

CULTURA DEL AGUA PARA LA GOBERNANZA EN LA
GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

Clasificación LC: HD1696.MX M46 2016
Clasif. Dewey: 333.9100972
Autor: Menchaca Dávila, María del Socorro.
Título: Cultura del agua para la gobernanza en la gestión integral de los recursos hídricos / Socorro Menchaca, Alejandro Uscanga, autores ; Teúl Moyrón Contreras, fotografía.
Pie de imprenta: Xalapa, Veracruz : Gobierno del Estado de Veracruz, Secretaría de Educación : Universidad Veracruzana : Conagua : Secretaría del Medio Ambiente de Veracruz, 2016.
Descripción física: 112 páginas : fotografías en color, ilustraciones en color, mapas en color ; 28 cm.
ISBN: 9786075024677
Nota: Incluye bibliografías.
Materias: Desarrollo de recursos hídricos--México--Veracruz-Llave (Estado).Abastecimiento de agua--Política gubernamental--México--Veracruz-Llave (Estado). Abastecimiento de agua--Aspectos ambientales--México--Veracruz-Llave (Estado). Calidad del agua--México--Veracruz-Llave (Estado).
Autores relacionados: Uscanga Morales, Luis Alejandro.
Moyrón Contreras, Teúl Manuel.

DGBUV 2016/20

Cultura del agua para la gobernanza en la gestión integral de los recursos hídricos

Fecha de aparición: Agosto de 2016

Diseño de portada e interiores: José Francisco Ibarra Meza π

Fotografía de portada: Teúl Moyrón Contreras

D.R. © 2016, Secretaría de Educación/Gobierno del Estado de Veracruz
Km 4.5 carretera federal Xalapa-Veracruz, 91190

D.R. © 2016, Universidad Veracruzana,
Hidalgo 9, col. Centro 91000

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra, sea cual fuere el medio, sin la anuencia por escrito del titular de los derechos.

ISBN: 9786075024677

Impreso en México • Printed in Mexico

ÍNDICE

GLOSARIO DE SIGLAS Y ABREVIATURAS	6
PRÓLOGO	7
I. LA GOBERNANZA EN EL ÁMBITO DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS	11
I.1 La gobernanza y sus implicaciones	11
I.2 La gestión integral de los recursos hídricos (GIRH) y la gobernanza	15
I.3 Implementación del enfoque de gobernanza del agua	17
A. Desarrollo de la gobernanza del agua	17
B. Factores que pueden determinar el éxito de la GIRH bajo el enfoque de gobernanza	18
C. Factores sociales que deben incluirse en el desarrollo de la gobernanza del agua	19
Bibliografía	21
II. IMPORTANCIA DE LOS ECOSISTEMAS Y LOS SERVICIOS AMBIENTALES	25
II.1 Los ecosistemas	25
II.2 Los servicios ambientales	28
A. Servicios ambientales de los bosques	30
B. Servicios ambientales de las cuencas hidrológicas	32
Bibliografía	37
III. ACTIVIDADES HUMANAS Y SU IMPACTO EN LA CALIDAD DEL AGUA	41
III.1 Factor antrópico: actividades de los usuarios del agua que afectan los servicios ambientales	41
Servicios ambientales proporcionados por las cuencas hidrológicas	41
Servicios ambientales proporcionados por los bosques	42
Actividad agrícola	42
Actividad pecuaria	43
Actividad acuícola	44
Actividad forestal	45
Actividad doméstica	45
Actividad industrial	45
III.2 Actividades de los usuarios que afectan la disponibilidad y calidad del agua	45
Siembra de cultivos	47
Desarrollo pecuario	48
Extracción de agua	48
Explotación de bosques madereros y tala inmoderada	50



Redes de distribución	50
Descarga de aguas residuales con alto contenido de materia orgánica	50
Descarga de aguas residuales con tóxicos de origen industrial	50
Bibliografía	53
IV. CALIDAD DEL AGUA Y SALUD HUMANA	57
IV.1 El contexto de la calidad del agua	57
IV.2 La contaminación del agua y la salud humana	63
IV.3 Efectos de la mala calidad del agua en la salud humana	66
IV.4 Enfermedades relacionadas con la contaminación del recurso hídrico	69
Ascariasis	69
Amebiasis intestinal	69
Paratifoidea y otras salmonelosis	70
Hepatitis aguda tipo A	70
Giardiasis	70
Fiebre tifoidea	71
Leptospirosis	71
Helmintiasis	72
Infecciones intestinales por otros organismos	72
Bibliografía	72
V. ESTUDIO DE CASO: USUARIOS DEL AGUA, CONTAMINACIÓN Y LOS POSIBLES RIESGOS DE ENFERMEDADES HÍDRICAS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO PIXQUIAC, VERACRUZ	77
V.1 Introducción	77
V.2 El problema y su justificación	77
V.3 La zona de estudio: microcuenca del río Pixquiac	78
V.4 Metodología	80
A. Usuarios del agua y actividades que impactan los servicios ambientales de cuencas hidrológicas y bosques en la microcuenca del río Pixquiac	80
B. La contaminación del agua	82
V.5 Resultados	83
A. Impactos de los usuarios del agua en los servicios ambientales de cuencas hidrológicas y bosques	83
B. Usuarios del agua, contaminación del agua y enfermedades de origen hídrico	86
Fenoles	86
Detergentes	88
Microorganismos bacteriológicos	90
V.6 Conclusiones	93
Bibliografía	93





VI. ESTRATEGIA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL CONTEXTO DE LA GOBERNANZA Y LA CULTURA DEL AGUA	97
VI.1 Cultura del agua	98
VI.2 Visión para el desarrollo estratégico de la GIRH en el contexto de la gobernanza y la cultura del agua	100
VI.3 Los ámbitos estratégicos en la GIRH bajo la gobernanza y la cultura del agua	103
Primer ámbito estratégico: encuadre de la cultura del agua y la gobernanza para la gestión integral de los recursos hídricos	104
Segundo ámbito estratégico: la gestión integral de los recursos hídricos (GIRH)	105
VI.4 Acciones estratégicas de gestión integral de los recursos hídricos	107
VI.5 Consideraciones Finales	109
Bibliografía	110



GLOSARIO DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

ANEAS: Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento de México.	NASA: National Aeronautics and Space Administration.
ATSDR: Agency for Toxic Substances and Disease Registry.	NMP: Número Más Probable.
CCT: Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana.	NOM: Norma Oficial Mexicana.
CEC: Commission for Environmental Cooperation.	OABCC: Observatorio del Agua, Bosques, Cuencas y Costas del Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana.
CE-CCA: Criterios Ecológicos de Calidad del Agua.	ODM: Objetivos de Desarrollo del Milenio.
CEPAL: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.	OMS: Organización Mundial de la Salud.
CMAS: Comisión Municipal de Agua y Saneamiento.	ONG's: Organizaciones No Gubernamentales.
CNA: Comisión Nacional del Agua.	ONU: Organización de las Naciones Unidas.
CONAGUA: Comisión Nacional del Agua.	OPS: Organización Panamericana de la Salud.
CO ₂ : Bióxido de Carbono.	pH: Potencial de Hidrógeno.
DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno.	PNUMA: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
DDT: Dichlorodiphenyltrichloroethane.	PSA: Pago por Servicios Ambientales.
EM: Evaluación de los Ecosistemas del Milenio.	S: Sociedad.
EPA: Environmental Protection Agency.	SAAM: Sustancias Activas al Azul de Metileno.
FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.	SE: Sector Educativo.
G: Gobiernos.	SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
GEI: Gases de Efecto Invernadero.	SIOABCC: Sistema de Información del Observatorio del Agua, Bosques, Cuencas y Costas.
GEO: Global Environment Outlook.	SS: Secretaría de Salud.
GIRH: Gestión Integral de los Recursos Hídricos.	UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
IEA: Índice de Escasez del Agua.	UNICEF: Fondo para la Infancia de las Naciones Unidas.
IES: Instituciones de Educación Superior.	UNSGAB: Consejo Asesor sobre Agua y Saneamiento del Secretario General de la ONU.
INEGI: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.	UV: Universidad Veracruzana.
IPCC: Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático.	VHA: Virus de la Hepatitis Aguda.

Prólogo

SOCORRO MENCHACA

Sin duda alguna, los problemas ambientales que hoy enfrenta la humanidad son de naturaleza compleja. Por lo mismo, su abordaje demanda un enfoque interdisciplinario, desde una o varias especialidades. El cambio climático, la degradación ambiental, el manejo de áreas naturales, el manejo de cuencas y la disponibilidad de agua en cantidad y calidad adecuadas, son ejemplos de problemas que, por su complejidad, deben analizarse y enfrentarse a través de una amplia gama de disciplinas.

Si bien durante buena parte del siglo xx los debates sobre las políticas de administración y gestión de gobierno se mantuvieron dentro de márgenes estrechos, y la administración y la gestión públicas retrocedieron hasta situarse como un mero ornato, hoy es evidente y ampliamente aceptado que para enfrentar los mencionados problemas complejos contemporáneos se hace indispensable la participación y la organización social, procesos —socializante uno y de ordenamiento el otro— que están implícitos en el desarrollo del ser humano y en la construcción de la sociedad.

Las consideraciones expuestas en los dos párrafos anteriores perfilan el contexto en que se desarrolla la obra que el lector tiene entre sus manos. Así, el tema central que aborda *Cultura del agua para la gobernanza en la gestión integral de los recursos hídricos*, es la necesidad y urgencia de acciones concertadas de diversos actores de sociedad y gobierno para proteger las funciones que los ecosistemas de agua dulce realizan, y que son fundamentales e indispensables para la disponibilidad de agua en cantidad y calidad suficientes para todos los usuarios de la misma.

Este problema, de enorme complejidad, se aborda aquí desde la perspectiva de la gestión integral de los recursos de los hídricos (GIRH), destacando el papel que deben desempeñar tanto el enfoque de gobernanza, como la política pública de cultura del agua, misma que se propone debe ser transversal a la GIRH y a dicho enfoque. Por otra parte, en esta obra se pone el acento en el factor antrópico, es decir, el papel que están jugando y el impacto que tienen los distintos usuarios del agua en los ecosistemas y sus servicios ambientales.

Este trabajo aporta en favor de la implementación de procedimientos que aseguren la eficiente concurrencia, cooperación y colaboración de múltiples instancias de gobierno, instituciones de educación y los diversos sectores de la sociedad, para preservar las mencionadas funciones de los ecosistemas de agua dulce. En una palabra, se trata de forjar colectivamente una cultura del agua, con base en el establecimiento de relaciones innovadoras que apunten a la capitalización de coincidencias y la conciliación de posiciones en la construcción de nuestro destino común.

Para alcanzar estos objetivos, los autores plantean las ventajas y beneficios derivados de que los gobiernos y amplios sectores de la sociedad, incluyendo el educativo en todos sus niveles,

puedan colaborar de manera conjunta bajo esquemas de gobernanza, lo que ayudará al entendimiento y posibilitará solucionar diversos problemas de gestión del agua, y satisfacer las demandas de los usuarios del vital líquido, posibilitando el bienestar de la población, actual y futura.

La cultura del agua así generada promueve los valores sociales que permiten establecer, consolidar y/o recrear hábitos, actitudes y diversas capacidades para el cuidado y uso racional del agua y recursos naturales, y para la protección al medio ambiente en beneficio de los habitantes de las distintas regiones de las cuencas. Impulsada colectivamente desde todas las partes del cuerpo social, tal cultura ha de convertirse en el eje central de todas las políticas, estrategias y acciones de la gestión y gobernanza del recurso hídrico. Es la participación del componente social, su integración horizontal y el convencimiento por parte de todos de la corresponsabilidad en la materia, lo que permitirá el éxito y eficiencia de los trabajos realizados.

