, estabilización de taludes, conectar parches de bosque y aportar con otros beneficios complementarios (sombra, forraje)
Innovar las prácticas productivas	Cultivos	Innovación de prácticas agropecuarias: manejo de prácticas agroforestales y agroecológicas	Mejorar la productividad y estabilidad de sistemas productivos
	Pastizales		
Manejo Forestal	Plantaciones forestales	Manejo de plantaciones forestales con fines hidrológicos	Incremento de infiltración (disponibilidad de agua), recuperación de biodiversidad

Cuadro 23. Prácticas/acciones básicas que no deben faltar en los procesos de protección de servicios hidrológicos en cuencas hidrográficas.

9.3 Articulación institucional y de incentivos

Para todo proceso de intervención en un territorio que tenga como propósito implementar acciones de conservación y desarrollo, se requiere diseñar y mantener una estrategia de colaboración y articulación institucional. Se propone que el nivel de trabajo sea la finca, mediante el diseño predial, con la finalidad de integrar de una mejor manera las actividades posibles para conservación, restauración e innovación productiva.

Para realizar un diseño predial, en una primera visita se efectúa un acercamiento hacia las familias y actores interesados, y se desarrolla una reunión para explicar las oportunidades de este proceso. Cada familia entrega información relacionada con el levantamiento topográfico o plano de la finca. Luego se realiza un recorrido de campo para el reconocimiento, ubicación, toma de coordenadas con GPS y caracterización de la finca. Con estos datos, se elabora un plano o mapa con detalles del predio. Es importante una georreferenciación participativa del uso actual y cobertura del suelo con apoyo de ortofotos o imágenes satelitales. También se ubican las prácticas agroproductivas que se están desarrollando. Este croquis de la situación actual es la línea de base o punto de partida.

Luego, se realiza un acercamiento a las instituciones locales, para identificar los incentivos posibles que estén relacionados con los objetivos de la familia.

Con esta información y de manera participativa, se diseñan las actividades que se efectuarán y que permitirán acceder a esos estímulos. Finalmente, se construye un nuevo plano en donde se plasman las prácticas de conservación, restauración e innovación productiva a ser implementadas o mejoradas. Este croquis refleja la situación deseada para la finca en el corto, mediano y largo plazo.

Se debe realizar seguimiento a los cambios producidos por las mejores prácticas de manejo, de manera que se puedan establecer los avances y retrocesos para alcanzar la situación deseada. Así, la planificación se adapta a la realidad y puede corregir desviaciones oportunamente.

9.4 Ejemplo de aplicación

La cuenca binacional Catamayo-Chira es particularmente interesante para aplicar una herramienta de este tipo, debido a sus condiciones hidrológicas, ecológicas y socioeconómicas. En esta cuenca se encuentran proyectos enfocados en la gestión integrada del recurso hídrico y la adaptación al cambio climático. Además, cuenta con marcos de gobernanza y planificación que requieren de una adecuada articulación y coordinación con actores locales e iniciativas de gobierno a todo nivel, incluso trasfronterizo. En este sector se realizó el ejercicio de priorización. Se aplicó la metodología antes descrita; el resultado de ordenar la información existente se presenta en las siguientes figuras.



Figura 12. Interés institucional (Senagua, GADP Loja y Consejo de Recursos Hídricos de Chira-Piura)



Figura 13. Territorios de interés local



Figura 14. Representación de la zona del corredor transfronterizo



Figura 15. Representación del área potencial con presencia de bosques de neblina



Figura 16. Riesgo de deforestación



Figura 17. Riesgo de erosión



Figura 18. Riesgo de inundaciones



Figura 19. Riesgo de movimientos en masa

Con estos insumos, se efectuó el álgebra de mapas según la fórmula indicada. Los resultados se presentan en las figuras 20 y 21.

$$tp = (ii + il + ase) * (rd + re + rmm + ri)$$



Figura 20. Áreas de prioridad

La figura 20 sintetiza todas las áreas de mayor prioridad en la cuenca, de acuerdo con los diversos intereses institucionales y los criterios de conservación de bosques de neblina y conformación de un corredor ecohidrológico.



Figura 21. Priorización de territorios para intervención en la cuenca



Figura 22. Plano de la situación actual

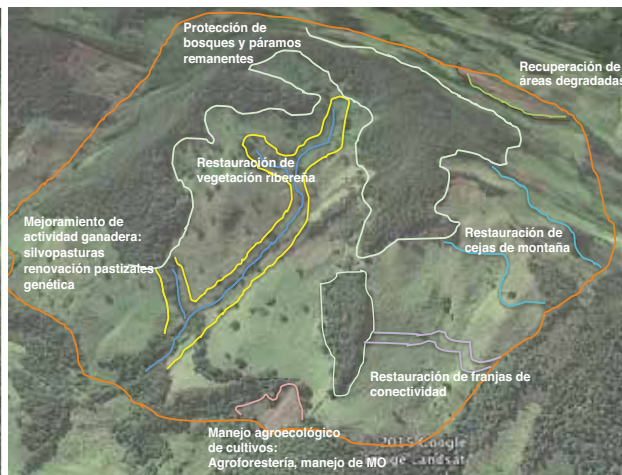


Figura 23. Plano de la situación deseada

Al interceptar las áreas de prioridad con las áreas de riesgo a amenazas, se obtiene una sección de territorio con mucha más prioridad o urgencia para intervenir (figura 21).

Una vez definidos los territorios con mayor prioridad, se seleccionó una unidad hidrográfica para realizar el ejercicio de planteamiento de prácticas básicas y acciones (cuadro 23). En este caso se eligieron las siguientes:

- Protección de bosques y páramos remanentes
- Restauración de la vegetación ribereña
- Restauración de cejas de montaña
- Restauración de franjas de conectividad
- Mejoramiento de la actividad ganadera
- Manejo agroecológico de cultivos

Así, se procedió al diseño predial a nivel de esta unidad. Las figuras 22 y 23 se presentan los croquis de la situación actual y deseada.

Luego se identificaron los incentivos locales que podrían facilitar la implementación de estas medidas (programas nacionales de incentivos para la conservación, ordenanzas municipales de reducción de impuestos, programas productivos y de asistencia técnica y un cronograma de ejecución). La figura 24 resume las posibilidades.

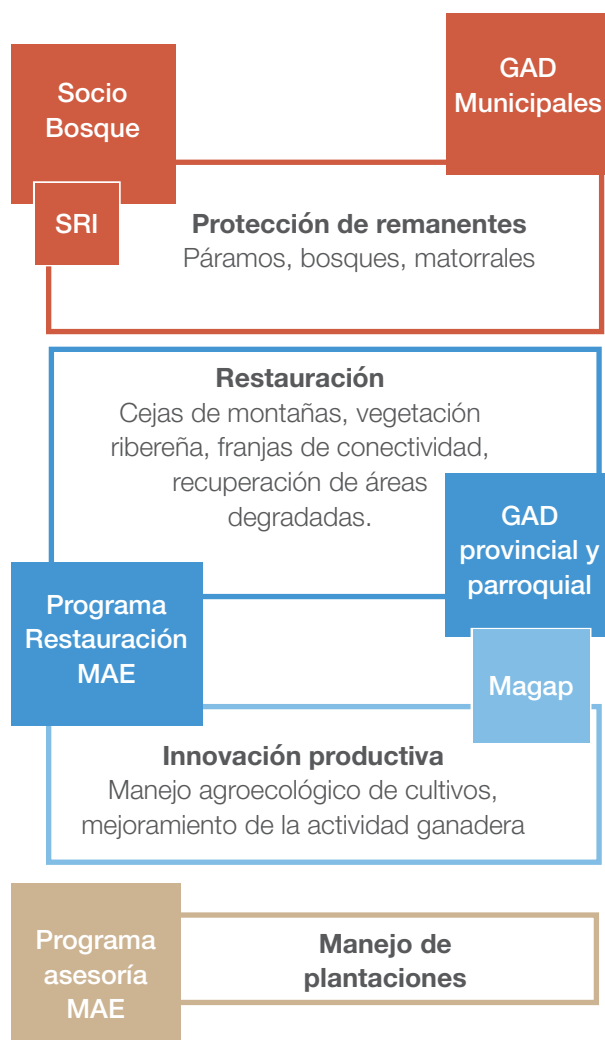


Figura 24. Posibilidades de articulación institucional e incentivos a nivel de fincas

10. EL MANEJO DE PLANTACIONES FORESTALES EN CUENCAS

La producción de agua o rendimiento hídrico de una cuenca se determina por la ocurrencia de diferentes procesos hidrológicos establecidos en la siguiente ecuación de balance hídrico.

$$E = S + A$$

En donde:

E= Entradas de agua a la cuenca

S= Salidas

A= Almacenamiento

Las **entradas** están dadas por:

- La precipitación, que es la cantidad total de lluvia que se contabiliza en mm (1mm=1litro/m² o 10 m³/ha) en un año calendario.
- En algunas cuencas existe neblina, denominada también como precipitación horizontal, por lo que se constituye en agua adicional.
- Es importante contabilizar el ingreso de agua proveniente de trasvases para riego u otros propósitos, que puede ocurrir en ciertas cuencas.

Las **salidas** están constituidas por:

- La evapotranspiración (ET), que corresponde a la sumatoria de los fenómenos de evaporación (E) + transpiración (T) + interceptación (I).
 - La evaporación de agua ocurre en la parte superficial del suelo de bosques y de superficies de ríos, lagunas, glaciares y otros cuerpos de agua.
 - La transpiración es un proceso fisiológico, mediante el cual las plantas toman agua del suelo y devuelven parte de esta a la atmósfera.

- La interceptación es un proceso físico que depende del régimen de lluvias en la región y de la energía disponible en el ambiente. Corresponde al agua que se queda en las copas de la vegetación, no toca el suelo y se devuelve a la atmósfera mediante evaporación.

- La descarga de agua por el río o quebrada a la salida de la cuenca (escorrentía superficial + escurrimiento subsuperficial + escurrimiento de base / flujo base).
- Las cosechas que salen de la cuenca (frutas, granos, etc.).
- El agua de riego y de consumo humano que se trasvasa a otra cuenca.

El **almacenamiento** de agua, que ocurre en:

- Suelo
- Reservorios artificiales
- Acuíferos (agua subterránea)

Las actividades de manejo forestal y reforestación, más la deforestación, causan impactos en el rendimiento hídrico o producción de agua en las cuencas hidrográficas.

La tala rasa de un bosque para incorporar cultivos incrementará el rendimiento hídrico en una cuenca, debido a la reducción de la evapotranspiración de manera temporal. Lo mismo ocurre con los raleos y la apertura de caminos. El incremento inicial del rendimiento hídrico es proporcional a la cantidad de biomasa removida (Bruijnzeel, 1996).