Los temas desarrollados puntualmente a lo largo de seis capítulos incluyen: el enfoque de gobernanza en el marco de la gestión integral de los recursos hídricos; la importancia que tienen los ecosistemas y las funciones que se expresan en los servicios ambientales de cuencas hidrológicas y bosques; el análisis de las condiciones en las que las actividades humanas (usuarios del agua) impactan y afectan los servicios ambientales; la relación entre la calidad del agua y la salud humana. También se expone un estudio de caso —el de la microcuenca del río Pixquiac en Veracruz—, donde se muestra de qué formas los usuarios del agua, mediante sus distintas actividades, están contaminando el recurso, lo que puede tener repercusiones específicas en la salud de la población. El último capítulo establece una propuesta de estrategias de gobernanza en el contexto de la gestión de los recursos hídricos, mediante el desarrollo de la cultura del agua, objetivo hoy estrictamente necesario para vivir en paz y con un profundo respeto a la naturaleza.



CAPÍTULO I

LA GOBERNANZA EN EL ÁMBITO DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

SOCORRO MENCHACA





I. LA GOBERNANZA EN EL ÁMBITO DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

Los cambios que la sociedad está experimentando nos remiten necesariamente a aquellos otros que implican transformaciones del Estado en el marco de la gestión pública; asimismo tales cambios están relacionados con los procesos de adaptación y adecuación a las nuevas condiciones en que surgen las demandas sociales, cuestión que frecuentemente tiene que ver con los recursos naturales. Todo ello nos conduce también al ámbito de la complejidad, que se establece o considera como todos aquellos contextos que incluyen una interrelación del individuo y/o la sociedad con el medio ambiente.

Por lo anterior, y debido a la complejidad que implica dicha relación entre medio ambiente, sociedad y economía, se considera que ninguno de los sectores y/o actores involucrados por sí solos –sean públicos o privados– tiene los conocimientos necesarios para dar respuestas a este tipo de problemas, es decir, ninguno dispone de la información necesaria para abarcar los distintos sectores de la política y dar respuestas eficientes (Koiiman, 2000). Por lo tanto, se requiere el desarrollo de enfoques como la gobernanza, que opera bajo esquemas intersectoriales que incluyen todas las instancias involucradas con propósitos de colaborar, analizar, deliberar, resolver, desarrollar y evaluar, entre otros.

Los cambios referidos pueden interpretarse como pautas en un proceso de transición necesario en la relación de sociedad y gobierno ante los fenómenos complejos que ambos enfrentan. Es en este contexto donde surge la gobernanza como una noción estratégica que implica nuevas formas de relación entre gobernantes y gobernados, con el propósito de conseguir un beneficio mutuo, y cuyo eje central es resolver problemáticas complejas, las que pueden ubicarse, por ejemplo, en el contexto de la gestión integral de los recursos hídricos.

I.1. LA GOBERNANZA Y SUS IMPLICACIONES

Se establece, por principio, que existe una amplia gama de definiciones sobre el concepto de gobernanza, lo que implica que hay una noción general, pero ésta puede variar según el ámbito de la administración gubernamental y de la problemática que se atienda o que corresponda.

En la gestión y manejo integral del agua, establecemos que la gobernanza es una estrategia que incluye tres ámbitos distintos que son: la sociedad (distintos usuarios del agua); el gobierno (federal, estatal y municipal); las instituciones de educación superior o el sector educativo en general. Estos ámbitos pueden estar representados por redes organizadas que desarrollan múltiples acciones a través de mecanismos específicos que permiten y mantienen una interacción permanente.

En este sentido, la sociedad abarca una gran variedad de actores o personas que la integran mediante grupos distintos, como son: familias, asociaciones, sindicatos, empresarios, ONG's, repre-



Nacimiento de río Actopan, Actopan, Veracruz.

sentantes políticos, entre otros. Estos actores realizan una serie de demandas que el gobierno debe atender, pero también, tienen la responsabilidad de colaborar para que se implementen las políticas, estrategias y/o acciones del gobierno con cabalidad y eficiencia. En términos generales, la sociedad confiere al gobierno la responsabilidad de implementar un conjunto de estrategias y/o acciones que integran las llamadas políticas públicas. De esta manera, el desarrollo de un país y el bienestar social van a depender de la capacidad estratégica y administrativa para la implementación de políticas públicas en los contextos de alimentación, salud, vivienda, educación, medio ambiente, seguridad de la población, democracia, entre otros ámbitos (Menchaca *et al.*, 2015).

Por su parte, el gobierno tiene la responsabilidad y la tarea de atender y brindar solución a las diversas demandas y/o problemas de cualquier índole que plantea la sociedad, a través de la política pública y de su eficiente implementación, cuestión que debe implicar la escala humana. Asimismo, dicha tarea debe incluir la previsión de las posibles demandas –presentes y futuras– de la sociedad que podrían presentarse ante distintos escenarios; ello con el propósito de asegurar un régimen de bienestar social y económico o de calidad de vida, mismo que siempre está ligado al medio ambiente. Lo anterior, implica la concatenación de actividades, decisiones o medidas coherentes, que son instituidas principalmente por los actores que integran el sistema intersectorial político-administrativo de un país (Menchaca *et al.*, 2015).

I. La gobernanza en el ámbito de la gestión integral de los recursos hídricos

Las instituciones de educación superior (IES) y el sector educativo (SE) desempeñan una misión fundamental, ya que, como herramienta principal para su labor, generan conocimientos, los cuales abarcan también el desarrollo de la cultura, los valores y los principios éticos, elementos que conforman la expresión más elevada de la civilización humana, entre otros aspectos.

En cuanto a las IES, la sociedad les confiere la responsabilidad de formar profesionistas y/o recursos humanos de alta calidad, así como generar y transferir conocimientos que sean útiles y acordes con las demandas actuales y futuras de la misma sociedad; es decir, que tengan pertinencia social. Es evidente que este sentido de pertinencia social es fundamental. Bajo esta perspectiva, en la medida en que los gobiernos logren diseñar, implementar y desarrollar políticas públicas con base en el conocimiento científico generado por los profesionistas altamente calificados que a las IES toca formar, habrá altas posibilidades de que las estrategias, decisiones y acciones tomadas sean eficientes y eficaces, y su implementación sea exitosa.

En tal esquema estructural, la gobernanza interrelaciona a distintos ámbitos o sectores, que pueden interactuar en redes funcionales bajo principios establecidos y que tienen como cometido axial la participación en procesos decisorios, para gestionar o solucionar problemáticas de interés común a todos los sectores involucrados.

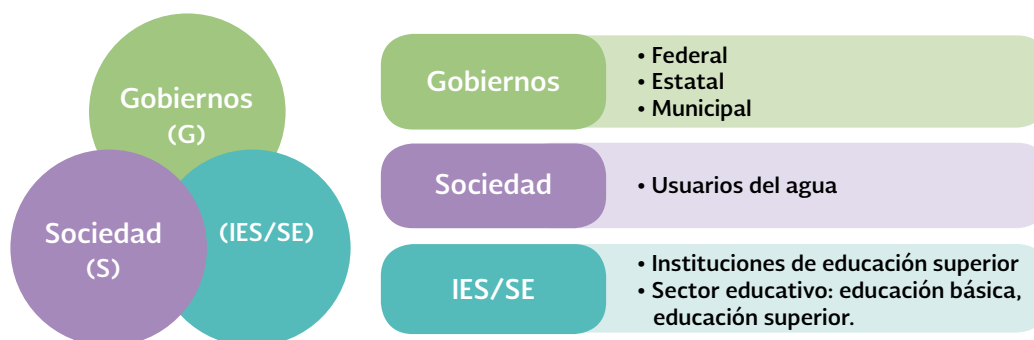


Figura 1. Estructura de la Gobernanza (Menchaca, OABCC/CCT, 2015)

En síntesis y para el caso que nos ocupa, bajo un esquema de gobernanza se articulan los intereses sociales colectivos, toca a las instancias gubernamentales regular la gestión integral de los recursos hídricos y los múltiples servicios conexos, siempre en colaboración con los usuarios del agua, y permitiendo la adecuación de demandas e intereses mediante el desarrollo de mecanismos de consenso. En este proceso intervienen las instituciones de educación superior y el sector educativo en general, mediante la generación de conocimientos científicos, el ejercicio profesional, y el desarrollo de una cultura de valores y principios básicos, en particular en los aspectos ambientales, sociales y económicos afines.

Cabe señalar que la gobernanza en dicho ámbito es un esquema estratégico que explora nuevas prácticas que permiten construir beneficios colectivos y reducen conflictos, a través del diálogo y la negociación entre diversos actores, haciendo posible un partenariado (ver



La Antigua, Veracruz.

Handicap International, 2002). Éste se dirige a la participación en procesos decisorios, en el ámbito de la gestión y el manejo de los recursos hídricos en una región, cuenca y/o a nivel local. Dicho esquema de colaboración privilegia la cooperación en el desarrollo de procesos construidos mediante negociaciones entre diversos actores públicos y privados, implicados alrededor de un objetivo en común, cuyo propósito principal es tener agua en cantidad y calidad suficientes, en el presente y para generaciones futuras.

Un aspecto que se considera importante es la comprensión de que el desarrollo de las políticas públicas y de sus estrategias y/o programas se beneficia bajo esquemas de gobernanza, en tanto su operatividad se facilita en el marco de una alta complejidad, ya que se busca articular los intereses de diversos sectores gubernamentales, sociales y económicos, lo que requiere de enfoques integradores que permiten producir o construir las mejores decisiones y hacer factible su implementación.

En los últimos años ha tenido amplia aceptación la búsqueda y el desarrollo de mecanismos de participación incluyentes, que permitan la intervención de todos los actores sociales. Así, se han hecho ensayos exitosos para activar dichas estrategias que se basan en esquemas de gobernanza (Font, 2001). Este enfoque expresa su eficiencia cuando se ejerce en un ámbito que articula a los individuos y/o a la sociedad en su totalidad y se relaciona directamente con los ecosistemas y los servicios ambientales.

I.2. LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS (GIRH) Y LA GOBERNANZA

De acuerdo con Global Water Partnership (2011), y con base en una perspectiva holística, el término de gestión integral de recursos hídricos, GIRH, consensuado a escala internacional, se establece como “Un proceso que promueve el manejo y desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico de manera equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas”.

Tal principio rector de la GIRH se expresa en el contexto nacional con similitud significativa en la Ley de Aguas Nacionales, dentro de la fracción XXIX del Artículo 3 (2013), como el

Proceso que promueve la gestión y desarrollo coordinado del agua, la tierra, los recursos relacionados con éstos y el ambiente, con el fin de maximizar el bienestar social y económico equitativamente sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales. Dicha gestión está íntimamente vinculada con el desarrollo sustentable. Para la aplicación de esta Ley en relación con este concepto se consideran primordialmente agua y bosque.

Ambas políticas de la GIRH, definidas en las escalas internacional y nacional, implican la gobernanza, ya que refieren el trabajo en redes que favorecen un desarrollo coordinado de los recursos naturales, con la participación de los sectores socioeconómicos y en beneficio y para seguridad de todos los usuarios del agua; así como la conservación y/o restauración de los ecosistemas conexos al agua.

Asimismo, el enfoque de gobernanza, en el sentido anterior, puede adoptarse para lo relativo a la Gestión del Agua, establecida en la fracción XXVIII del mismo artículo de la Ley de Aguas Nacionales, que se determina como un

Proceso sustentado en el conjunto de principios, políticas, actos, recursos, instrumentos, normas formales y no formales, bienes, recursos, derechos, atribuciones y responsabilidades, mediante el cual coordinadamente el Estado, los usuarios del agua y las organizaciones de la sociedad, promueven e instrumentan para lograr el desarrollo sustentable en beneficio de los seres humanos y su medio social, económico y ambiental, (1) el control y manejo del agua y las cuencas hidrológicas, incluyendo los acuíferos, por ende su distribución y administración, (2) la regulación de la explotación, uso o aprovechamiento del agua, y (3) la preservación y sustentabilidad de los recursos hídricos en cantidad y calidad, considerando los riesgos ante la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos extraordinarios y daños a ecosistemas vita-



Río Blanco, al paso por Ciudad Mendoza, Veracruz.

les y al medio ambiente. La gestión del agua comprende en su totalidad a la administración gubernamental del agua.

De acuerdo con lo anterior, se señala que la implementación del enfoque de gobernanza en el marco de las políticas de la GIRH y de la gestión del agua, se ubica en el contexto de las cuencas; y que dicho enfoque puede operar a distintas escalas, como regional y/o local. Debido a su importancia, se define a una cuenca como el espacio limitado que incluye desde los aspectos que abarcan las formas geológicas de la tierra que captan, concentran y distribuyen los distintos flujos hídricos, que provienen de las precipitaciones de la región, hasta los aspectos relacionados con los ecosistemas, los seres humanos que habitan espacios y territorios, así como los relativos a la economía en cuanto a los sistemas y modos de producción de bienes y servicios (Menchaca S., Bello J. 2014). Una cuenca implica, según la anterior definición,

la interrelación e interdependencia de aspectos ambientales, sociales y económicos, de ahí la importancia de incluir enfoques interdisciplinarios para su estudio y la gobernanza para su gestión y manejo.

En lo específico, se establece que es en este espacio donde se desarrolla el ciclo natural y antrópico del agua, que comprende distintas fases de gestión y manejo, como son: la disponibilidad natural en cantidad y calidad del agua, las redes de distribución del recurso, la oferta y demanda de los distintos usuarios del agua (agrícola, pecuario, acuícola, doméstico, forestal, industrial, entre otros), la disposición de las aguas servidas (drenaje), y por último el tratamiento y re-uso del recurso hídrico, lo que por ende implica en su conjunto a toda la sociedad.

Con base en lo anterior, se establece que las cuencas representan las unidades de gestión que pueden funcionar bajo mecanismos coordinados y participativos en el contexto de los recursos hídricos. Los Consejos de Cuenca y/o Comités de Cuencas u organizaciones que operan en estos territorios, pueden ser el medio para el desarrollo de procesos de gobernanza, en donde se articule la participación de los distintos actores de la sociedad, los distintos niveles y sectores gubernamentales, la participación de las instituciones de educación superior y el sector educativo en general. Dentro del marco de regulación, dichas figuras son instancias legítimas de discusión, concertación, coordinación y cogestión de los distintos usuarios del agua. Pudiendo ser también un medio de conciliación para evitar posibles conflictos y, con ello, establecer una cultura del agua que promueva una educación para la paz.

I.3. IMPLEMENTACIÓN DEL ENFOQUE DE GOBERNANZA DEL AGUA

A. Desarrollo de la gobernanza del agua

El esquema de la gobernanza, establecido arriba (ver Figura 1), implica desde un inicio la necesidad de diseñar y operar actividades consideradas básicas, las cuales se exponen a continuación:

1. Como se ha mencionado anteriormente, el eje central del esquema estructural de la gobernanza implica la organización de múltiples redes de colaboración en torno a los tres ámbitos relacionados con la gobernanza de los recursos hídricos: el gobierno federal, estatal y municipal (G); la sociedad que incluye a todos los usuarios del agua: agrícola, pecuario, acuícola, forestal, doméstico, industrial, servicios, entre otros (S); y, las instituciones de educación superior y demás niveles del sector educativo (IES y SE).
2. Un aspecto fundamental es el diseño y operación de mecanismos que permitan la interrelación permanente entre dichas redes (G) (S) (IES-SE), es decir, esquemas de operatividad intersectorial que aseguren dicha interrelación mediante el desarrollo de diversos procesos de integración, participación y colaboración social.
3. Es necesario establecer una administración encargada de coordinar los procesos de gober-

nanza de los recursos hídricos, que permanentemente propicie liderazgos y mecanismos de comunicación horizontales, misma que puede estar integrada por representantes de las redes (G) (S) (IES-SE).

4. Una de las principales tareas deberá ser el diseño, desarrollo y evaluación de estrategias y acciones y/o, en su caso, la redefinición de políticas públicas en el marco de acuerdos y consensos logrados en la interacción de las redes (G) (S) (IES-SE).
5. El diseño y desarrollo de mecanismos que permitan mantener la participación y la confianza entre los integrantes de las redes de gobernanza del agua es fundamental; así como desarrollar mecanismos que permitan la transferencia de información y saberes útiles a la sociedad en el marco de desarrollo y consolidación de una cultura del agua, así como la divulgación de los logros alcanzados mediante el trabajo conjunto.

B. Factores que pueden determinar el éxito de la GIRH bajo el enfoque de gobernanza

De acuerdo con el impulso de las capacidades específicas y la eficiencia en la dirección y coordinación del trabajo de las distintas redes, en el marco de la gestión integral de los recursos hídricos con enfoque de gobernanza, se establece la importancia de desarrollar las estrategias y/o acciones relacionadas con los siguientes aspectos, que se consideran los más relevantes:

1. Conocer la disponibilidad de agua en cuanto a cantidad y calidad de las aguas superficiales y subterráneas, así como el funcionamiento de los ecosistemas en cuanto a los servicios ambientales conexos al recurso hídrico, es decir, de cuencas hidrológicas.
2. Definir los distintos niveles de gobernanza que permitan implementar mecanismos eficientes en el ámbito de la gestión integral de los recursos hídricos y de la prestación de los servicios públicos de la gestión del agua, entre otros. Dichos niveles se identifican en los siguientes ámbitos: cuencas; regiones de las cuencas (ya sea alta, media o baja); municipal, local (congregaciones, colonias), cuerpos de agua naturales, entre otros.
3. Definición de los principios que guiarán la operatividad u organización del trabajo intersectorial entre los sectores gubernamentales, es decir, las instituciones o dependencias de distintos niveles de administración federal, estatal y/o municipal (G); la sociedad (los distintos usuarios del agua) (S); y las instituciones de educación superior y el sector educativo (IES-SE). Lo anterior, puede desarrollarse a escala intrasectorial (trabajo de coordinación entre los distintos niveles gubernamentales y sus instituciones y dependencias) y/o a escala intersectorial, esto es, la interacción entre los tres sectores participantes (G) (S) (IES-S).

La estructura y operatividad de comunicación en las redes y grupos de trabajo es un principio determinante para la eficiencia de éstos y para la satisfacción de los miembros que los integran. Moscovici y Faucheux establecen que la productividad y creatividad de un grupo varía en relación a la estructura de comunicación, que debe ser horizontal. Shaw ha encontrado que

los grupos que establecen redes de comunicación descentralizadas, requieren menos tiempo para resolver problemas, y cometen menos desaciertos en el desarrollo de las tareas a realizar, que aquellos que funcionan bajo redes centralizadas (citados por Fernández, 2001).

Este aspecto es fundamental y está dirigido a establecer mecanismos que permitan el trabajo de las redes de colaboración de acuerdo a las exigencias y/o problemáticas a analizar, deliberar, resolver, implementar, evaluar, etc. Los ámbitos que es necesario considerar en el trabajo de redes son: la aplicación permanente del marco regulatorio vigente; el desarrollo de formas de participación social horizontal; la inclusión de conocimientos científicos que pueden aportar las IES, y los valores que se promueven en el marco de la educación y la cultura del agua; el desarrollo de mecanismos permanentes dirigidos a la atención de demandas presentes y futuras de la sociedad; la conservación y restauración de ecosistemas y los servicios naturales conexos al agua; la difusión y transferencia de información a la sociedad en todos los aspectos relacionados con la gestión del agua, principalmente, en cuanto a la disponibilidad en cantidad y calidad; la previsión de riesgos relacionados con el recurso hídrico, que puede ser un instrumento de gestión permanente de planeación, desarrollo y procesos de mitigación de los posibles riesgos y efectos relativos a fenómenos naturales y antrópicos (humanos).

C. Factores sociales que deben incluirse en el desarrollo de la gobernanza del agua

En el desarrollo del enfoque de gobernanza, como se ha señalado reiteradamente, es fundamental la participación de todos los usuarios del agua, es decir, la inclusión de los distintos actores de la sociedad en la gestión integral de los recursos hídricos (GIRH), bajo el enfoque de cuencas. En la Conferencia Anual 2015 de la ONU-Agua, *Diálogos entre Actores para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible relativos al Agua*, en lo referente al apartado de *Gobernanza: Herramienta clave y lecciones aprendidas para la implementación* (ONU, 2015) (ver Proceso Regional de las Américas VI Foro Mundial del Agua, *Hacia Una Buena Gobernanza para la Gestión Integral de los Recursos Hídricos*, 2012), se establecen diversos factores que deben ser incluidos para lograr una buena gobernanza que permita una gestión y manejo integral del recurso de manera eficiente, resolviendo problemáticas complejas derivadas que eviten conflictos en el presente y futuro. Estos factores son principios de carácter social y se mencionan a continuación:

- **Participación:** desarrollo de procesos de comunicación y mediación de los intereses de todos los usuarios del agua.
- **Legalidad:** establecimiento del marco regulatorio adecuado a la GIRH y la gobernanza del agua.
- **Transparencia:** instauración de mecanismos de información que se transfiera y esté disponible para toda la sociedad.
- **Sensibilidad:** desarrollo de acciones dirigidas a la solución de problemas de todos los usuarios del agua.

- Consenso: desarrollo de procesos de mediación de intereses entre todos los usuarios del agua.
- Equidad: implementación de procesos permanentes de gestión de manejo integral del agua que incluyan a todos los sectores de la sociedad.
- Eficiencia: desarrollo de mecanismos que permitan el logro de procedimientos y resultados obtenidos por los participantes en tiempo y forma, así como su transferencia a la sociedad.

Se considera que estos principios han resultado exitosos en la práctica y deben de ser incluidos en el enfoque estructural de la gobernanza, que, como se ha mencionado, se basa en la colaboración participativa holística.

Estos principios son indispensables para enfrentar los retos que implica la compleja problemática de la gestión y manejo integral de los recursos hídricos, en razón sobre todo de una realidad a enfrentar que se manifiesta en: la disminución de la disponibilidad del recurso hídrico en términos de cantidad y calidad y expresada en escasez y estrés; la competencia entre los usuarios del agua en cuanto a oferta y demanda; el uso poco eficiente del recurso que obliga a desarrollar una cultura del agua que abarque también el cuidado de los cuerpos de agua; el fenómeno de cambio climático, sequías e inundaciones; obsolescencia o inexistencia de infraestructura; así como el alto valor económico del recurso, entre otros.

Una de las principales bondades del enfoque de gobernanza es que es una estrategia que permite el manejo y la reducción de conflictos en ámbitos de alta sensibilidad social que atañen directamente al bienestar de los seres humanos y la producción de bienes y servicios, como es el acceso al vital líquido.

Por lo anterior, deben desarrollarse políticas, estrategias y/o acciones tendientes a garantizar, en principio, la disponibilidad de agua en cantidad y calidad suficientes para el consumo humano actual y futuro de la población; asegurándola para todos los usuarios y fines (agrícola, pecuario, acuícola, doméstico, industrial, de servicios, etc.), y con una visión de construir una cultura del agua que permita desarrollar escenarios de paz entre los habitantes de los países y regiones del mundo.

En este libro se analiza una concatenación de fenómenos o eventos que se interrelacionan, o son interdependientes, y que afectan la disponibilidad del agua en cantidad y calidad, principalmente para uso humano, incidiendo en los ecosistemas y los servicios ambientales. En este análisis partimos de la discusión de la importancia que tienen los ecosistemas y funciones que pueden ser expresadas en los servicios ambientales de cuencas hidrológicas y bosques. Más adelante se analiza cómo los usuarios del agua impactan los servicios ambientales mediante el desarrollo de distintas actividades; otro capítulo se aboca al estudio de la relación entre calidad del agua y salud humana. Enseguida, y con base en lo anterior, se realiza un estudio de caso donde se revisa la relación entre usuarios del agua, contaminación del recurso y posibles riesgos en el contexto de enfermedades de origen hídrico. Finalmente, se exponen las conclusiones en torno a las estrategias de gobernanza en el contexto de la GIRH y el desarrollo de la cultura del agua.