Por otro lado, las plantaciones forestales, especialmente con especies de rápido crecimiento, pueden disminuir las reservas de agua en los periodos secos del año, debido a la evapotranspiración de la plantación. El consumo estimado de agua por

evapotranspiración en plantaciones jóvenes de pino y eucalipto en Chile alcanzó valores cercanos a 30 % de la precipitación durante el primer año de mediciones, y aumentó hasta valores de 58 % en el tercer periodo de mediciones en ambas plantaciones (Oyarzún y Huber, 1999).

Un componente de la evapotranspiración es la interceptación o interceptación de agua que ocurre en las copas de los bosques (donde también crecen epífitas). Esta varía en función de las condiciones climáticas de la zona y de los contenidos de biomasa de la vegetación. Según Tobón (2009), los valores de interceptación de la precipitación, en los bosques nativos andinos, pueden variar entre el 19 y 53 %. En sitios con alta interceptación de agua, los raleos estratégicos pueden incrementar el rendimiento hídrico en una cuenca. Por ejemplo, en las plantaciones de pino ubicadas en cejas de montaña con altas densidades y donde no se han practicado podas ni raleos, los raleos en mangas o franjas (diseñadas con fines hidrológicos) incrementarían la producción de agua en las cuencas, debido a que

el agua que se consume por evapotranspiración (interceptación + transpiración) en estas áreas cae directamente al suelo para su infiltración. Según Alvear et al. (2004) y Buytaert et al. (2006), el rendimiento hídrico en la cuenca de páramo con plantación de *Pinus patula* es un 50 % menor del observado en una microcuenca sin plantación.

La presencia de neblina también influye en las cuencas, pues aporta agua adicional como precipitación horizontal y contribuye a disminuir las pérdidas por evapotranspiración. La deforestación de bosques de neblina puede reducir considerablemente la producción hídrica de una cuenca; mientras que las plantaciones forestales con especies nativas en estas zonas son muy pertinentes e importantes por su función de condensar la neblina e incorporar más agua al suelo para su infiltración y alimentación de los escurrimientos de base. En estudios realizados por Motzer et al. (2011) y Rollenbeck et al. (2011), el aporte de la neblina está entre el 3 y 28 % con respecto a la entrada total de agua a la cuenca.

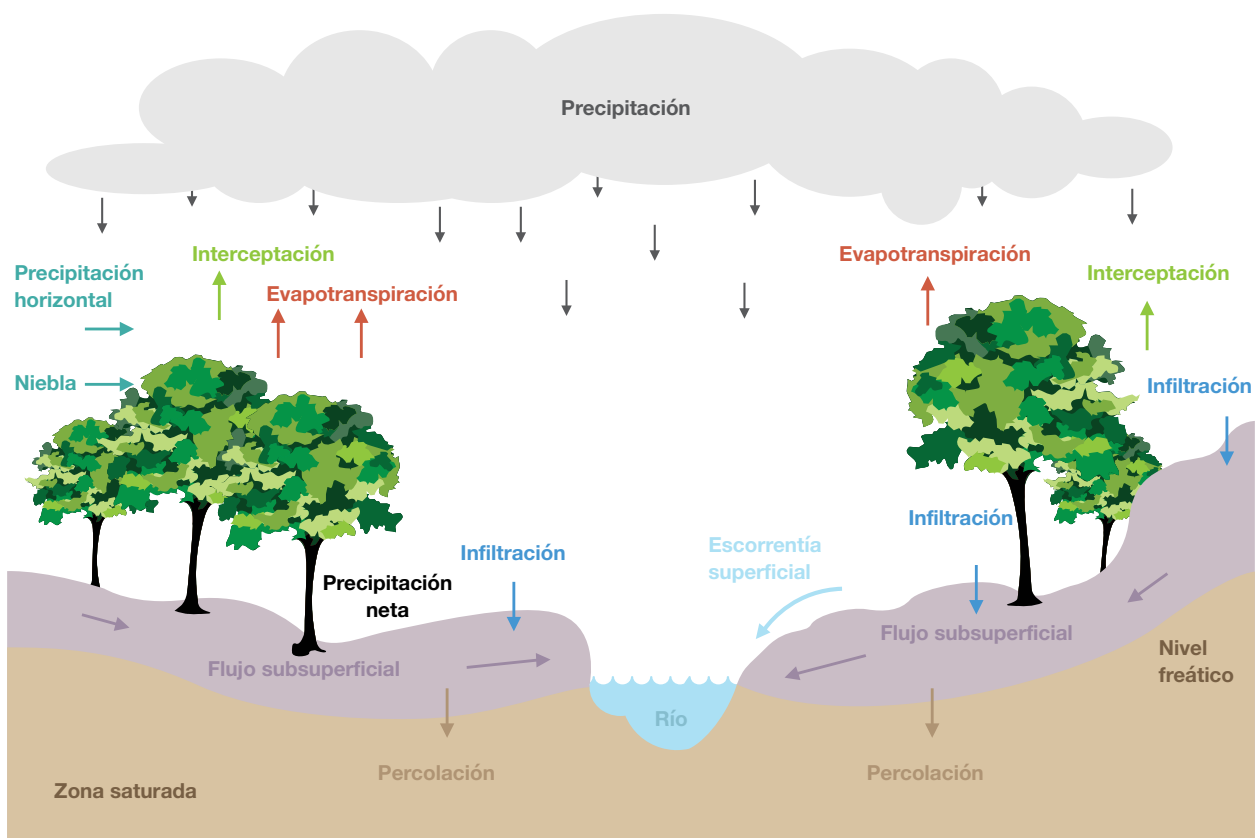


Figura 25: Ciclo hidrológico en bosques

11. GESTIÓN DE ACUÍFEROS

El agua superficial y el agua subterránea están estrechamente interconectadas. Aunque las recargas del agua subterránea tienen un proceso más largo que el agua superficial, ambas deben gestionarse como un solo recurso, desde un enfoque integrado, puesto que interactúan y se modifican complementariamente. Según Owen et al. (2010), el enfoque integrado dependerá de los siguientes factores:

- Dimensiones y complejidad hidrogeológica
- Grado de aridez climática y tasa de recarga del acuífero y renovación del recurso
- Escala de la extracción de agua subterránea, cantidad y tipos de usuarios
- Rol ecológico y servicios ambientales que dependen del agua subterránea (amenaza de elementos traza y presencia de agua salina)
- Otros recursos hídricos disponibles

Un monitoreo de rutina de la calidad y el nivel freático de los acuíferos es indispensable para comenzar a gestionar las aguas subterráneas de una cuenca hidrográfica. Es necesario caracterizar y modelar sus variaciones espaciales y temporales. También es una prioridad identificar a todos los usuarios y tener certezas sobre los volúmenes de agua que extraen. Sin esta información será imposible establecer verdaderas medidas de gestión (Smith, Cross, Paden y Laban, 2016).

Se sugiere generar modelos de aguas subterráneas, pues estos ayudan a entender cómo un acuífero responde a las presiones de extracción y contaminación. Además, pueden ser alimentados con nueva información, en la medida en que se genera, y mejorar su capacidad predictiva. En consecuencia, son herramientas de apoyo para la toma de decisiones de gestión. Una propuesta para iniciar un plan de gestión de aguas subterráneas se muestra en la figura 26.

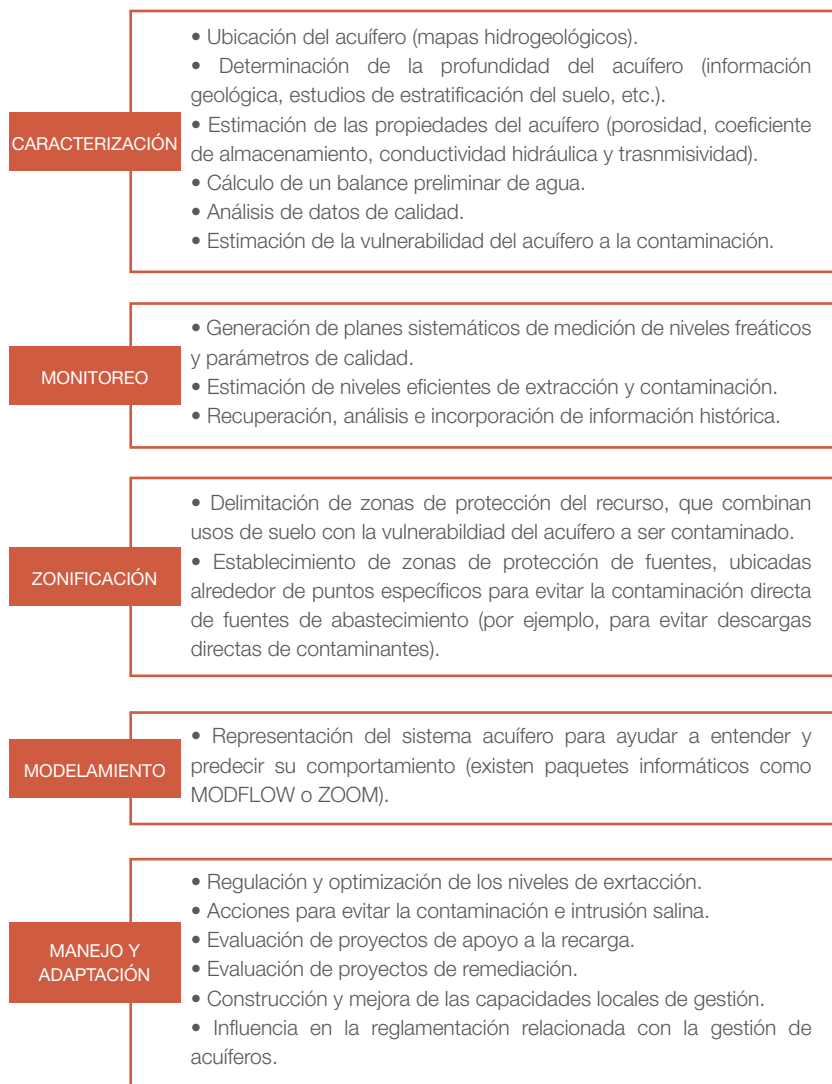


Figura 26: Modelo de gestión de acuíferos

En el cuadro 24 se muestran acciones específicas para la gestión de acuíferos que se pueden incluir en planes de manejo más amplios. No obstante, no se debe olvidar que otras acciones complementarias, como trabajar con la demanda y la oferta, y generar

instrumentos e incentivos para propiciar el ahorro y el uso eficaz del agua de consumo humano, de riego y otros usos, sin duda alivian las presiones sobre el agua superficial y subterránea.