BIBLIOGRAFÍA

Fernández, C., *La comunicación humana: Ciencia Social*. México, Mc Graw-Hill, 2001.

Global Water Partnership, *¿Qué es la GIRH?*, 2011. Recuperado en noviembre de 2015, de <http://www.gwp.org/GWP-Sud-America/PRINCIPALES-DESAFIOS/Que-es-la-GIRH/>.

Handicap International, Grupo de Trabajo Partenariado, *Manual técnico para uso interno: enfoque y herramientas para los equipos*, publicación digital, 2002.

Koiiiman, J., “Societal Governance: levels, modes and orders of Social-Political Interaction”, en *Modern governance. New Government-Society Interactions*, Oxford, Oxford University Press, 2000, pp. 138-164.

Menchaca, S., Alvarado, E., Zapata, K. y Pérez, M., “Construcción del riesgo por contaminación del agua y el principio de precaución”, en *Derecho y gestión del agua*, México, Ubijus Editorial, 2015.

Menchaca, S. y Bello, J., “La gestión para el manejo integral de cuencas desde el enfoque de sistemas complejos”, en *Metodologías aplicadas a las ciencias de la tierra*, México, IETEC Editores, 2014.

ONU. *Conferencia Anual 2015 de ONU-Agua en Zaragoza. Agua y desarrollo sostenible: De la visión a la acción*. Recuperado en noviembre de 2015, de http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/waterandsustainabledevelopment2015/multistakeholder_dialogue_17_01_2015.shtml.





CAPÍTULO II

IMPORTANCIA DE LOS ECOSISTEMAS Y LOS SERVICIOS AMBIENTALES

SOCORRO MENCHACA
ALEJANDRO USCANGA





II. IMPORTANCIA DE LOS ECOSISTEMAS Y LOS SERVICIOS AMBIENTALES

Si nos imagináramos a la Tierra sin ecosistemas, es decir, sin los motores productivos del planeta —comunidades de especies que interactúan entre sí y con el ambiente físico en que viven—, entonces nuestro planeta se parecería a las imágenes desoladas y sin vida que proyectaron desde Marte las cámaras de la NASA en 1997 (Aznar, 2002). Los ecosistemas están asociados a cada ser vivo, y cada uno tiene un desafío particular de vida; los seres vivos codifican enseñanzas de supervivencia y eficiencia, en razón de que incontables especies compiten por la luz solar, el agua, los nutrientes y el espacio para su óptimo desarrollo.

II.1. LOS ECOSISTEMAS

A los espacios delimitados por aspectos bióticos y abióticos, es decir, fauna, flora, cuerpos naturales de agua —sean cascadas, oasis, ríos, lagunas, aguas costeras y profundidades marinas—, montañas, dunas, en fin, todo aquello que es parte de los inmensos paisajes que conforman el planeta Tierra, se les llama ecosistemas.

La educación básica enseña la importancia que tienen los ecosistemas y cómo se obtienen los recursos naturales para su uso en beneficio de los seres humanos. Asimismo, se hace énfasis en su clasificación, de esa manera se enseña y los estudiantes conocen que existen bosques, selvas, praderas, sabanas, tundras, desiertos, entre otros. Sin embargo, esta relevante información no es suficiente para conocer a profundidad la importancia que tienen para la vida humana, ni el papel que juegan tales ecosistemas, sin los cuales los seres vivos no podrían vivir en el planeta Tierra.

Por ello, es muy importante resaltar que los ecosistemas no son únicamente ensamblajes de especies; se trata más bien de sistemas combinados de materia orgánica e inorgánica y de fuerzas naturales que interactúan y se transforman. La energía que mantiene el sistema en funcionamiento proviene del sol: la energía solar es absorbida y convertida en alimento por plantas y otros organismos que realizan fotosíntesis y se sitúan en la base misma de la cadena alimentaria. El agua es el elemento crucial que fluye a través del sistema natural. La cantidad de agua disponible, junto con los niveles de temperatura y la luz solar que un determinado sitio recibe, determinan en lo fundamental el tipo de plantas, de insectos y en general de animales que habitan el lugar, así como la manera en que se organiza el ecosistema (Aznar, 2002).

Las necesidades del organismo humano de alimento, agua, aire limpio, refugio y condiciones climáticas favorables son básicas; así, los ecosistemas son esenciales para el bienestar humano y especialmente para la salud, misma que la Organización Mundial de la Salud define como el estado de completo bienestar físico, mental y social. Sin embargo, generalmente, se ignora la función del medio ambiente natural, que es el conjunto de ecosistemas que permiten que los

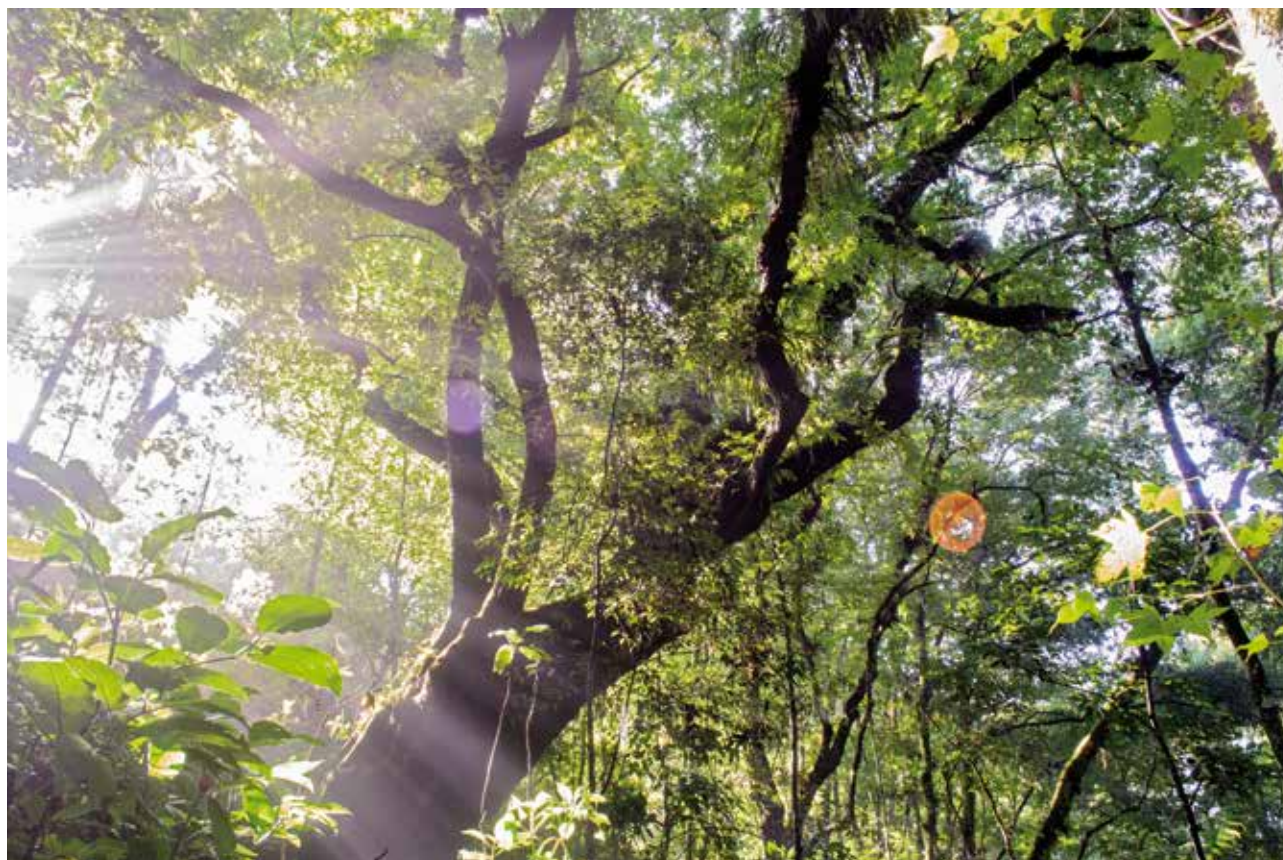
seres humanos gocen de buena salud, de organización social, de actividad económica, de un medio ambiente construido y de la vida en sí misma (OMS, 2005).

Cabe mencionar que en los últimos cincuenta años los seres humanos han transformado los ecosistemas de forma más rápida y extensa que en ningún otro periodo de la historia de la humanidad, en gran medida para satisfacer la creciente demanda de alimentos, de agua dulce, de madera, fibra y combustible, entre muchos otros. Sin duda, esta transformación del planeta ha aportado considerables beneficios netos para el bienestar humano y para el desarrollo económico, pero no todas las regiones ni todos los grupos de personas se han beneficiado de este proceso, de hecho, a muchos les ha perjudicado.

Además, hasta ahora se ponen de manifiesto los verdaderos costos asociados con esos beneficios (Reid *et al.*, 2005); sin embargo, faltan estudios que provean información relacionada con los costos reales de impactos y afectaciones a los ecosistemas en las distintas regiones del mundo.

Respecto a lo anterior y de acuerdo con Reid *et al.* (2005), se señala que son tres los principales problemas relacionados con la gestión de los ecosistemas del mundo, mismos que pueden estar teniendo ya efectos negativos en las personas, y a largo plazo disminuir significativamente los beneficios que se obtienen de los ecosistemas. Estos problemas son:

- En primer lugar, gran parte de los servicios de los ecosistemas se están degradando o no se usan de manera racional; aunque esta degradación es difícil de medir, los datos disponibles demuestran que es considerable y va en aumento. Por ejemplo, la producción de alimento indispensable para la humanidad puede afectar significativamente los ecosistemas, y los efectos adversos de ello pueden desplazarse de un grupo de personas a otro y/o traspasar los costos negativos a las generaciones futuras.
- En segundo lugar, se sabe que las afectaciones en los ecosistemas están aumentando la probabilidad de cambios no lineales en los mismos (incluidos cambios acelerados, abruptos y potencialmente irreversibles), que tienen consecuencias importantes para el bienestar humano. Algunas de éstas pueden ser, por ejemplo, la aparición de enfermedades, las alteraciones bruscas en la calidad del agua, la creación de “zonas muertas” en las aguas costeras, el colapso de las pesquerías y los cambios en los climas y microclimas regionales.
- En tercer lugar, la degradación de los servicios de los ecosistemas, es decir, la afectación a su funcionamiento, como puede ser el relacionado con la disponibilidad de agua en cantidad y calidad suficientes, está contribuyendo al aumento de las desigualdades y disparidades entre los grupos de personas; tal degradación, en ocasiones, se constituye en factor principal causante de pobreza y de conflicto social. Esto no significa que los cambios en los ecosistemas, como el aumento de la producción de alimentos, no hayan contribuido también a que muchas personas salgan de la pobreza o del hambre, pero esta situación también ha perjudicado a los ecosistemas y, por ende, a otros individuos y comunidades, cuya situación apremiante se debe atender de manera permanente.



Bosque de niebla.

Otro aspecto que debe de tomarse en cuenta es el de los cambios en el uso del suelo que estén generando transformaciones irreversibles en los ecosistemas y en los servicios ambientales. Tal es el caso de los humedales, que almacenan la escorrentía, recargan acuíferos y digieren los residuos orgánicos, mientras que los bosques proveen sombra a los ríos y arroyos, y retienen la erosión (Calvache *et al.*, 2012). Este autor, también destaca como principales causas de pérdida o degradación de ecosistemas los siguientes aspectos:

- Conversión de ecosistemas naturales para su uso en ganadería o agricultura.
- Quemas de los ecosistemas naturales.
- Minería u otra extracción de recursos naturales.

Así pues, las políticas y estrategias para asegurar una gestión sustentable de los ecosistemas requieren cambios sustanciales en las instituciones. Tales cambios deben realizarse bajo un marco de gobernanza que favorezca el compromiso de la sociedad, del sector gubernamental y de las instituciones de educación superior que aportan desarrollo de tecnología y conocimientos científicos, en aras de asegurar la solución a los problemas de los ecosistemas planteados, para promover bienestar social y producción de bienes y servicios.

Al respecto la UNESCO (2003) considera que las medidas de protección de los ecosistemas incluyen: iniciativas políticas y estratégicas destinadas a fijar objetivos, establecer normas y

promover la gestión integrada del uso de la tierra y el agua; la educación ambiental; la presentación periódica de informes sobre la calidad del medio ambiente y sus cambios; el mantenimiento del caudal de los ríos; la protección del ambiente de origen de las aguas; la protección de especies, etcétera.

Como se ha mencionado, es un hecho que la humanidad depende completamente de los ecosistemas para su sustento. Desde el agua que bebe hasta los alimentos que consume, desde el mar que le ofrece su riqueza de productos hasta el suelo sobre el que construye sus viviendas, los ecosistemas producen bienes y servicios sin los cuales no se podría sobrevivir. Los ecosistemas hacen que la Tierra sea habitable purificando el aire y el agua, manteniendo la biodiversidad, dando lugar al ciclo de nutrientes y proporcionando todo un abanico de funciones críticas (Aznar, 2002).

En definitiva, los ecosistemas son imprescindibles para la vida, sin embargo, la sociedad se está olvidando que depende totalmente de ellos, y que a través de los servicios que le proporcionan, es como puede mantener su bienestar social. Este olvido quizá sea, más bien, en gran medida, falta de conciencia sobre la importancia que tienen los ecosistemas y los beneficios que brindan a la humanidad. A continuación se describen los servicios ambientales que ofrecen los ecosistemas a la sociedad en su conjunto.

II.2. LOS SERVICIOS AMBIENTALES

Comprender el concepto y la utilidad de los servicios ambientales que brindan los ecosistemas permite valorar la importancia de sus funciones, las que representan el sustento de la vida en la Tierra, como se ha mencionado con antelación. Dichos servicios, que se relacionan con beneficios intangibles, influyen en el mantenimiento de la vida de los sistemas naturales y el bienestar de las personas y las comunidades (SEMARNAT, 2004), de ahí la relevancia del cuidado, conservación y, en su caso, restauración de los ecosistemas.

Groot (2002), en Orozco *et al.* (2008), desde el enfoque ecosistémico, establece que dichos servicios son los que directa o indirectamente reciben los seres humanos, los que provienen de interacciones que se producen en los ecosistemas. Incluso, la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (EM, 2005) propuso que este enfoque sea la estrategia para el manejo integrado del suelo, el agua y los recursos orgánicos, reconociendo además que los seres humanos, con su diversidad cultural, son parte de los ecosistemas.

Respecto a la producción y uso de los servicios ambientales, Retamal, Madrigal, Alpízar y Jiménez (2008) establecen que, por su complejidad, ésta depende de múltiples características específicas del ecosistema, tales como la disponibilidad del agua, composición de los suelos, usos de la tierra, tipo de vegetación, clima y manejo de los recursos naturales, entre otros factores. Al respecto, se señala la necesidad de tener información sobre la interacción del hombre con el medio ambiente, es decir, sobre los posibles impactos y efectos que tienen sus actividades en los ecosistemas, ya que esto puede favorecer o no sus actividades productivas

—agricultura, ganadería, acuicultura, entre otras—, incluso en la disponibilidad de los recursos naturales en calidad y cantidad para usos humanos.

Al respecto Zalles (2001) señala que dichas actividades se basan en el hecho de que cierta superficie terrestre o volumen de agua puede sustentar los procesos biológicos que la actividad requiere, y cuando no hay un manejo adecuado de los recursos naturales es posible que se produzca una degradación ambiental, que puede tener distintos efectos en los ecosistemas.

Además de lo anterior, se tienen estimaciones sobre las Perspectivas Mundiales del Ambiente (GEO, por sus siglas en inglés, 2000), mismas que prevén un aumento de la población de 3 mil millones de personas y un crecimiento de 400 por ciento de la economía mundial en el 2050. Esto implica un aumento drástico de la demanda y consumo de recursos biológicos y físicos, al igual que un aumento sostenido de impactos en los ecosistemas y en los servicios que prestan. El problema del presente y futuro es que la creciente demanda de los servicios se combina con la degradación, misma que es más intensa, acumulativa y sinérgica, y disminuye la capacidad que tienen los ecosistemas para prestar sus servicios ambientales. Esto nos indica que deberemos implementar de inmediato una estrategia permanente dirigida a la protección de los servicios ambientales, lo que puede tener como marco la gestión y manejo integral de los recursos naturales en cuencas.

También es evidente la necesidad de conocer los distintos tipos de servicios ambientales, para facilitar la identificación de los impactos y efectos antrópicos (humanos) en los ecosistemas. De acuerdo con la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (2005), son los siguientes:

- Los de apoyo, que se refieren a los procesos necesarios para la generación de los servicios de los ecosistemas, como la producción de materias primas, la producción de oxígeno, la formación del suelo, entre otros.
- Los de provisión, que se relacionan con los productos que las personas obtienen del ecosistema, como es el agua dulce, la obtención de alimentos, combustibles, fibras y los recursos energéticos, entre otros.
- Los de regulación, que son los beneficios obtenidos por la regulación de los procesos de los ecosistemas, entre los que se incluye el control del clima y de inundaciones, el mantenimiento de la calidad del aire, el control de la erosión, la regulación de las enfermedades humanas y la purificación del agua, etcétera.
- Los culturales, que se relacionan con los beneficios intangibles de los ecosistemas, como es el caso del enriquecimiento espiritual, la reflexión, la recreación y las experiencias artísticas y estéticas, entre otros.

Cabe señalar que, a pesar del papel primordial de los servicios ambientales, las distintas actividades de los usuarios del agua los afectan de manera significativa. A continuación, se analizan estos servicios ambientales, mismos que —cabe señalar— se interrelacionan y son interdependientes en cuanto a sus funciones ecosistémicas.

A. Servicios ambientales de los bosques

Los servicios ambientales proporcionados por los bosques, en cuanto a su estructura, composición y ubicación geográfica específica, juegan un papel fundamental. Existe una variación entre los tipos y niveles de servicios que proporcionan los bosques. Principalmente, se identifican tres categorías: *protección de la cuenca hidrológica*, *conservación de la biodiversidad* y *captura de carbono*. Sin embargo, también proporcionan muchos otros beneficios, incluyendo el uso recreativo del bosque y su aportación a la belleza del paisaje (Pagiola *et al.*, 2003). A continuación, se describen las categorías conexas al recurso natural del agua y también se señala la importancia del *suelo* en los servicios ambientales.

Protección de las cuencas hidrológicas. Respecto a la protección de las cuencas hidrológicas, los bosques desempeñan un papel importante en la regulación de los flujos hídricos, ya que los cambios en la cobertura forestal pueden afectar la cantidad y la calidad de los flujos de agua, así como la erosión, sedimentación, niveles freáticos y productividad acuática. Pagiola *et al.* (2003) señala que estos impactos dependen de muchas características específicas del sitio, incluyendo la topografía del terreno, la composición del suelo, las especies arbóreas, la mezcla de vegetación, el clima, entre otros. En este sentido, si un bosque es deforestado, se induce la compactación del suelo, en consecuencia, el escurrimiento aumentará, lo que ocasiona que las capas freáticas no recarguen lo suficiente; al mismo tiempo se provoca un mayor riesgo de inundación en las zonas bajas.

Otra de las aportaciones forestales a las cuencas hidrológicas es que las raíces de los árboles reducen la vulnerabilidad a la erosión, especialmente en las pendientes más pronunciadas; los bosques también ayudan a reducir el impacto erosivo de la lluvia en el suelo y el nivel de desalojamiento de partículas. La vegetación tiene también una amplia gama de efectos directos e indirectos que reducen o incrementan las tasas de erosión a través de procesos climáticos e hidrológicos, como el amortiguamiento de los impactos hídricos o fluviales. Además, donde la cobertura vegetal reduce la erosión, también suele favorecer depósitos de sedimentos, lo que crea condiciones para la generación de suelos y sustratos que hacen posible la creación de hábitats fluviales, planicies de inundación y terrazas aluviales (Pagiola *et al.*, 2003). Cabe señalar que actividades tales como la agricultura y ganadería, así como la tala inmoderada, entre otras, incrementan la erosión y alteran la calidad de los suelos.

El mismo autor (2003) afirma que los bosques preservan o prolongan el valor de la infraestructura hidráulica: los canales de riego, los puertos y las vías marítimas, las represas para las hidroeléctricas y las plantas de tratamiento de agua; esto es así debido a que ayudan a prevenir la sedimentación de los cuerpos de agua de la parte baja de la cuenca.

Conservación de la biodiversidad. A este respecto, los bosques albergan un porcentaje importante de la biodiversidad en el mundo, es por esto que la pérdida del hábitat forestal es una de las principales causas de la disminución de especies (Pagiola *et al.*, 2003).



Laguna de Catemaco, Veracruz.

El potencial que representa el material genético natural para la investigación farmacéutica, justifica la conservación de los ecosistemas naturales, ya que toda la industria biotecnológica depende de la existencia de la biblioteca natural de información genética y química, aún por explorar en su magnitud. Otro de los valores que se atribuyen a la biodiversidad incluye la aplicación de sustancias químicas nuevas en la agricultura o en la industria. Cabe señalar, la importancia del uso racional de los recursos naturales, ya que su explotación intensiva afecta los ámbitos ambiental, social y económico.

Captura de carbono. En relación con la captura de carbono, los bosques almacenan enormes cantidades de este elemento, y mientras están en crecimiento, lo capturan de la atmósfera. Como se sabe, el cambio climático es el resultado de la acumulación de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera. El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2000), estima que el aumento de 30 por ciento en los niveles atmosféricos de GEI hizo que la temperatura mundial aumentara 0.6°C, principalmente provocado por el combustible fósil, que representa el 75 por ciento de los GEI, seguido por la degradación forestal y la deforestación que representan un 20 por ciento adicional.

De acuerdo con lo anterior, los bosques realizan un papel importante en la regulación del clima a escala global, ya que las plantas toman el bióxido de carbono (CO²) de la atmósfera en el proceso de la fotosíntesis y lo utilizan para elaborar azúcares, y otros compuestos orgánicos

necesarios para su crecimiento y metabolismo. Los árboles, por ejemplo, almacenan carbono hasta cuando empiezan a descomponerse, después pueden liberar el bióxido de carbono de su madera (Pagiola *et al.*, 2003).

Suelo. También el suelo juega un papel fundamental en los servicios ambientales de los bosques, ya que proporciona funciones esenciales para la vida, siendo un gran proveedor, almacén y promotor de la biodiversidad de la Tierra. Tales funciones están vinculadas a los servicios ambientales relacionados con la producción y el soporte de biomasa del planeta, como la producción de alimentos, forrajes, recursos energéticos renovables y materias primas. El suelo también funciona como un filtro, zona de amortiguamiento y gran almacén del agua de lluvia, la cual humedece las capas superiores de la corteza terrestre y en transporte a los acuíferos subterráneos; el suelo limpia al vital líquido de contaminantes y sustancias tóxicas; es asimismo una cámara de incubación, descomposición y reciclamiento de nutrientes para los propios organismos que lo habitan y para todas las plantas que constituyen la cubierta vegetal de la Tierra.

El suelo es también un hábitat biológico de reservas genéticas, que provee espacio, materiales y biomasa para una multitud de organismos que integran un alto porcentaje de la diversidad biótica del sistema terrestre; es también un factor decisivo en la dinámica de los intercambios de gases, nutrientes, solutos y elementos bióticos entre la fase acuosa, sólida y gaseosa de la Tierra. Además, la biota del suelo juega un papel importante en la estabilización y la regularización del sistema climático global, y la materia orgánica de los suelos constituye el mayor almacén de carbono (Pagiola *et al.*, 2003).