Acciones específicas en planes de manejo de aguas subterráneas

Fuentes

- Requerimientos para autorizaciones de extracción y licenciamientos
- Estándares de calidad para descargas industriales
- Identificación y manejo de fuentes de contaminación difusa
- Manejo voluntario y regulatorio de la demanda; optimización de usos del agua
- Incentivos económicos para reducir la contaminación
- Desarrollo de tecnologías
- Organizaciones de usuarios

Recurso

- Manejo conjunto de aguas superficiales y subterráneas
- Clasificación nacional de sistemas de acuíferos y tipos de manejo
- Establecimiento de objetivos de calidad
- Establecimiento de volúmenes mínimos de reserva para garantizar las necesidades humanas básicas y la protección de funciones ecológicas
- Protección de zonas de recarga y descarga de acuíferos y ordenamiento de uso de suelo de acuerdo con la vulnerabilidad del acuífero
- Valoración e incentivos económicos para un uso eficiente del agua subterránea

Remediación

- Priorización de sitios
- Limpieza de sitios abandonados
- Repuestas de emergencia frente a derrames
- Reducción de los niveles de extracción para restablecer los niveles de reserva
- Promoción de la recarga

Institucionalidad

- Mapeo de actores, roles, responsabilidades e intereses
- Construcción y mantenimiento de capacidades
- Creación y mejora de marcos legales y competencias institucionales

Cuadro 24: Acciones específicas de manejo de aguas subterráneas (adaptado de Smith, Cross, Paden y Laban, 2016)

12. CALIDAD DEL AGUA Y GESTIÓN DE AGUAS RESIDUALES

12.1 La planificación del agua potable: su aprovisionamiento, tratamiento y gestión

A continuación, se detallan los pasos indispensables que se deben considerar al tratar el agua para consumo humano.

12.1.1 Identificación de las fuentes de aprovisionamiento del agua potable

Las fuentes de aprovisionamiento establecen las características de base del agua potable utilizada en una población. Las aguas superficiales, debido a su procedencia, pueden tener contenido de materia en suspensión y riesgos bacteriológicos. Ambos parámetros se corrigen en una planta potabilizadora cuyas tecnologías de tratamiento se revisan más adelante. Por este motivo es importante cuidarlas, realizando inversiones en infraestructura verde.

Las aguas de pozo históricamente suelen provenir de capas freáticas poco profundas. Generalmente no tienen contenido de materia en suspensión ni contenido bacteriológico importante y son aptas para diversos usos. Sin embargo, a medida que se contaminan los acuíferos o se profundiza la tabla de agua, el contenido de elementos disueltos puede tener valores altos y ser preocupante por el contenido de contaminantes tóxicos y mutágenos que pueden contener.

Las aguas de pozo de calidad suficiente son fáciles de potabilizar. En tiempos pasados, no necesitaban de tratamiento; hoy en día se recomienda el filtrado y la desinfección preventiva, es decir, dejar un mínimo de cloro para que no haya crecimiento bacteriológico en las líneas de distribución.

12.1.2 Consideraciones del caudal extraíble de agua bruta

El caudal de explotación deberá responder a la demanda de la población, sus variaciones diarias y estacionales. Lo ideal es que la fuente de aprovisionamiento sea única. Sin embargo, en la mayoría de los casos, el crecimiento de una población hace que el origen del agua para potabilización

sea múltiple. La existencia de diversas fuentes de aprovisionamiento dificulta la potabilización del agua al tener que aplicar distintos tipos y niveles de tratamiento.

Los valores de consumo de agua per cápita varían y están entre 60 a 250 litros de agua diarios. La mayoría del agua (80 %) se utiliza en sanitarios, en el lavado y en la cocina; mientras que agua para beber es un 6 % (Reynolds y Richards, 1995).

12.1.3 Emplazamiento de la planta potabilizadora (PAP)

El emplazamiento de una planta de agua potable (PAP) es, en general, central a la extensión de la red de distribución. En el caso de fuentes diversas de aprovisionamiento, el desarrollo de la población puede hacer que las plantas potabilizadoras estén en la periferia. Si es un pozo, la PAP debería situarse básicamente alrededor de la salida del agua del pozo.

Si la fuente es superficial, lo primero que hay que tener en cuenta es que haya una buena distancia entre la toma de agua y la descarga de aguas residuales. Si es sobre el mismo cauce, la descarga de aguas servidas estará aguas abajo. Si se trata de un río o de un lago, se debe optimizar la distancia entre la toma de agua y el sumidero de entrada a la planta. Se deben analizar las necesidades de bombeo y/o cribado, que podrían estar localizados en la toma.

12.1.4 Tecnología de las PAP

En el caso de que el agua de aprovisionamiento sea de buena calidad, exenta de tóxicos químicos u otras sustancias, la tecnología mínima debe asegurar un agua sin partículas en suspensión y sin contenido bacteriológico nocivo. La tecnología mínima es una buena clarificación y/o filtración y una desinfección eficiente. El equipo de tratamiento y su diseño deben cumplir normas internacionales. Como referencia, existen sistemas tan simples como una filtración con arena fina y tan complejos como sistemas de microfiltración por membrana seguida de una desinfección.

Antes de continuar, es de notar que los procesos simples de potabilización no corrigen el contenido de sustancias tóxicas o de sustancias bioactivas como químicos y contaminantes emergentes. Entre las sustancias tóxicas, están los metales (por ejemplo, plomo, cadmio, mercurio) y las sales o compuestos químicos de tecnologías mineras o de fertilización de la tierra (nitratos, fosfatos, sulfatos, cianuros, etc.). Entre las sustancias bioactivas se encuentran los insecticidas (compuestos policlorados del benceno y otros) y los residuos de productos farmacéuticos (compuestos anabólicos y mutagénicos). Aunque existen tecnologías de tratamiento para estos contaminantes, su coste elevado y la complejidad de aplicación hacen preferible evitar las fuentes con esta problemática.

Existen varias opciones de tecnologías de potabilización; entre ellas se encuentran las siguientes:

Tradicionales: las más sencillas, para aguas que solo tengan contenido de sólidos en suspensión, componentes orgánicos origen natural y bacteriología benigna. Se resume en:

- Cribado: retención de sólidos gruesos
- Clarificación: retención de sólidos en suspensión
- Filtración: retención de microsubstancias y compuestos (filtros de antracita y de arena fina)
- Desinfección de bacterias
- Carga mínima de desinfectante para distribución

Avanzadas: son tratamientos donde, debido a las características de las aguas brutas de aprovisionamiento, se pueden necesitar de procesos adicionales tales como membranas, tratar los contaminantes por oxidación avanzada y, finalmente, desinfectantes como el ozono (a notar que el ozono, debido a su corta vida, no reemplaza el cloro).

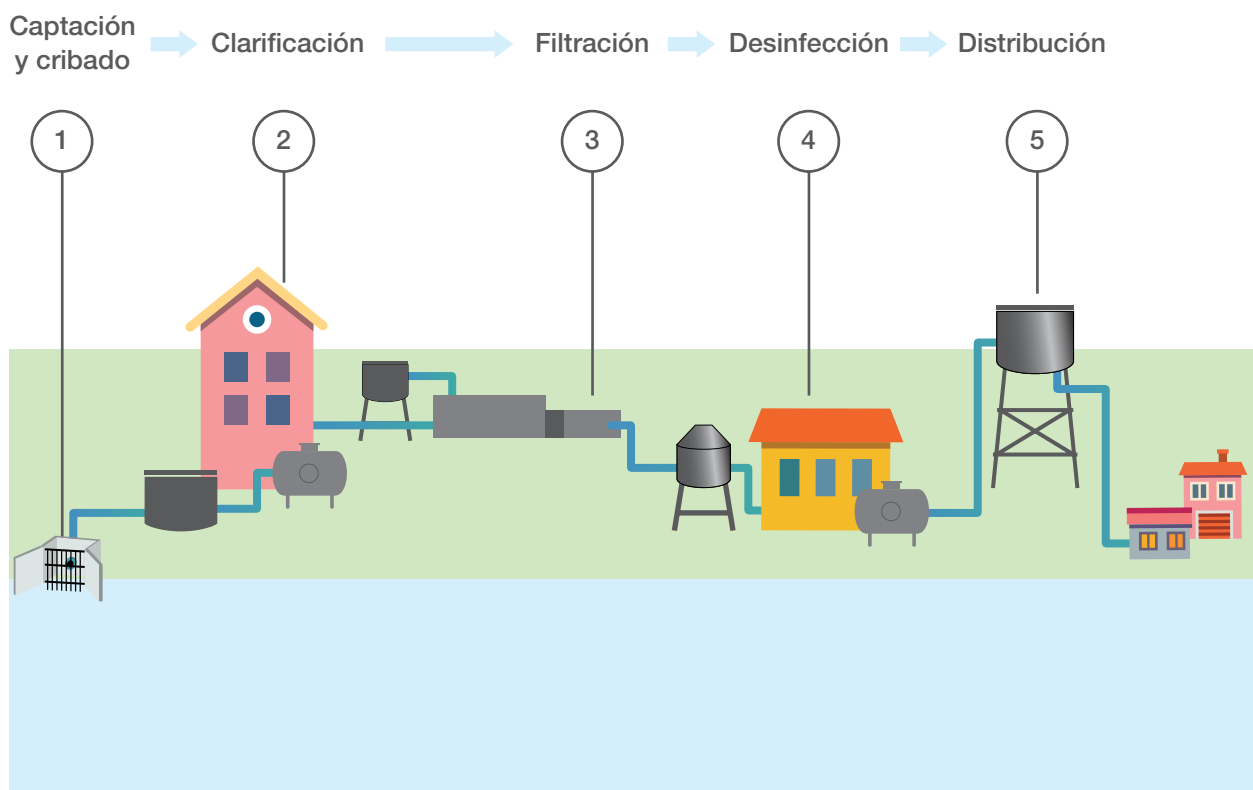


Figura 27: Ejemplo de PAP.

12.1.5 Gestión de PAP

La gestión de potabilizadoras debe considerar cuatro aspectos importantes:

Gestión de la calidad: para medir la calidad del agua, se debe recurrir a un programa de muestreo sistemático y un laboratorio dedicado a este fin.

Gestión del equipo y su mantenimiento: el equipo mecánico y la cantidad periódica de insumos necesarios para su mantenimiento deben ser cuidadosamente inventariados. Las piezas críticas para mantener un servicio ininterrumpido de agua potable deben estar cuidadosamente identificadas (entre las que es indispensable un medidor de turbidez en continuo), así como los proveedores de mantenimiento de emergencia.

Gestión de las operaciones: la jerarquía de los equipos, los trabajos y las responsabilidades deben estar bien establecidos.

Gestión de las situaciones de emergencia: se deben establecer las medidas que el público necesita conocer en caso de situaciones de emergencia, como paro de operaciones, operaciones defectuosas, eventos climáticos extremos u otras situaciones anómalas.