B. Servicios ambientales de las cuencas hidrológicas

Respecto a los servicios ambientales proporcionados por las cuencas hidrológicas, se puede decir que el agua es un componente multifuncional ya que es un hábitat; es un sistema de transporte de energía, materia orgánica y minerales; es el factor productivo de biomasa y alimentos, entre otras cosas (Toledo, 2006). Y también es vital para la vida humana, además de ser la base para la producción de bienes y servicios (Menchaca y Alvarado, 2011).

Las cuencas hidrológicas son la unidad básica en la regulación del agua, ya que los patrones hídricos de éstas se relacionan con su relieve, pendiente, tamaño, ubicación geográfica, geología, tipo de suelo y, por supuesto, con los ecosistemas que la conforman (Cotler, Caire, 2009). De acuerdo con Orozco, Jiménez, Faustino, Prins (2008), una cuenca es un sistema compuesto por tres componentes: el biofísico, formado por el agua, el suelo y el aire; el biológico, formado por flora y fauna; y la población humana con sus actividades económicas, su cultura y sus organizaciones. Por esta razón, debe haber un equilibrio entre los tres componentes; si uno de ellos es afectado, se produce una alteración en el proceso que pone en peligro al sistema de la cuenca.

Así es como las cuencas hidrológicas forman sistemas complejos y dinámicos, que generan múltiples interacciones a distintas escalas. Esto provoca que los actores que viven dentro de los límites físicos de las cuencas, y aún más allá, perciban costos y beneficios que no provienen directamente de sus propias acciones (Orozco *et al.*, 2008).



Bosque de coníferas.

La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM, 2005) estableció que el crecimiento de las economías y el bienestar de las poblaciones humanas están fuertemente asociados con los beneficios que proveen los ecosistemas en términos de provisión de agua y alimentos, regulación del clima e inundaciones y opciones para la recreación y la investigación, entre otros factores. Madrigal (2008) considera que los ecosistemas forestales juegan un papel importante en la prestación de servicios hidrológicos, y desde esta perspectiva se identifican varios servicios ambientales:

- La reducción de sedimentos en las vías fluviales, lo cual reduce la sedimentación de las represas y a su vez los costos asociados de producción y mantenimiento de sistemas de riego, plantas hidroeléctricas, sistemas de distribución de agua potable, entre otros;
- La regulación del ciclo hidrológico, lo que reduce tanto el riesgo de inundaciones durante la temporada de lluvia, como la probabilidad de escasez de agua durante la temporada de secas;
- El aumento del volumen de agua disponible durante todo el año o, específicamente, durante la temporada de secas;
- La protección del agua para uso rural, urbano, industrial, etcétera;

- El mantenimiento de los hábitats acuáticos, por ejemplo, la reducción de la temperatura del agua mediante la sombra de los árboles, el aseguramiento de restos adecuados de madera y hábitat para las especies acuáticas, entre otros.
- La belleza escénica natural o del paisaje para fines turísticos, científicos y artísticos.

Dichos servicios son importantes para todos los usuarios del agua, justificando así la conservación y restauración de los bosques en la cuenca. Cabe señalar que son pocos los estudios que revelan los impactos a los bosques, mismos que afectan significativamente los servicios ambientales hidrológicos, ya que éstos dependen de características específicas, incluyendo el terreno, la composición del suelo, las especies arbóreas, la mezcla de vegetación, el clima y los regímenes administrativos, entre otros.

El sistema hidrológico y su cuenca asociada juegan un papel fundamental en lo que respecta a la regulación y el mantenimiento de la biodiversidad en los paisajes terrestres. Al respecto Toledo (2006) señala que tienen un papel vital en el movimiento de organismos y de flujos energéticos (sedimentos, minerales y materia orgánica) y funcionan como los mecanismos de transporte más importantes en los ecosistemas.

Como se ha establecido con anterioridad, el desarrollo de los países y el bienestar del ser humano se encuentran profundamente relacionados con la naturaleza, ya que de las funciones y propiedades de los ecosistemas, como de sus interacciones, se generan diversos servicios ambientales que se traducen en beneficio de la sociedad.

A continuación, se especifica la importancia de los servicios ambientales conexos al recurso hídrico del agua y algunas acciones que pueden favorecer su conservación.

Regulación del ciclo hidrológico. Los ecosistemas naturales ayudan a regular el ciclo hidrológico almacenando agua en épocas lluviosas y liberando lentamente el agua en épocas de estiaje. Así mismo, son decisivos a la hora de controlar crecidas o inundaciones en ciertas épocas del año (Celleri y Feyen, 2009, citados en Calvache *et al.*, 2012).

Control de la sedimentación. Los ecosistemas naturales protegen al suelo de efectos erosivos, producidos por el viento o la escorrentía. Las raíces de la vegetación natural ayudan a mantener el suelo aglutinado y firme, de manera que no sea arrasado por lluvias y corrientes de agua y viento. Mantener una baja concentración de sedimentos en el agua es beneficioso para la operación de embalses de agua potable o para la generación hidroeléctrica, así como para mantener canales de riego en una condición óptima (Celleri y Feyen, 2009, citados en Calvache *et al.*, 2012).

Calidad de agua. La vegetación natural ejerce un efecto de filtro y de barrera contra el agua contaminada por agroquímicos, pesticidas, fertilizantes y otros contaminantes producidos por una agricultura o ganadería mal manejada. La vegetación tiene la capacidad de absorber varios contaminantes y almacenarlos en sus tejidos, o de transformarlos en sustancias menos peligrosas. También puede atrapar sólidos en suspensión, que pueden tener contaminantes pegados a ellos. La vegetación riparia (aquella que crece en las riberas de lagos o ríos) es, así mismo, de gran importancia, pues es la última barrera protectora que previene la entrada de



Manglar.

los contaminantes a los arroyos o a los ríos. La presencia de vegetación natural en una cuenca y, en particular, de bosques riparios y humedales ayuda a mantener una buena calidad de agua, lo cual se traduce en ahorro en costos de tratamiento y en una menor posibilidad de que las poblaciones humanas padezcan enfermedades ligadas a agua de mala calidad (Celleri y Feyen, citados en Calvache *et al.*, 2012).

Otros servicios hidrológicos. La vegetación natural ofrece beneficios adicionales que pueden ser importantes en ciertas áreas. Por ejemplo, la vegetación intercepta la humedad en bosques de niebla, lo que aumenta la cantidad de agua que entra al sistema hidrológico. Este efecto puede ser particularmente importante para zonas en donde la disponibilidad de agua es estacional y existe un déficit de agua en épocas secas. En otros casos, hay sitios en donde la vegetación natural puede ayudar a la infiltración de agua hacia los acuíferos (Calvache *et al.*, 2012).

Debido a que el agua es uno de los recursos naturales imprescindibles para la población, es necesario conservar las cuencas, ya que es el territorio donde se conjugan todos los elementos que conforman un ecosistema y donde ocurren los procesos que regulan la oferta de este recurso. Por lo tanto, la estructura, funcionamiento y estado de conservación de una cuenca determinarán la eficiencia alcanzada en cada una de las actividades que demanda el servicio,

por ejemplo, la producción de agua potable, hidroelectricidad, pesca recreativa, etcétera (Lara *et al.*, 2008, citados en Little, 2010).

Es necesario hacer énfasis en que la mayoría de los servicios ambientales, como son la regulación hídrica, el control de sedimentos, el almacenamiento de carbono, entre otros, generan beneficios para la población humana, que casi nunca son cuantificados ni reconocidos. Dentro de esta lógica, un área determinada puede ser crucial para un grupo de individuos, pues en ella se llevan a cabo ciertos procesos naturales que proveen servicios ambientales fundamentales para la vida (Calvache *et al.*, 2012).

A diferencia de lo anterior, la contaminación de las fuentes de agua crea costos adicionales, como es cubrir anualmente costos de filtros, energía para la remoción de sedimentos, químicos para purificación del agua o nuevas plantas de tratamiento (infraestructura gris), siendo más eficiente la inversión en la conservación de las cuencas (infraestructura verde) (Calvache *et al.*, 2012). De hecho, cuando el agua que se trata en las plantas proviene de una cuenca degradada, los costos son mucho más altos que cuando proviene de una cuenca conservada (Ruiz, 2007). Esto significa, que los costos de tratamiento para hacer potable el agua dependen claramente del estado de conservación de las cuencas aportantes.

Teniendo en cuenta lo anterior, deben plantearse soluciones para promover una gestión integral de las cuencas; por ejemplo, se puede proponer la creación de fondos de agua, los cuales están enfocados hacia el mantenimiento y conservación de servicios hidrológicos a través de la conservación y restauración de ecosistemas naturales. También se puede apoyar el mantenimiento de otros servicios, tales como el almacenamiento de carbono o la biodiversidad. Estos mecanismos permiten unir a los usuarios del agua bajo una misma visión de manejo integral de las cuencas, esto es, la integración de los sectores social, agrícola, ganadero, piscicultor, industrial, organizaciones civiles, etcétera, mismos que pueden coadyuvar y/o desarrollar estrategias de conservación que permitan sostener los servicios ambientales de los ecosistemas. Este mecanismo rompe los esquemas tradicionales de manejo sectorial del agua para promover la participación de diversos usuarios, una visión y una gestión integral. El objetivo común consiste en garantizar la prestación de los servicios ambientales de una cuenca sana (Calvache *et al.*, 2012).

Al mismo tiempo, también es viable implementar el Pago por Servicios Ambientales (PSA), el cual es un instrumento que favorece la conservación de los hábitats y de las especies naturales. El uso de un índice que evalúe la calidad de los ecosistemas de un área permitirá ofrecer una recompensa económica con base en el estado de naturalidad de la propiedad, así como hacer un seguimiento para controlar que el “servicio” por el cual se está pagando esté llevándose a cabo. Proteger la biodiversidad y la riqueza ecológica aporta beneficios cuantitativos al ser humano, y por ello, el propietario cuyos terrenos tienen cierta calidad ecosistémica debe ser económicamente premiado e incentivado (Orrantia *et al.*, 2008).

Dada la importancia de los servicios ambientales de bosques y cuencas hidrológicas, es vital estimular el desarrollo de estrategias de manejo innovadoras, que permitan mantener e incre-

mentar los bienes y servicios ambientales ofrecidos por los bosques y cuencas, mismos que en la actualidad no son considerados como un asunto prioritario para su protección y conservación en los temas de decisiones en materia ambiental, porque no han sido cuantificados en términos físicos ni han sido valorados económicamente (Oyarzún *et al.*, 2005).

Son muchas las opciones que se pueden hacer para un uso adecuado de los servicios ambientales de bosques y cuencas hidrológicas, de los cuales los seres humanos dependen para su bienestar y para la producción de bienes y servicios. Sin embargo, la riqueza centrada en los servicios ecosistémicos, se ve ahora seriamente amenazada por la particular racionalidad económica respecto de los recursos naturales, los patrones de consumo, la creciente pobreza, el cambio de uso del suelo, entre otros muchos factores, cuestiones que deben estudiarse y atenderse de manera permanente. Adicionalmente a lo anterior, ha de señalarse que no se tiene información suficiente sobre la magnitud y la manera como las diversas actividades de los usuarios del agua afectan los servicios ambientales de los ecosistemas, factor que debe evaluarse y analizarse a profundidad en el marco de la gestión integral de los recursos hídricos.

BIBLIOGRAFÍA

- Aznar, J. M., *Recursos mundiales. La gente y los ecosistemas: se deteriora el tejido de la vida*. Madrid, España, Ecoespaña Editorial, 2002.
- Calvache, A., Benítez, S. y Ramos, A., *Fondos de Agua: Conservando la Infraestructura Verde. Guía de diseño, Creación y Operación*. Alianza Latinoamericana de Fondos de Agua, The Nature Conservancy y Banco Interamericano de Desarrollo, Bogotá, Colombia, 2012, p. 140.
- Cotler, H. y Caire, G., *Lecciones aprendidas del manejo de cuencas en México*, México, Instituto Nacional de Ecología (INE), 2009, pp. 9-21.
- Menchaca, S. y Alvarado, E., *Efectos antropogénicos provocados por los usuarios del agua de la Microcuenca del río Pixquiac*, Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Pub., Esp. Núm. 1. 2011, pp. 85-86.
- OMS, *Ecosistemas y bienestar humano*, Organización Mundial de la Salud, Informe, Ginebra, Suiza, 2005, p. 55.
- Orozco, P., Jiménez, F., Faustino, J. y Prins, C., *La cogestión de cuencas abastecedoras de agua para consumo humano*, Serie técnica, boletín técnico núm. 28, Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, 2008.
- Orrantía, O. A., Ortega, M.M.H., Quirós, O. M. y Lioldi, J. A., “Servicios Ambientales del bosque: ensayo en una cuenca atlántica europea con base en la experiencia de Centroamérica”, *Biol. Trop.*, Vol. 56 (4), 2008, pp. 2087-2098.
- Oryazuún, C. E., Nahuelhual, L. y Núñez, D., “Los servicios ecosistémicos del bosque templado lluvioso: producción de agua y su valoración económica”, *Revista Ambiente y Desarrollo*, vol. xx/ Núm. 3-Vol. XXI / Núm. 1, 2005, pp. 88-97.

- Pagiola, S., Bishop, J. y Landel-Mills, N., *Venta de servicios ambientales forestales*, México, INE, 2003, pp. 31-50.
- PNUMA, GEO, *América Latina y el Caribe. Perspectivas del medio ambiente*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. San José, Costa Rica, 2000, p. 114, 2000. Recuperado en noviembre de 2014, de <http://www.pnuma.org/deat1/pdf/GEO%20ALC%20%202000-espanol.pdf>.
- PNUMA, *Perspectivas del medio ambiente mundial GEO-4. Medio Ambiente para el Desarrollo*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Resumen ejecutivo para los tomadores de decisiones. Dinamarca, p. 36, 2007. Recuperado en octubre de 2014, de http://www.unep.org/geo/geo4/media/GEO4_SDM_Spanish.pdf.
- PNUMA, SEMARNAT (2004), *Perspectivas del medio ambiente en México, GEO México 2004*, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Informe, México D.F., p. 324, 2004. Recuperado en marzo de 2015, de <http://www.pnuma.org/deat1/pdf/GEOMexico2004.pdf>.
- Retamal, R., Roger, M., Francisco, A. y Francisco, J., *Metodología para valorar la oferta de servicios ecosistémicos asociados al agua de consumo humano, Copán Ruinas, Honduras, Costa Rica*, CATIE-ASDI, 2008, pp. 5-13.
- Reid, W.V., Mooney, H.A., Cropper, A., Capistrano, D., Carpenter, S.R., Chopra, K., Dasgupta, P., Dietz, T., Duraiappah, A.K., Hassan, R., Kaspersen, R., Leemans, R., May, R. M., Pignali, P., Samper, C., Scholes, R., Watson, R. T., Zakri, A.H., Shidong, Z., Ash, N. J., Bennett, E., Krumar, P., Lee, M.J., Raudsepp-Hearne, C., Simons, H., Thonell, J. y Zurek, M.B., *Evaluación de los Ecosistemas del Milenio*. Informe de Síntesis, Borrador final, 2005. Recuperado el 06 de septiembre de 2013, de <http://www.millenniumassessment.org/en/index.html>.
- Ruiz, J. P., “Servicios ambientales, agua y economía”, *Rev. Ing.*, Madrid, España, 2007, p. 7.
- Toledo, A., *Agua, hombre y paisaje*, México, INE, 2006. pp. 42, 43, 45, 46, 47, 50, 51, 55, 124.
- UNESCO, *Agua para todos, agua para la vida, Organización de las Naciones Unidas para la Educación y la Cultura*, Resumen, París, Francia, 2003, p. 36.
- Zalles, “Recursos naturales y cadenas de producción en América Latina”, en Leff, E. y Bastida, M. (Comp.), *Comercio, medio ambiente y desarrollo sustentable: perspectiva de América Latina y el Caribe*, México, PNUMA, 2001, p. 73.



CAPÍTULO III

ACTIVIDADES HUMANAS Y SU IMPACTO EN LA CALIDAD DEL AGUA

SOCORRO MENCHACA
ALEJANDRO USCANGA





III. ACTIVIDADES HUMANAS Y SU IMPACTO EN LA CALIDAD DEL AGUA

Ante la imposibilidad práctica de eliminar las afectaciones a los servicios ambientales, ya que los seres humanos requieren utilizar los recursos naturales, tanto para realizar sus actividades personales y domésticas como para la producción de bienes y servicios, es fundamental conocer cuáles son los impactos de las muy diversas actividades humanas. Lo anterior implica la identificación de éstas y del espacio geográfico en donde se realizan, así como la medición del tipo de impacto y sus efectos en cuanto a la degradación de los servicios ambientales, que generalmente son múltiples, constantes y sinérgicos.

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés), un efecto antrópico es aquel que tiene consecuencias en los ecosistemas y se produce por la intervención del ser humano. Como hemos mencionado, la incidencia antrópica es cada vez mayor y notoria, debido a que con frecuencia los seres humanos o la sociedad en su conjunto hacen uso sin control de los recursos naturales, entre otros aspectos.

III.1. FACTOR ANTRÓPICO: ACTIVIDADES DE LOS USUARIOS DEL AGUA QUE AFECTAN LOS SERVICIOS AMBIENTALES

Entendemos como factor antrópico todo evento provocado por las actividades humanas de los usuarios del agua (sean agrícolas, pecuarias, acuícolas, forestales, domésticas, industriales, entre las principales), que afectan los ecosistemas y sus servicios ambientales (Menchaca, Alvarado, Zapata y Uscanga, 2014). En este sentido, Villegas (1995) establece el concepto de impacto ambiental como el conjunto de perturbaciones de carácter físico, químico, biológico, económico, social y cultural que inciden sobre el ambiente como consecuencia de una actividad ya efectuada o que está en proceso de realización.

Se han identificado algunos efectos negativos a los servicios ambientales, tanto de las cuencas hidrológicas como de los bosques, los que son de carácter antrópico, ya que se producen en el contexto del desarrollo de actividades sociales y económico-productivas. A continuación, se presenta la clasificación y el tipo de servicios ambientales, así como la afectación correspondiente, misma que se ha medido a escala de microcuenca (Menchaca y Alvarado, 2011):

Servicios ambientales proporcionados por las cuencas hidrológicas

- Calidad del agua superficial: cambio en la composición del agua superficial en términos físicos, químicos y biológicos.
- Calidad del agua subterránea: cambio en la composición del agua subterránea en términos físicos, químicos y biológicos.

- Regulación de caudales: disminución de la cantidad de agua debido a la alteración del conjunto de procesos para conservar el flujo de los cuerpos de agua superficial.
- Productividad acuática vegetal y animal: afectación a las especies vegetales y animales acuáticas de los ecosistemas.
- Belleza escénica: modificación de los paisajes constituidos por una amplia gama de recursos naturales, como ríos, montañas, lagos y la biodiversidad.

Servicios ambientales proporcionados por los bosques

- Conservación de la biodiversidad: afectaciones a la diversidad biológica que los bosques albergan.
- Captura de carbono: alteración en las especies vegetales terrestres capaces de almacenar una cantidad importante de carbono, debido a la modificación de usos de suelo, tala inmoderada o deforestación.
- Calidad del aire: alteración de la composición natural del aire debido a emisiones de gases de efecto invernadero o a la disminución de cobertura vegetal.
- Microclima: alteración de las condiciones atmosféricas en un ámbito local.
- Retención hídrica: disminución de la capacidad del suelo para almacenar agua.
- Calidad del suelo: modificación de la composición físico-química y biológica del suelo, provocada por las actividades antropogénicas.
- Estabilidad del suelo: alteración de la resistencia que tiene el suelo ante un cambio determinado por fuerzas externas.

Estas afectaciones a los servicios ambientales son producidas, como se ha mencionado, por las actividades que los distintos usuarios del agua realizan, es decir, debido al factor antrópico que genera impactos y afectaciones negativas. Se presentan ahora algunas de estas actividades antrópicas, definiendo a los distintos usuarios del agua, las prácticas que los afectan, mismas que se han medido a escala de microcuenca (Menchaca y Alvarado 2011):

Actividad agrícola

Se entiende como el conjunto de técnicas de cultivo con la finalidad de producir alimentos, entre las que se pueden desarrollar las siguientes actividades:

- Control de insectos: uso de sustancias químicas (pesticidas) o instalación de trampas para minimizar la presencia de insectos; cantidad y periodicidad de aplicación.
- Control de pequeños roedores: uso de venenos (sustancias químicas) para minimizar la presencia de roedores, como ratones, tuzas, tlacuaches, entre otros.



Agricultura citrícola, región norte de Veracruz.

- Control de “malas hierbas”: uso de sustancias químicas (herbicidas) para evitar el crecimiento de especies vegetales; cantidad y periodicidad de aplicación.
- Aplicación de agroquímicos: uso de sustancias químicas (fertilizantes) para maximizar el rendimiento de los cultivos; cantidad y periodicidad de aplicación.
- Método de laboreo: movimientos de la tierra con fines agrícolas que afectan las características naturales del suelo.

Actividad pecuaria

Comprende la cría y engorda de ganado, aves de corral y otros animales para su aprovechamiento; ésta integra las siguientes actividades:

- Crianza de ganado, aves o porcinos: Tipo de crianza de los animales que tienen los productores de este sector.
- Limpieza del área donde habitan: Disposición final de residuos de los animales, así como higienización del área donde habitan.
- Pastoreo: Alimentación de especies ganaderas de tipo extensivo, combinado con cobertura vegetal, o sustitución de ésta por siembra de forraje para alimentar el ganado.



Área inundada por el desbordamiento del río Chiquito.

- Sacrificio de animales: acción de matar animales con fines de producción de alimentos, se lleva a cabo en el sitio de la crianza y la disposición final genera residuos en la zona.

Actividad acuícola

Cultivo, reproducción y desarrollo de cualquier especie de la fauna acuática con fines comerciales.

- Método de crianza: proceso que se utiliza para alimentación y reproducción de especies animales acuáticas con fines comerciales.
- Sustancias químicas para la alimentación o control de enfermedades: suministro de sustancias químicas en los estanques de producción, ya sea para la alimentación o dosificación de fármacos para el control de enfermedades de las especies acuáticas cultivadas.
- Modificación del patrón de corriente: intervención en el flujo natural de la corriente superficial, con la finalidad de extraer cierta cantidad de agua para la producción acuícola; tipo de infraestructura utilizada para extraer el agua y condiciones en las que se descarga al final del proceso.

Actividad forestal

Conjunto de acciones tendientes al aprovechamiento de los bosques, que implica tanto su cuidado como el uso no racional de los recursos maderables.

- Explotación de bosques madereros: cantidad de árboles o madera que se comercializa al año.
- Tala inmoderada: extracción en exceso de árboles, que rebasa la capacidad de autorrecuperación de los ecosistemas explotados.

Actividad doméstica

Acciones que se desarrollan en la vida cotidiana que se lleva a cabo en el interior de los hogares para higiene, alimentación y/o usos y costumbres.

- Descarga de aguas residuales con alto contenido de materia orgánica: disposición final de aguas servidas en cuerpos superficiales de agua o en el suelo.
- Descarga de grasas y aceites: disposición final de residuos originados en la elaboración de alimentos, etcétera.
- Descarga de detergentes y jabones: disposición final de residuos de jabón y detergente.

Actividad industrial

Conjunto de procesos y actividades que tienen como finalidad transformar las materias primas en productos elaborados en forma masiva.