12.1.6 Línea de distribución

Para la distribución de agua potable, según los casos, se precisa de relevo o de represurización por medio de reservorios y/o estanques de almacenamiento y estaciones de bombeo. En estos casos, y respondiendo a redes de distribución de agua extensas, se necesita cloración suplementaria en la cabeza del bombeo. Es necesario verificar periódicamente el estado de los acueductos, tuberías y estaciones de bombeo en la línea de distribución para evitar la pérdida de agua debido a fugas por ruptura de cañerías. En ocasiones, la planificación de un recambio de tuberías y equipos es una línea de gestión de las PAP en sí mismas.

12.2 La planificación del tratamiento de aguas residuales

12.2.1 Establecimiento de las características del agua residual presente y futura

Si las aguas residuales urbanas están exentas de contaminantes extraños a las funciones biológicas y de convivencia social de los humanos, su composición puede establecerse con unos valores típicos. Los contaminantes más significativos para un agua usada municipal típica son tres: el contenido de sólidos en suspensión, el contenido en sustancias orgánicas disueltas en vía de descomposición y las bacterias. Los valores medios serían los siguientes:

Contaminante	Valor	Medición
Sólidos en suspensión (SS)	220	Miligramos por litro
Orgánicos que consumen oxígeno (DBO ₅)	200	Consumo de oxígeno en miligramos por litro
Bacterias nocivas	10 a 100	Millones de coliformes por 100 mililitros

Cuadro 25: Valores Medios de Contaminantes de Aguas residuales Urbanas (Tchobanoglous, 1991)

Estos valores aumentan o disminuyen en función de varios parámetros, principalmente la capacidad de dilución de la red de recolección. Por ejemplo, el agua usada de una población donde no hubiera infiltraciones, y solo se tratase de aguas de uso personal y sanitario, algún parámetro puede ser incluso varias veces el de la tabla 25. Tal sería el caso en poblaciones del altiplano, donde por el clima y las costumbres el uso del agua es relativamente bajo.

Por el contrario, en lugares donde la infiltración de otras aguas es grande y el uso de agua es profuso, los valores de la tabla podrían llegar a ser la mitad de lo listado.

Se tiene que mencionar el caso del agua de fosas sépticas, donde los valores en de sólidos suspendidos pueden llegar a 40000 mg/l y la DBO₅ puede llegar a 6000 mg O₂/l. Estos valores altos hacen necesario considerar separadamente el vaciado, transporte y vertido de los contenidos de fosas sépticas a la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR).

Sin embargo, en la actualidad, son raros los casos de ciudades que no combinen residuos industriales en su red de saneamiento. En estos casos, las características de las aguas residuales deben establecerse por campañas analíticas o por deducciones comparativas con poblaciones de naturaleza similar. Es absolutamente necesario imponer al propietario de dichas industrias el tratamiento de aguas servidas muy contaminadas o contaminadas por tóxicos notables antes de vertido a red municipal.

12.2.2 Caudales a tratar

El caudal de tratamiento es uno de los criterios a considerarse en el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR). Generalmente, los caudales tienen los siguientes tipos de variaciones:

Variaciones diarias y semanales: aquellas derivadas de los usos y costumbres en el consumo de agua. Por ejemplo, el consumo y descarga a las 3 de la madrugada es mínimo; mientras que temprano por la mañana suelen producirse las descargas del comienzo del día y/o a las 3 de la tarde se registran las descargas por el lavado de utensilios de cocina después del almuerzo.

Variaciones estacionales: el consumo de agua y la generación de descargas es diferente entre verano e invierno.

Variaciones industriales: tiempos y volúmenes de descargas de residuos líquidos desde las industrias y consideraciones acerca del tratamiento previo que se da a dichos residuos líquidos antes de ingresar a la red municipal.

Al establecer los valores de diseño también se deberá tener en cuenta si el municipio tiene una red de alcantarillado segregada o mixta, donde se combinan las aguas residuales con el agua de lluvias. Si bien esto aumenta la capacidad de dilución de

la red, eventos extremos de precipitación pueden colapsarla. Pueblos medianos, sin industrias, con características típicamente urbanas, pueden generar 250 litros/cápita al día. Este valor es muchas veces considerado como criterio de diseño.

12.2.3 Red de recolección de aguas residuales

Las redes de colección de aguas residuales (alcantarillado, cloacas, sumideros) de una ciudad constituyen una fracción mayoritaria del costo de un sistema de saneamiento completo. Estas redes usualmente están compuestas por tubos de hormigón yuxtapuestos, macho-hembra, con celdas de limpieza o de conexión para el empalme de ramales. Los tubos están enterrados entre 1 y 3 metros de profundidad, por lo que su coste de instalación y mantenimiento es alto. El problema de este sistema es que los tubos de hormigón/asbesto se rompen con relativa facilidad, lo que permite fugas hacia afuera (causando contaminación) e infiltraciones hacia dentro de la tubería (causando una dilución o aumento del caudal de aguas usadas).

Una alternativa posible es usar tubos de plástico HDPE (polietileno de alta densidad), que además de tener ventajas hidráulicas gracias a sus bajos coeficientes de fricción, puede utilizar tecnologías de hincas (por ejemplo, perforación horizontal dirigida), que hacen innecesarias las obras apertura de zanjas para su instalación. Los tubos de HDPE también se pueden instalar dentro de las tuberías de hormigón, lo que, si bien reduce el diámetro de conducción, muchas veces es más costo-eficiente que atender a la presencia puntual de rupturas.

Las redes de alcantarillado, por lo general, operan por gravedad y con una estructura de espina de pescado, es decir, ramales centrales donde se vierten las conexiones laterales de red. Donde existe poco desnivel o el área de recogida del municipio se encuentre muy distante, es necesario el bombeo; se pueden emplear tornillos de Arquímedes o bombas centrífugas. También se deben considerar cámaras de limpieza y conexiones que permitan aislar partes de red en caso de necesitar reparaciones. Si un municipio es pequeño, se puede justificar un trasvase de aguas residuales a otro municipio, con la finalidad de reducir el costo de la inversión y operación de una PTAR. El trasvase puede ser efectuado por gravedad o por bombeo. Puede ser en zanja abierta, en cloaca o alcantarilla de hormigón.

Los desagües o alcantarillados son de tres tipos: sanitario, pluvial o combinado. El alcantarillado sanitario recoge aguas servidas exclusivamente de viviendas y sus actividades relacionadas. El alcantarillado pluvial recoge aguas de escorrentía pluvial desde techos, caminos, parques, terrenos de estacionamiento u otros, que escurren hacia una conducción. El alcantarillado combinado se diseña para recoger tanto el agua sanitaria como el agua pluvial. En el caso del alcantarillado sanitario, la importancia de los sólidos acarreados hace que el diseño requiera diámetros superiores a los 50 mm para los aparatos sanitarios; 100 mm para conexiones de salida de viviendas de hasta 20 personas, y de 300 mm o más para las conexiones laterales de red.

Las consideraciones pluviométricas son muy importantes para el caso de redes pluviales o combinadas. Para su evaluación se escoge un periodo de recurrencia pluvial, es decir, una lluvia típica de 25 años (pero en las instalaciones para la prevención de inundaciones este periodo puede ser de 100 años o más). Como no suele llover con la misma intensidad en todas las áreas al mismo tiempo, se recomienda usar aliviaderos de empalme. Estos son celdas donde el agua entrante se llena, al tener un límite de flujo en la descarga. Cuando la capacidad está cumplida, el agua que sigue entrando rebalsa a un río o área prevista. La gran ventaja es que limitan la entrada de agua en el tronco principal de la alcantarilla y recogen las primeras aguas de lluvia, que son normalmente las más sucias y contaminadas. Una regla práctica es proveer una celda capaz de retener los primeros 15 a 20 minutos de lluvia fuerte, cuando el arrastre de sólidos y basura es más patente. Para lugares de lluvias altas, el diseño de colectores, pozos de llegada y clarificadores sobredimensionados pueden ser una solución para evitar una sobrecarga contaminantes al cauce de río.

12.2.4 Emplazamiento de la PTAR

Una PTAR debe ubicarse, en principio, en la parte más baja de la red de alcantarillado, a fin de evacuar por gravedad la mayoría de las aguas usadas. Además, dado que puede emitir olores desagradables, de preferencia la PTAR deberá ubicarse fuera de la zona urbana consolidada y a sotavento de los vientos prevalentes en la población, de forma que los olores se dispersen. Si el cauce de descarga es el mismo que el de aprovisionamiento, la PTAR deberá estar aguas abajo del punto de captación de aguas

brutas para la potabilizadora. La PTAR deberá estar moderadamente cerca del punto de descarga a un cauce público y evitar que la orografía o corrientes lleven el agua a las playas colindantes con la población. Deberá evitarse que la PTAR obstruya la posible dirección futura del desarrollo urbanístico de la población.

12.2.5 Características tecnológicas mínimas de las PTAR

No hay una tecnología única para el tratamiento de aguas residuales municipales. Esto se debe a que una PTAR es un conjunto de procesos unitarios, con tecnologías específicas, que, al enlazarse, consiguen reducir la contaminación del agua usada. Los niveles de descontaminación deseados responden a parámetros mínimos establecidos por ley y que tienen en cuenta a la cuenca receptora. En general, se consideran los sólidos en suspensión y la demanda bioquímica de oxígeno. Sin embargo, el rigor de los límites normativos y de la presencia de otros contaminantes ha hecho que algunas PTAR deban añadir procesos terciarios para completar el tratamiento.

En el tratamiento de aguas residuales hay dos líneas de proceso: una para el agua y otra para los sólidos. Todas las tecnologías de tratamiento generan sólidos primarios, producto del proceso de tamizado en la fase inicial del tratamiento; y lodos secundarios, que se generan en el proceso biológico de tratamiento, ya sea aerobio o anaerobio. La selección del tipo de tratamiento depende, entre otros factores, de las siguientes características del agua a tratar: composición bioquímica, temperatura, cantidad de sólidos al ingreso, generación de subproductos, cargas dirigidas, posibilidad de automatización y costos de operación y mantenimiento.

Un proceso simple abarca los siguientes pasos:

- Separación de sólidos en el afluente mediante cribado, tamizado y/o lagunas de sedimentación. Dependiendo de la composición de estos residuos, se pueden trasladar a un relleno sanitario municipal.
- Tratamiento biológico, en donde se utilizan bacterias para la descomposición de materiales solubles y coloidales y la eliminación de materia orgánica biodegradable. Dependiendo de las condiciones que se puedan manejar, existen tres posibilidades:

Aerobio: lagunas facultativas, biofiltros, zanjas de oxidación; con o sin aireadores mecánicos. Puede operar a temperaturas entre 10 °C y 6 °C, con velocidad suficiente, pero genera una gran cantidad de lodos secundarios. Además, es extensivo en el uso del terreno: una laguna aerobia (sin aireadores mecánicos) requiere entre 6 y 8 m² por habitante, siempre que sea de 1 metro de profundidad húmeda neta y se prevea una reducción máxima de sólidos a la entrada.

Anaerobia: manto de lodos de flujo ascendente (del inglés UASB) donde se puede conseguir una buena reducción de la DBO₅ (75-80 %) pero es indispensable una etapa subsiguiente de tratamiento final de pulido aerobio. La ventaja de esta opción es que la producción de lodos secundarios por unidad de peso de biocontaminante es reducida en un 10 %, frente a un 50 % para un sistema aerobio. Es un proceso de condiciones más

controladas, y por lo mismo más estable, y puede soportar cargas de contaminantes más altas. Además, los lodos anaerobios estabilizados están listos para su uso agrícola. Sin embargo, es crucial saber que con aguas servidas por debajo de 14 °C la velocidad de reducción de la contaminación DBO₅ es demasiado baja y el sistema en términos prácticos no funciona.

Anóxica: en caso de que la reducción de nutrientes como fósforo y nitratos sea una necesidad.

Se deben considerar las condiciones de operación de cada una de estas alternativas, así como la gestión de los subproductos (lodos secundarios, biogás) que se pueden generar. Estas condiciones son la clarificación final para eliminar el material suspendido después del tratamiento biológico, y la desinfección del efluente.

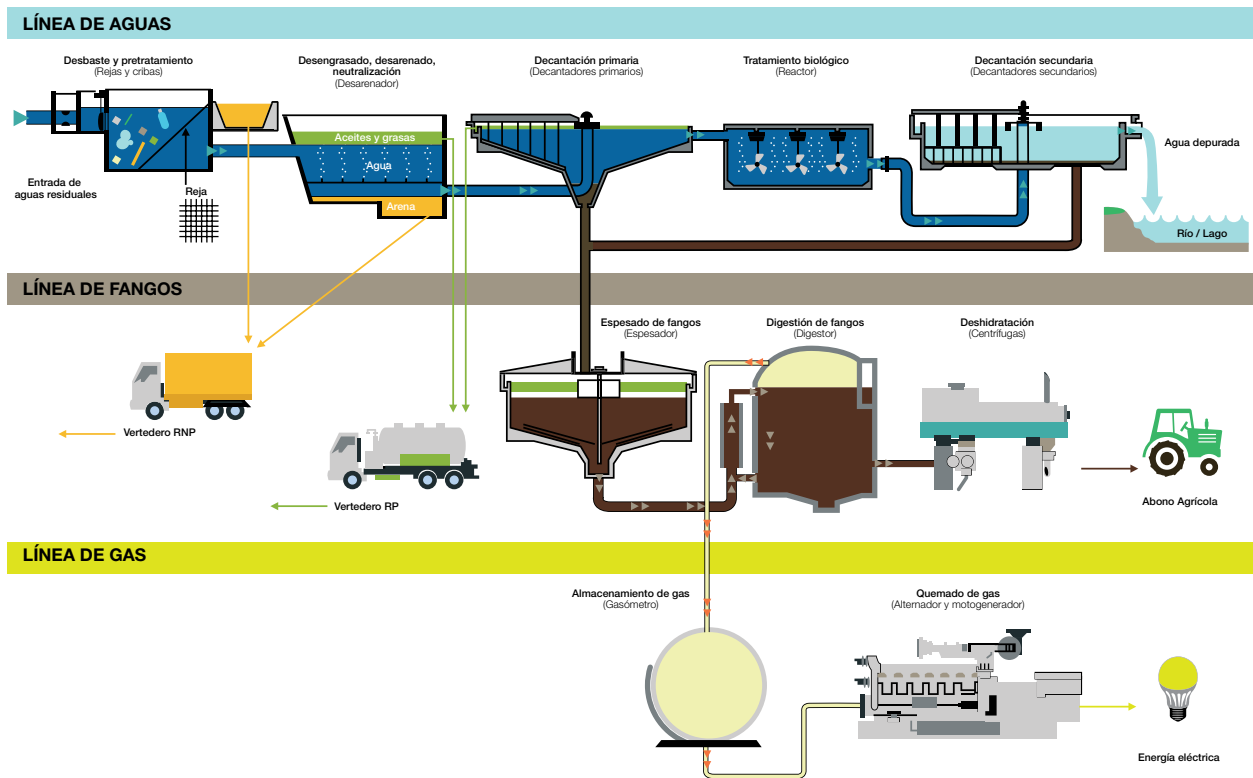


Figura 28: Ejemplo de planta de saneamiento de aguas residuales

Una alternativa interesante es usar humedales, diseñados y construidos especialmente para el tratamiento de aguas residuales, aprovechando las funciones de estos ecosistemas en un ambiente más controlado (Vymazal, 2010). Se pueden utilizar para tratar varios tipos de residuos, incluyendo aguas residuales municipales, de agricultura, ganadería e incluso los residuos líquidos de algunas industrias. Las raíces de la biota que crecen en el humedal funcionan como soporte para albergar a las bacterias responsables de la depuración o eliminación de las sustancias contaminantes. Establecer un humedal es el equivalente de tener una huerta donde se riega con las aguas residuales. Cada cierto tiempo hay que cosechar, y disponer y retirar las plantas maduras.

Existen varios tipos de humedales construidos, entre los que se pueden mencionar los siguientes:

- **Aguas superficiales libres:** serie de hondonadas de poca profundidad en donde la vegetación cubre cerca del 50 % de la superficie. Normalmente no se cosechan las plantas, de manera que se produce un ambiente anóxico propicio para la desnitrificación. Este tipo de humedal construido es eficiente en la remoción de materia orgánica a través

de la degradación microbiana y el asentamiento de partículas coloidales.

- **Flujo subsuperficial horizontal:** consiste en una cama de gravilla o roca mediada por una capa impermeable en donde se planta vegetación. El agua fluye de manera más o menos horizontal por estas fases, la contaminación se remueve por degradación microbiana anaeróbica/anóxica y los sedimentos se retienen en la pared de gravilla.

- **Flujo subsuperficial vertical:** más costoso de operar, pero requiere menor superficie de construcción. Bombea el agua del fondo a la superficie del humedal para permitir el ingreso de oxígeno, lo que ayuda a la nitrificación del agua. Es muy efectivo en la remoción de materia orgánica por procesos aerobios y en la retención de sedimentos, al filtrar el agua por una cama de arena.

- **Sistemas híbridos**

- **Sistemas flotantes**

La efectividad de remoción se muestra en el siguiente cuadro:

Tipo de humedal construido	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	Sólidos totales suspendidos (STS)	Fósforo total (TP)	Nitrógeno total (TN)	Amonio como nitrógeno (NH ₄ -N)
Aguas superficiales libres	72 %	68 %	35 %	41 %	39 %
Flujo subsuperficial horizontal	75 %	75 %	50 %	33 %	30 %
Flujo subsuperficial vertical	90 %	89 %	56 %	43 %	73 %

Cuadro 26: Efectividad de remoción de contaminantes de aguas residuales por humedales construidos (Vymazal, 2010)

En relación con un humedal, debe considerarse la cercanía de capas freáticas o de quebradas o ríos, por el riesgo a las infiltraciones de aguas sin tratar. Si el humedal está diseñado para tratar aguas

donde hubiera algún metal o producto químico tóxico, deben usarse membranas impermeables de aislamiento de aguas y evitar las infiltraciones.

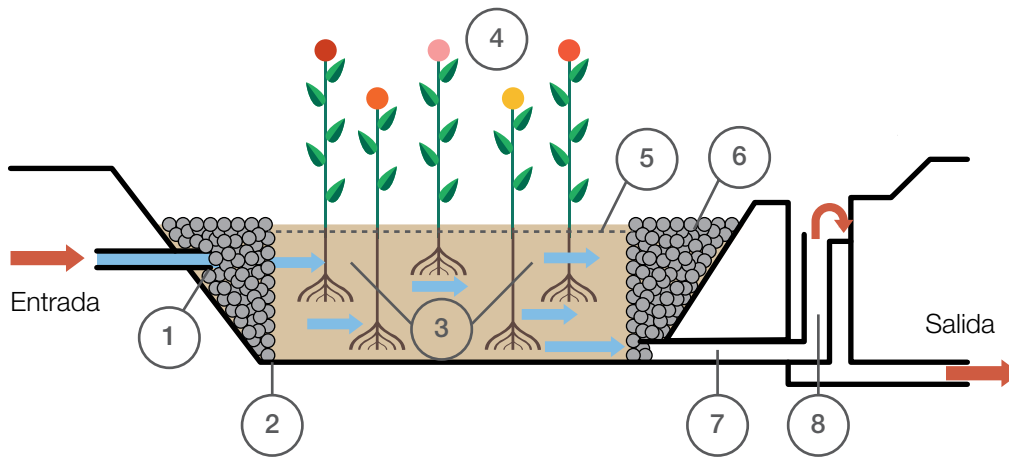


Figura 29: Esquema de humedal construido para tratamiento de aguas residuales con flujo subsuperficial horizontal. (1) Zona de ingreso del flujo con relleno de piedras grandes. (2) Capa impermeable. (3) Material filtrante. (4) Vegetación. (5) Nivel de la tabla de agua. (6) Zona de recolección del flujo de salida. (7) Tubería de drenaje. (8) Estructura de flujo de salida con ajuste de nivel de agua (adaptado de Vymazal, 2010)

12.2.6 Gestión operativa de una PTAR

La buena gestión de una PTAR se puede evaluar por tres aspectos:

1. Los resultados analíticos del seguimiento sistemático de la calidad del agua, desde la entrada (aguas residuales brutas), los parámetros al final de cada proceso unitario, hasta el seguimiento de las aguas de descarga. Se deberá proveer un laboratorio y el personal calificado para el cometido. Se deben considerar, al menos, dos planes de aseguramiento de la calidad:

Una analítica general, que incluya todos los parámetros de la legislación local de descarga de aguas residuales, ya sea a cuerpos de agua natural, infiltración a aguas subterráneas o agua de reúso para otras industrias. Puede incluir, en ciertos casos, parámetros no corrientes que revelen la presencia de contaminantes específicos. Su frecuencia se establece según la normativa y suelen tomarse muestras compuestas durante 24 horas.

Una analítica de seguimiento, que sirve para evaluar cómo funciona el proceso. Se escogen algunos parámetros claves que permite corregir las desviaciones. Su frecuencia puede ser horaria o diaria, o considerar no pasar

largos periodos sin muestras, ya que los resultados son importantes para la gestión de la planta.

2. Los costos operativos, en su mayoría, se deben al costo del personal, los insumos y los costos de los consumos eléctricos de bombas, agitadores y transportadores de sólidos. Es posible considerar la eficiencia de costos al reutilizar algunos subproductos del proceso, como la autogeneración de energía por la producción de biogás, la venta de lodos estabilizados como abono o la reutilización de agua en el lavado de unidades de proceso.

3. La capacidad de atención a emergencias, previsión de una forma de desvío temporal a un estanque o laguna de derivación de aguas residuales anómalas o caudales extraordinarios es una solución temporal para no interrumpir el proceso de la PTAR. Es importante notar que la comprensión de las bases del proceso es fundamental, así las consideraciones de reducir recirculaciones o el influjo de aire deben ser cuidadosamente evaluados. Una bacteria muerta por asfixia no se revive al día siguiente por mucho aire que se le insuffle.

12.2.7 Gestión del agua tratada

El agua tratada, usualmente llamada “agua gris”, puede usarse en agricultura, industria y necesidades urbanísticas. Debe cumplir los estándares necesarios,

recogidos en las legislaciones locales, para descarga a un cauce natural, infiltración en acuíferos subterráneos, riego, usos industriales, etc. Este tipo de agua puede tener una amplia aceptación industrial para efectos de lavados mecánicos, enfriamiento de equipos y otros procesos productivos, donde el acondicionamiento posterior no impone necesidades adicionales. También, después de una desinfección, puede ser utilizada para el riego de campos de golf y jardines municipales. En resumen, la industria consumidora puede emplear el agua tratada y de buena calidad, que tendrá un precio de venta más bajo que la de red directa. Este tipo de reciclaje ayuda también a mitigar la presión sobre las fuentes de agua.

12.2.8 Gestión de sólidos

Toda tecnología de tratamiento de aguas residuales genera sólidos primarios y secundarios. Los sólidos de arrastre o primarios surgen en la cabecera de la planta con la retirada de los elementos de arrastre, flotantes y otros en las rejillas o cribas de entrada que, por su tamaño (<25mm), pueden entorpecer el funcionamiento de la planta. Normalmente este subproducto se transporta a un relleno sanitario municipal. Si la red colectora tiene bombeos, antes de cada cámara también deberán instalarse los separadores de sólidos de arrastre; entre estos se consideran los siguientes:

- Rejas para retención de sólidos grandes (desde tablones, arbustos, piedras grandes, etc.), usualmente con apertura de hasta 100 mm entre platinas.
- Tamices para la retención de sólidos menudos (trapos, paños sanitarios, condones, periódicos, cajas de cartón, etc.), usualmente con apertura de 10 mm entre rejillas. Estas pueden ser fijas o mecánicas con limpieza automática.
- Equipos para quitar la gravilla y desengrasador. Es importante que estas unidades estén diseñadas para un caudal de punta. A la salida de la unidad de desengrasado se preverá un rebalse para casos de caudal excesivo; este aliviadero desviará a cauce aguas sin grandes sólidos de arrastre.

En relación con los sólidos de clarificación o lodos secundarios, las tecnologías más conocidas son clarificación, membranas, filtrado. Un proceso bastante olvidado es la filtración lenta, una superficie

cubierta de arena fina donde se deja percolar el agua lentamente. Al tiempo, un mes o más, se raspa la superficie colmatada por los sólidos, se retira y se repite el proceso hasta que la capa de arena necesite de reposición. Este proceso no requiere gran conocimiento tecnológico ni atención constante. En el secado de lodos de depuradora, aunque hay procesos mecanizados y de secado intensivo, para actividades pequeñas, se debe considerar los lechos de secado. En zonas de lluvias frecuentes, el secado se hacen en espacios con techumbre de protección.

El espesamiento de lodos es una etapa importante para poder evacuar físicamente los sólidos. Si bien una secuencia podría ser un sedimentador-espesador y un filtro banda, no hay que dejar de pensar que el producto resultante no es utilizable como tal. Si el tratamiento se basa en humedales, los sólidos quedan retenidos y la explotación de plantas maduras incluye la gestión de sólidos de tratamiento. Si el proceso incluye biomasa (en suspensión o adherida), los sólidos se recogerán en forma de lodos anaerobios o aerobios. Si se generan lodos aerobios, se los estabiliza o se los digiere antes de retirarlos. Los biosólidos, una vez estabilizados, se pueden utilizar como fertilizante por su alto contenido de nitrógeno y fósforo, con varias aplicaciones agrícolas y forestales. Existen en el mercado tecnologías de mezcla de residuos, lodos digeridos con residuos orgánicos –basura orgánica biodegradable sin tratar– que logra un producto de fertilización comercializable. Asimismo, se pueden considerar para generar energía o incluso como material de construcción.

12.2.9 Contaminación industrial y emergente

Los residuos líquidos de las industrias pueden afectar el funcionamiento de una PTAR. El volumen de descargas, caracterizado por picos y valles correlativos a las descargas de las actividades industriales; la carga de contaminantes y los vertidos ilegales son algunos de los principales retos. Por ello, para industrias identificadas y de actividad conocida, es posible que la única vía sea el tratamiento antes de la descarga a alcantarillado, o incluso interceptar el proceso aguas arriba y dentro de la misma empresa.

Se plantea la posibilidad de instalar tanques o fosas de desviación de aguas usadas para limar las puntas de descarga, ya sea en su cantidad como en su concentración. Es necesario vigilar las concentraciones de algunos metales (Zn, Cu y Hg en particular), el pH y la temperatura (estos dos últimos

excepcionalmente fuera de rangos en las descargas de aguas usadas sanitarias puras).

Por otro lado, las sales tóxicas son difíciles de tratar. Los procesos más exitosos se basan en la precipitación y el enterramiento controlado de los barros contaminados, que suelen trasladarse a vertederos de residuos tóxicos y peligrosos. También se debe considerar a los contaminantes emergentes recurrentes por difusión de productos farmacéuticos, hormonas, agroquímicos y otros compuestos de todo tipo. Las tecnologías de oxidación avanzada y de oxidación por radiación UV sobre superficies catalíticas (TiO_2) parecen prometer buenos resultados.

12.2.10 Procesos de desinfección

Los procesos de desinfección más conocidos son por acción de oxidantes fuertes (grupos hidroxilos, ozono, agua oxigenada, dióxido de cloro, cloro) o por acción de irradiación ultravioleta. Los oxidantes fuertes actúan químicamente, tanto sobre la materia orgánica, como sobre los microbios y virus. A medida que el potencial de óxido-reducción disminuye, su acción es menos eficaz. El inconveniente de usar cloro es que reacciona con compuestos orgánicos, dando lugar a derivados clorados llamados trihalometanos, que en general son cancerígenos, por lo que se recomienda evitarlo.

12.2.11 Mejoramiento de infraestructura existente

Una gran cantidad de PTAR instaladas en áreas urbanas de Latinoamérica, y en el mundo, han sido las lagunas de oxidación y biofiltros de percolación aerobia. La creencia popular es que son procesos que, una vez instalados, prácticamente funcionan solos. Por otro lado, se presentan de tecnologías “nuevas y mejores”, que promueven el cambio total de los procesos de una PTAR. Ante este problema, se debe analizar la optimización del proceso existente, que puede costar entre 10 y 50 veces menos que una nueva planta y estar disponible en operación en menos de la mitad de tiempo.

Por ejemplo, en lagunas de oxidación que funcionen deficientemente (muchas veces calificadas erróneamente como insuficientes o de vieja tecnología) se puede optar por lo siguiente:

- a. Dragado (extraer los lodos acumulados).
- b. Airear y convertirlas en lagunas de oxidación con aire insuflado mecánicamente. Esta aireación es, por lo general, más eficiente que la tecnología de insuflación a cuba aireada, simplemente por razones geométricas
- c. Subdividir las en zonas de oxigenación varia.
- d. Mejorar el tratamiento primario (que por lo general es casi inexistente y que posiblemente ha colmatado la laguna).
- e. Ubicar filtros a la salida.

En el caso de biofiltros o torres de oxidación, las alternativas son también varias:

- a. Cambiar el relleno de las torres para aumentar el contenido de biomasa y mejorar el rendimiento.
- b. Aumentar la altura de filtro con estructuras y rellenos ligeros.
- c. Aumentar o automatizar la circulación de aire.
- d. Modular o automatizar la recirculación de aguas a biofiltros.
- e. Adicionar una celda anóxica en cabeza (con lo que se puede reducir el fósforo, reduciendo lodos) y convertir el proceso en uno con reducción de bionutrientes.

13. LA METODOLOGÍA DE DISTRIBUCIÓN DE BENEFICIOS (DdB)

El proceso de distribución de beneficios (DdB) cuenta con cuatro pasos esenciales, divididos en dos fases, que se detallan en la figura 30.

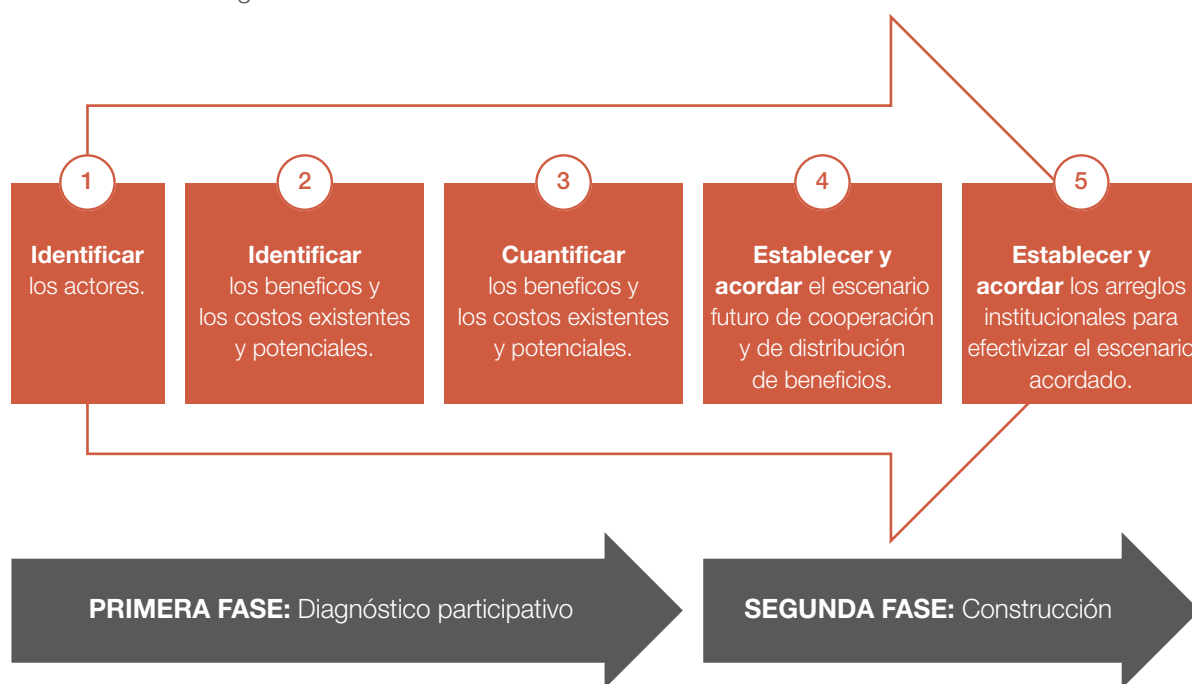


Figura 30: Proceso de distribución de beneficios

Estos pasos son las etapas para elaborar lo que también puede llamarse “evaluación regional cooperativa” (Sadoff y Grey, 2005). En conjunto, este procedimiento permite desarrollar un estudio colaborativo que genera un entendimiento común sobre una cuenca transfronteriza y su estado. Esta evaluación construye información conjunta confiable, crea vínculos y aporta las bases para una negociación.

En una primera fase, se identifican los actores y se cuantifican los costos y beneficios existentes y su distribución actual. También se estiman los costos y beneficios potenciales a corto, mediano y largo plazo. En una segunda fase, se desarrollan distintos escenarios futuros de cooperación y de distribución de beneficios con una visión integral de la cuenca. Estos escenarios proponen maximizar los beneficios para todos los actores involucrados.

Luego, se escoge democráticamente el escenario más ventajoso para todas las partes y se proponen los posibles arreglos institucionales y la escala de cooperación apropiada para lograr dichos beneficios.

13.1 Fase 1: Diagnóstico participativo

13.1.1 Identificación de actores

En primer lugar, es primordial identificar los actores para incluirlos en el proceso de evaluación de los costos y beneficios. Los actores son quienes cosechan beneficios o incurren en impactos por el uso del agua; así como grupos interesados y con conocimientos o voluntad de aportar constructivamente al proceso. Pueden ser individuos, grupos, organizaciones, instituciones o gobiernos

locales, nacionales e internacionales. Pueden pertenecer a sectores informales o formales, ser usuarios del agua o representar los intereses de los usuarios en diferentes sectores como agricultura, minería, industria, turismo, ambiente, etc.

Sin importar el sector, nivel o afiliación de los actores, es primordial incluirlos y empoderarlos de forma participativa, democrática, transparente e inclusiva en cualquier proceso de DdB. Caso contrario, algunos beneficios y costos del manejo del agua se pueden pasar por alto y la distribución puede no ser evaluada adecuadamente. Además, los resultados finales del proceso de DdB terminarían siendo menos equitativos y los acuerdos resultantes tendrían menor legitimidad y aceptación. La identificación e inclusión de actores permite asegurar la sostenibilidad, legitimidad y eficiencia del proceso de distribución de beneficios.

13.1.2 Identificación de beneficios y costos

Es imposible hablar de DdB cuando los actores vecinos no pueden ponerse de acuerdo sobre los datos con base en los cuales se desarrollarán las negociaciones (Qaddumi, 2008). Es importante compartir abiertamente los datos y evitar tener

“secretos de Estado” o barreras innecesarias al intercambio de información, ya que pueden afectar al diálogo. Compartir información es una actividad de poco riesgo y bajo costos para un actor vecino, que puede traer muchos beneficios al fortalecer la confianza y la reciprocidad necesaria para una cooperación fructuosa. Es posible que mucha información necesaria para conducir las negociaciones no esté disponible. En ese caso, hay que desarrollarla conjuntamente de forma transparente e inclusiva. Aunque este trabajo puede ser costoso y requerir capacidades técnicas importantes, también puede ser un primer ejercicio conjunto en el marco de la cuenca compartida, que abre la puerta para una mayor cooperación.

Al identificar los beneficios y costos, se debe especificar quién los asume en el presente y sobre quién recaerán en el mediano y largo plazo. En este trabajo de identificación es fundamental promover la participación inclusiva de los actores mapeados, según sus necesidades y aspiraciones. De tal forma, se puede establecer una imagen más completa de la cuenca que la que se obtiene con un análisis de datos entre países ribereños o grandes instituciones nacionales. El cuadro 27 presenta posibles costos y beneficios que pueden identificarse. En la práctica, la “canasta de beneficios” es más amplia y compleja.

POSIBLES BENEFICIOS Y COSTOS

Beneficios		Costos	
Tangibles	Intangibles ⁴	Tangibles	Intangibles
<ul style="list-style-type: none"> • Energía hidroeléctrica • Turismo • Riego • Navegación • Comercio e integración regional • Acuicultura • Procesos industriales • Manejo conjunto de sequías y/o inundaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Ambientales (hábitat de especies) • Culturales (espacios de recreación, dependencias de grupos indígenas) • Políticos (estabilidad geopolítica, mejores relaciones internacionales) 	<ul style="list-style-type: none"> • Inversión económica • Inversión institucional • Compensación • Inundación • Contaminación • Costos de oportunidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Ambientales (destrucción de hábitat de especies) • Culturales (destrucción de espacios de recreación, o sitios ancestrales indígenas) • Políticos (presión interna de grupos particulares)

Cuadro 27: Cuantificación de beneficios y costos

⁴ En este caso, se quiere diferenciar los beneficios que son fácilmente cuantificables de los que no son fácilmente cuantificables.

Después de identificar los costos y beneficios, es necesario cuantificarlos con denominadores objetivos y racionales, para establecer su cantidad. Esto facilita la negociación al establecer parámetros científicamente calculables. Además, permite determinar matemáticamente las consecuencias del manejo actual y del futuro para cada actor ribereño.

En el caso de los costos y beneficios intangibles, no es posible cuantificarlos fácilmente de forma objetiva, sin embargo, existen alternativas como encuestas a las poblaciones locales y a los tomadores de decisión utilizando una escala de Likert o una valoración contingente (cuadro 28).

POSIBLES FORMAS DE CUANTIFICACIÓN

Beneficios tangibles	Cuantificación
Energía hidroeléctrica	Megavatios por hora (MW/h) y su costo de mercado (USD)
Irrigación	Rendimiento de los cultivos y su costo de mercado (USD)
Control de erosión	Costos de drenaje de represa (USD)
Mitigación de inundaciones	Costos de reparaciones prevenidas (USD)
Costos tangibles	Cuantificación
Inversión	Costo de proyecto (USD)
Inundación	Costo de remplazo/reconstrucción del área inundada (USD)
Contaminación	Costos de descontaminación (USD)
Pérdida de bosque primario	Valoración de servicios ecosistémicos tangibles: control de erosión, polinización, ciclo hídrico, manejo de plagas, etc. (USD)
Beneficios y costos intangibles	Cuantificación
Ambientales, culturales, políticos	Percepciones mediante escala Likert: <ul style="list-style-type: none"> Valor muy alto = 5 Valor alto = 4 Valor medio = 3 Valor bajo = 2 Nulo = 1 Valoración contingente: Encuestas sobre percepción de valor aportado (disposición a pagar)

Cuadro 28: Formas de cuantificación de los beneficios y costos

13.2 Fase 2: Construcción democrática

13.2.1 Escenarios de distribución de beneficios

Una vez recabada la información sobre los beneficios y costos actuales y potenciales a corto, mediano y largo plazo, así como sobre quién recaen, se generan múltiples escenarios de gestión. Cada escenario representa un futuro para la cuenca, con diferentes proyectos, planes y actividades, que generan una diversidad de beneficios y costos cuantificables para cada parte. Los actores ribereños deben negociar con base en estos escenarios y decidir democráticamente cuál de ellos representa la mejor alternativa para la cuenca; de esta manera, se maximizan los beneficios para todas las partes, con un enfoque de participación, equidad social y sostenibilidad ambiental.

En la construcción y selección de escenarios, también se debe trabajar con el mayor nivel de participación e inclusión de los actores previamente identificados. En el caso de negociaciones internacionales, es posible que los países vecinos no tengan un alto compromiso con la participación y el empoderamiento ciudadano. Sin embargo, en la medida de lo posible, es imperativo incluir el mayor nivel de participación posible y establecer un acuerdo que integre las aspiraciones de la población local. Es particularmente importante incluir las perspectivas de los actores locales, ya que suelen ser los principales afectados o beneficiarios de planes o proyectos en la cuenca. Así, también serán partícipes en el proceso de distribución de beneficios y obtendrán una compensación justa y equitativa. De esta forma, no solo se mejorará la calidad y la equidad en los acuerdos transfronterizos, sino que también se fomentará el compromiso social para asegurar la sostenibilidad del manejo de la cuenca al largo plazo.

13.2.2 Arreglo institucional para la DdB

Una vez definido el mejor escenario, de forma democrática e inclusiva, se debe definir qué arreglo institucional puede hacerlo realidad, incluyendo la escala de cooperación necesaria para ello. Un arreglo institucional puede ir desde el simple establecimiento de un foro de cooperación para compartir información sobre la cuenca, hasta la creación de un nuevo organismo con la competencia de formular planes y proyectos vinculantes y de gestionar infraestructura

conjunta (como represas o canales de riego). El arreglo institucional dependerá de la voluntad de cooperación de las partes. En cualquier caso, también es imperativo establecer espacios de participación; se pueden crear varias avenidas para el empoderamiento de los actores identificados y el manejo participativo de la cuenca que fomentan una mejor gobernanza.

Por otro lado, es necesario que cualquier arreglo institucional incluya establecer un sistema de monitoreo y evaluación para medir el progreso y los resultados de la cooperación. De tal manera, las partes podrán obtener información confiable sobre los beneficios y los costos de la cooperación que permitan cuantificar sus ventajas y propiciar un mayor acercamiento en el manejo de aguas compartidas (e incluso de otros asuntos de interés común) (Qaddumi, 2008).

En el contexto local, generalmente ya existirán instituciones como consejos de cuenca o juntas de agua, que pueden ser importantes avenidas de negociación y de gestión conjunta. Sin embargo, es importante establecer si este camino es adecuado y si permite una participación justa y equitativa de todos los actores involucrados. La mayoría de las veces, será necesario mejorarlas y/o establecer varios otros espacios de negociación y de deliberación para fomentar una gobernanza justa y participativa, que integre democráticamente las voces de todos los actores identificados. Finalmente, en el marco de un acuerdo institucional internacional, es imperativo contar con un mecanismo para la resolución de conflictos que permita un método transparente, justo e imparcial para mediar posibles conflictos e incumplimientos (Sadoff, Greiber, Smith y Bergkamp, 2008).

13.3 Reflexiones sobre la DdB

- Antes de una negociación, es fundamental contar con toda la información disponible, de lo contrario, puede tornarse en un laberinto sin beneficios y costos concretos sobre los cuales negociar.
- Un actor externo (organismo internacional con amplia experiencia en el tema) puede jugar un rol de mediador y facilitador, así como aportar y desarrollar capacidades técnicas y proveer oportunidades de financiamiento.

- Las oportunidades de financiamiento, en particular, pueden ser un fuerte incentivo para la cooperación (préstamos preferenciales de algún banco de desarrollo o donaciones de alguna agencia de cooperación para el manejo sostenible de la cuenca).
- Los acuerdos de integración regional pueden ser buenos ámbitos para la negociación y la cooperación al nivel internacional (UE, Comunidad Andina, Unasur).
- Es primordial tomar en cuenta los beneficios aportados por los servicios ecosistémicos y compensar a los actores de forma adecuada por la conservación y restauración de estos.
- Resulta indispensable establecer el mayor nivel de participación posible y desarrollar mecanismos de gobernanza que puedan asegurar que todas las comunidades locales sean debidamente compensadas por posibles daños incurridos o por el manejo sostenible de servicios ecosistémicos.
- Es imperativo tener en cuenta los principios legales de la gobernanza de cuencas transfronterizas durante las negociaciones en especial:
 - Uso equitativo y razonable
 - Deber de no causar daños sensibles
 - Cooperación (incluyendo “buena fe” y EIA)
 - Conservación de ecosistemas
 - Deberes procesales (intercambio de información, consulta y negociación)

Bibliografía

- Alvear, R.C., De Bièvre, B. e Íñiguez, V. (2004). *Efectos de la cobertura vegetal en la regulación hidrológica de microcuencas de páramo*. Ecuador: Universidad de Cuenca.
- Banco Mundial. (2009). *Gestión Sustentable de las Aguas Subterráneas. Lecciones de la Práctica. Colección de Casos Esquemático. Caso 9: La Iniciativa del Acuífero Guaraní: hacia la gestión realista del agua subterránea en un contexto transfronterizo. Disponible en línea en: <https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/case-studies/americas-and-caribbean/transboundary.-groundwater-management-issues-for-guarani-aquifer-368-spanish.pdf>* (Último acceso 28 de agosto de 2018).
- Bennett, G. (2016). *Alliances for Green Infrastructure. State of Watershed Investment 2016*. Washington, DC: Forest Trends' Ecosystem Marketplace.
- Bruijnzeel, L.A. (1996). 'Predicting the Hydrological Impacts of Land Cover Transformation in the Humid Tropics: The Need for Integrated Research'. En: Gash, J.H.C. Nobre, C.A., Roberts, J.M y Victoria, R. (eds.) *Amazonian Deforestation and Climate*. Chichester: J. Wiley.
- Burhenne-Guilmin, y F., Scanlon, J. (eds.). (2004). 'International Environmental Governance: An International Regime for Protected Areas'. *IUCN Environmental Policy and Law Paper 49*. Gland, Suiza: UICN.
- Buytaert, W., Céleri, R., De Bièvre, B., Cisneros, F., Wyseure, G., Deckers, J. y Hofstede, R. (2006). 'Human Impact on the Hydrology of the Andean Páramos'. *Earth-Science Reviews* 79(1): 53-72.
- Cabello, V., Willaarts, B., Aguilar, M. y Del Moral, L. (2015). 'River Basins as Social-Ecological Systems: Linking Levels of Societal and Ecosystem Water Metabolism in a Semiarid Watershed'. *Ecology and Society* 20(3): 20. *Disponible en línea: <http://dx.doi.org/10.5751/ES-07778-200320>*
- Cohen, A., y S. Davison. (2011). 'An Examination of the Watershed Approach: Challenges, Antecedents, and the Transition from Technical Tool to Governance Unit'. *Water Alternatives* 4:1-14.
- Christophe, B. (2012). *Manual para la gestión integrada de los recursos hídricos de las cuencas transfronterizas de ríos, lagos y acuíferos*. Red Internacional de Organismos de Cuenca (RIOCI) y la Asociación Mundial para el Agua (GWP).
- Del Moral, L. y Do Ó, A. (2014). 'Water Governance and Scalar Politics Across Multiple-Boundary River Basins: States, Catchments and Regional Powers in the Iberian Peninsula'. *Water International*, 39(3): 333-347.
- Dore, J. Robinson J. y Smith, M. (eds.) (2011). *Negociar-Lograr acuerdos acerca del agua*. Gland, Suiza: UICN.
- FAO. (2016). AQUASTAT -Sistema de Información del Uso del Agua en la Agricultura de FAO. Recuperado el 18 de septiembre de 2018, de Resumen General: América del Sur, Centroamérica y El Caribe: http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/americas/printesp3.stm
- Fundación Futuro Latinoamericano (FFLA). (2015). *Gobernanza para el Manejo de los Recursos Naturales y las Áreas Protegidas*. FFLA: Ecuador.
- Glaser, M., Krause, G., Ratter, B. y Welp, M. (2008). 'Human-Nature-Interaction in the Anthropocene. Potential of Social-Ecological Systems Analysis'. Preparation Paper for the DGH-Symposium Human-Nature-Interactions in the Anthropocene: Potentials of Social-Ecological Systems Analysis. Sommerhausen, 29th-31st May 2008.
- Global Water Partnership (GWP) y Red Internacional de Organismos de Cuenca/International Network of Basin Organizations (INBO). (2009). *Manual para la Gestión Integrada de Recursos Hídricos en Cuencas. Disponible en línea: http://www.rioc.org/IMG/pdf/RIOC_GWP_Manual_para_la_gestion_integrada.pdf* (Último acceso: 16 de febrero 2017).

GWP & INBO. (2009). *Manual para la Gestión Integrada de Recursos Hídricos en Cuencas*. Disponible en línea: http://www.rioc.org/IMG/pdf/RIOC_GWP_Manual_para_la_gestion_integrada.pdf (Último acceso: 28 de agosto de 2018).: Asociación Mundial para el Agua (Global Water Partnership, GWP) & Red Internacional de Organismos de Cuenca (International Network of Basin Organizations, INBO).

International Groundwater Resources Assessment Centre (IGRAC), UNESCO, International Hydrological Programme (IHP). (2015). *Transboundary Aquifers of Latin America*. Basado en: *Transboundary Aquifers of the World* [map]. Delft, Netherlands: IGRAC, 2015.

Iza, A. (2006). *Gobernanza del agua en América del Sur: dimensión ambiental*. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido: Unión Mundial para la Naturaleza/ Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ).

Lee, S. (2015). *Cooperation in the Mekong River Basin through Benefit Sharing*. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/299231220_Cooperation_in_the_Mekong_River_Basin_through_Benefit_Sharing (Último acceso: 23 de enero 2017).

McCaffrey, S.C. 2009. *Convención de las Naciones Unidas sobre el Derechos de los Usos de los Cursos de Agua Internacionales para fines distintos a la Navegación*. UN: Ginebra. Disponible en: http://legal.un.org/avl/pdf/ha/clnuiw/clnuiw_s.pdf (último acceso: 31 de enero 2017).

Motzer, T., Munz, N., Anhuf, D. y Kupperts, M. (2011). 'Transpiration and Microclimate of a Tropical Montane Rain Forest, Southern Ecuador'. En L. A. Bruijnzeel, F. N. Scatena, L. S. Hamilton (eds.) *Tropical Montane Cloud Forests: Science for Conservation and Management*. Cambridge: University Press, 447.

ONU. (2017). Organización de las Naciones Unidas. Recuperado el 10 de septiembre de 2018, de Gobernanza: <http://www.un.org/es/globalissues/governance/>

Owen, R., Mirghani, M., Diene, M., Tuinhof, A. y P. Taylor. (2010). *Gestión de aguas subterráneas en la GIRH. Manual de capacitación*. Cap-Net, UNDP, AGW-net & GW-MATE. Disponible en línea: <http://www.argcapnet.org.ar/uploads/institucional/materiales/5a30385449880.pdf> (Último acceso 15 de febrero de 2017).

Oyarzún, C. y Huber, A., (1999). 'Balance hídrico en plantaciones jóvenes de Eucalyptus globulus y Pinus radiata en el sur de Chile'. *Terra* 17(1): 35-44.

PNUD. (2018). *Human Development Index and its Components*, disponible en: <http://hdr.undp.org/en/composite/HDI> (Último acceso: 31 de enero 2018).

PNUD. (2018). *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado el 10 de septiembre de 2018, de Objetivo 6: Agua Limpia y Saneamiento: <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-6-clean-water-and-sanitation.html>

Qaddumi, H. (2008). *Practical Approaches to Transboundary Water Benefit Sharing*. Documento de trabajo. Londres: Overseas Development Institute.

Reynolds, T., y Richards, P. (1995). *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering*. Segunda edición. PWS Publishing Company.

Rollenbeck, R., Bendix, J. y Fabian, P. (2011). 'Spatial and Temporal Dynamics of Atmospheric Water-And Nutrient Inputs in Tropical Mountain Forests of Southern Ecuador'. En L. A. Bruijnzeel, F. N. Scatena, L. S. Hamilton (eds.) *Tropical Montane Cloud Forests: Science for Conservation and Management*. Cambridge: University Press, 367.

Sadoff, C.W., Greiber, T., Smith, M. y Bergkamp, G. (2008). *Compartir-Gestionando el agua entre fronteras*. Gland, Suiza: UICN.

Sadoff, C.W. y Grey, D. (2005). 'Cooperation on International Rivers: A Continuum for Securing and Sharing Benefits'. *Water International*, 30(4): 420-427

Smith, M., de Groot, D., Perrot-Maïte, D., & Bergkamp, G. (2006). *Pay – Establishing payments for watershed services*. Gland, Switzerland: IUCN.

Smith, M., Cross, K., Paden, M., & Laban, P. (2016). *Spring - Managing groundwater sustainably*. Gland, Switzerland: IUCN.

Tchobanoglous, G. (1991). *Wastewater Engineering Treatment. Disposal and Reuse*. Tercera Edición. New York : McGraw Hill, Inc.

Tobón, C. (2009). 'Los bosques andinos y el agua'. *Programa Regional para la Gestión Social de Ecosistemas Forestales Andinos. Serie investigación y sistematización* (4). Disponible en línea: <http://infobosques.com/portal/wp-content/uploads/2016/08/b6a77b5786ffc08556b4861b514e76d6.pdf> (Último acceso: 20 de febrero 2017).

Vymazal, J. (2 de 2010). Constructed Wetlands for Wastewater Treatment. *Water*, págs. 530-549.

WWPA (Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos) / ONU-Agua. (2018). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018: Soluciones Basadas en la Naturaleza para la gestión del agua. Paris: UNESCO.

Wunder, S., S. Engel y S. Pagiola. (2008). 'Taking stock: a comparative analysis of payments for environmental services programs in developed and developing countries'. *Ecological Economics* 65: 834-852.

Yaguache, R. (2009). 'Análisis económico de los acuerdos por el agua. El caso del Municipio de Celica, Ecuador'. Tesis para obtener el título de doctor en Economía de Recursos Naturales. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, México DF.

Yaguache, R. (2012a). 'La participación e inversión local para la protección de la cantidad y calidad del agua en los países andinos: Del costo político a una oportunidad emergente'. Revista *Natura Economía* de la Universidad Agraria La Molina de Perú.

Yaguache, R. (2012b). 'Los acuerdos de conservación para el agua y la biodiversidad (APAB)'. Documento no publicado.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Agencia Suiza para el Desarrollo
y la Cooperación COSUDE