- Descargas de aguas con residuos tóxicos: disposición de aguas residuales que contienen metales pesados, hidrocarburos y solventes, entre otros.
- Derrames y escapes: fugas de material utilizado en la actividad industrial, que se presentan de forma accidental.
- Explotación de acuíferos: extracción de agua subterránea para procesos industriales.

Con el propósito de ampliar la información anterior, enseguida se describen algunas actividades antrópicas relacionadas con el recurso hídrico, cuya identificación y análisis es relevante.

III. 2. ACTIVIDADES DE LOS USUARIOS QUE AFECTAN LA DISPONIBILIDAD Y CALIDAD DEL AGUA

Como se ha mencionado, el agua constituye una parte esencial de todo ecosistema, tanto en términos cualitativos como cuantitativos. Una reducción del agua disponible, ya sea en cantidad, en calidad o en ambas, provoca efectos negativos graves sobre los ecosistemas (UNESCO, 2003). Es por ello que el manejo adecuado de los recursos hídricos se ha convertido en una



Ganadería extensiva en la zona de la cuenca del río Pixquiac.

prioridad mundial. De manera casi unánime, se ha reconocido que la calidad y el flujo del agua están siendo afectados por el cambio de uso del suelo, el crecimiento de las urbes y el cambio climático (Calvache *et al.*, 2012), entre otros factores, de los cuales el principal responsable es el hombre, y que, a pesar de los evidentes problemas ambientales que persisten en la actualidad, no se ha podido avanzar de manera consistente en la solución de los mismos.

Se ha insistido en que el hombre, a través de cada una de las actividades que desarrolla para su vida cotidiana como para la producción de bienes y servicios, ha impactado negativamente, a lo largo de la historia, los ecosistemas, generando disminución en la cantidad y calidad de servicios ambientales, como pueden ser los de bosques y de cuencas hidrológicas. En las últimas décadas, por ejemplo, han sido frecuentes y graves los incidentes de contaminación, lo que ha ocurrido en todo el mundo. Cada día se tiene más información de los efectos adversos que esto ha generado: la mayoría de los ríos importantes del planeta presentan contaminación (C. J. Vörösmarty *et al.*, 2010), lo que afecta tanto al medio ambiente como a la salud humana.

Albert (2004) señala que, aunque existe también la contaminación de orden natural, como las erupciones volcánicas y la erosión, ésta nunca es tan grave como la de origen antrópico. Lo anterior nos remite a que los efectos adversos de la contaminación natural, sobre todo a largo plazo, son menores, ya que el ecosistema a través del tiempo tiene la capacidad de recuperarse

y volver a su estado natural, lo que significa que guarda un estado de resiliencia, mientras que un ecosistema impactado por las actividades antrópicas puede llegar a ser degradado en su totalidad, lo que tiene repercusiones de orden social y económico.

Los efectos más graves de la contaminación ocurren cuando la entrada de sustancias (naturales o sintéticas) al ambiente rebasa la capacidad de los ecosistemas para asimilarlas y/o degradarlas. Es importante saber que los contaminantes afectan a los ecosistemas de varias maneras, por ejemplo, los plaguicidas y metales pesados pueden ocasionar daños a los organismos expuestos, bien por su aguda toxicidad, o bien porque, a través de exposiciones repetidas, se acumulan en los tejidos de plantas y animales. Los múltiples contaminantes pueden crear una sinergia que debilita a los organismos y reduce paulatinamente la productividad, resistencia y capacidad de adaptación de un ecosistema (Aznar, 2002).

En adición a lo anterior, la escorrentía de fertilizantes, las aguas residuales de humanos y animales y un tratamiento inadecuado de los residuos industriales tóxicos, pueden agregar nutrientes a los cuerpos de agua dulce, estimulando proliferaciones de algas y agotando el oxígeno del agua; este proceso es conocido como eutrofización, mismo que se profundizará con el paso del tiempo.

Por otra parte, los daños ambientales originan un incremento de desastres naturales; por ejemplo, en zonas deforestadas, las inundaciones aumentan debido a que la erosión del suelo impide neutralizar los efectos del agua. El drenaje de humedales para la agricultura y la disminución de la evapotranspiración (por desmonte de tierras) causan otras perturbaciones en los sistemas naturales, con graves repercusiones sobre la futura disponibilidad de agua (UNESCO, 2003).

A continuación, se presentan, en general, algunas de las actividades antrópicas que afectan la disponibilidad y calidad del agua, y que se ubican en el contexto del desarrollo de las prácticas de carácter social y/o económico-productivo, en las que se integran los usuarios del agua.

Siembra de cultivos

Se señala que la actividad agrícola es de las que mayor cantidad de agua demandan, y también que impacta los recursos hídricos causando su contaminación. A pesar de ello, no ha habido las medidas normativas necesarias, ni el apoyo económico suficiente para resolver tan compleja problemática. La modernización agrícola no ha ayudado a solucionar el generalizado problema de pobreza en el campo, ni ha mejorado la distribución de la tierra agrícola. Los pequeños agricultores continúan estando marginados, y no cuentan con los niveles mínimos de bienestar social, debido a que las opciones que se les han brindado para cambiar las formas de producción en la agricultura, han sido inadecuadas a sus necesidades y posibilidades (PNUMA, 2000).

Debido a lo anterior, va incrementándose un rezago significativo en la mayoría de los agricultores, quienes suelen ser los más pobres de los sectores productivos, y quienes frecuentemente suelen verse orillados a explotar los recursos naturales de forma inadecuada. Esto puede generar mayores consecuencias negativas, incrementando los problemas de contaminación generados por las prácticas de agricultura actuales y las diversas actividades antrópicas de los

usuarios del agua. Sobre este tema, se sabe que por lo general la degradación de los ecosistemas daña a las poblaciones rurales de manera directa, y los impactos más graves recaen en las personas más pobres y vulnerables (CEPAL, PNUMA, 2002).

La agricultura, como se ha señalado, es considerada la mayor fuente de contaminación de suelos y aguas en el medio rural, a través de las escorrentías superficiales y su infiltración. El uso de agroquímicos ha aumentado desproporcionadamente, y se estima que la cantidad de metales pesados, sustancias químicas y residuos peligrosos se duplica cada quince años. El creciente empleo de agroquímicos nos da una idea aproximada de la carga contaminante que pesa sobre el medio rural; por ejemplo, solo el consumo de fertilizantes en América Latina creció entre 1990 y 1998 en cerca de 42 por ciento (CEPAL, PNUMA, 2002).

En síntesis, el inadecuado y frecuente manejo de agroquímicos —herbicidas, plaguicidas, pesticidas—, en las actividades agrícolas afecta la conservación de la biodiversidad, provoca la pérdida de la capa superficial del suelo y altera su composición física, química y biológica. Estos factores inciden de manera negativa en la calidad y cantidad de agua que se suministra a los distintos usuarios y también a los ecosistemas. Las prácticas agrícolas requieren cambios en los modos de producción y en el uso de la tierra, para amortiguar los impactos y los efectos negativos.

Desarrollo pecuario

Según la FAO (2006), la actividad pecuaria, que guarda una relación interdependiente con la agrícola, tiene también un alto impacto en los recursos hídricos, debido a que contribuye con un significativo gasto de agua para la producción y genera contaminación, misma que está relacionada con los modos de producción, entre otros aspectos. Los impactos y efectos en los servicios ambientales, pueden identificarse a lo largo del proceso que va desde la producción de insumos y pastos para la alimentación de animales, hasta la generación de los productos que provienen de los mismos.

En lo específico, la contaminación que se produce por esta actividad incluye los siguientes ámbitos: contaminación por excretas que van a las fuentes de agua; residuos generados en lugares donde se sacrifican animales, como rastros y curtidurías, que son fuentes de contaminación local; residuos provenientes de los procesos de producción de alimentos para el ganado u otras especies, etc. Los principales factores que contaminan el agua son los desechos animales, los antibióticos y las hormonas, los productos químicos utilizados para teñir pieles, los fertilizantes y pesticidas que se usan para fumigar los cultivos de forraje, entre otros.

Como uno de los principales problemas de contaminación de los ecosistemas de agua dulce, destacan la eutrofización, producida por las excretas, y los fertilizantes utilizados en el procedimiento de cría de diversos animales. Este fenómeno se manifiesta como el enriquecimiento de un ecosistema con nutrientes a un ritmo tal que no puede ser compensado por las formas de eliminación natural. La eutrofización del agua se produce cuando recibe aportes de fósforo y de nitrógeno demasiado elevados. Entonces, las poblaciones de algas que utilizan estos elementos como alimento básico sufren un crecimiento expansivo, lo que ocasiona la disminu-



Tala hormiga en las afueras de Xalapa.

ción del oxígeno disuelto, que es vital para sostener la vida de otras especies acuáticas; además de ello, el agua pierde su calidad.

Por otra parte, se señala que el problema de la actividad ganadera, por ejemplo, no se centra específicamente en que los animales consuman grandes cantidades de agua o usen grandes espacios de tierra, más bien en el gasto de agua para producir los granos y forrajes para su alimento, ya que aproximadamente se deben utilizar 15,000 litros de agua para producir un kilo de carne, es decir, existe en la producción de carne una huella hídrica muy significativa. Según la SEMARNAT (2004), México tiene una huella hídrica de un total de 140 kilómetros cúbicos por año, ocupando el décimo lugar a nivel mundial.

Extracción de agua

La explotación de aguas subterráneas tiene como consecuencias una serie de efectos, entre ellos: disminución de la calidad del agua; descenso de los niveles de captación local y regional, especialmente si la explotación es intensa y prolongada; y, también, cambios o disminución del flujo subterráneo. Un acuífero, al igual que un lago o cualquier cuerpo de agua, mantiene un nivel constante mientras las extracciones no excedan la captación. En términos generales, podemos decir que la cantidad de agua que entra a un acuífero está determinada por la abundancia de precipitación en la cuenca, la naturaleza de la vegetación y del suelo que rodean el cuerpo de agua; en consecuencia, si se requiere extraer cantidades significativas de este recurso, se debe proteger cada uno de los aspectos que determinan su cantidad y calidad.

Explotación de bosques madereros y tala inmoderada

La deforestación tiene un gran impacto sobre el ambiente. La biodiversidad se ve disminuida por el desplazamiento de la masa forestal; además, se pierden plantas medicinales y materiales potencialmente valiosos; también se afecta la calidad de agua y aire. La tala de árboles genera un clima seco y/o microclimas, debido a la falta de material vegetal necesario para retener el agua. La pérdida de recurso forestal causa asimismo erosión, debido a que no hay raíces que retengan el suelo. Se incrementa el dióxido de carbono (CO_2) en el aire, en razón de que los árboles vivos almacenan dicho compuesto químico en sus fibras, pero cuando son cortados, el carbono es liberado de nuevo hacia la atmósfera, lo que contribuye al cambio climático, y a la proliferación de gases de efecto invernadero (SIOABCC, 2013).

Redes de distribución

El conjunto de tuberías para abastecer de agua a las viviendas, que frecuentemente se instalan en algunos lugares de manera superficial, provocan alteraciones a la cobertura vegetal, modifican el hábitat, el drenaje natural del agua, e incrementan los procesos erosivos del suelo, entre otros inconvenientes. A través de estas redes se extrae una cantidad significativa de agua, lo que afecta principalmente la regulación de caudales para la provisión de servicios del ecosistema, además de la pérdida de grandes cantidades de agua por fugas.

Descarga de aguas residuales con alto contenido de materia orgánica

La mala calidad del agua perturba el equilibrio ecológico natural. Una cantidad considerable de materia orgánica en el agua representa un problema de descomposición de la misma, es decir, tiende a una mayor demanda bioquímica de oxígeno (DBO). En condiciones extremas todo el oxígeno disuelto desaparece (condiciones anaerobias), generando la muerte de especies de flora y fauna, así como enfermedades múltiples que afectan de manera significativa a los habitantes de la región, además de producir olores desagradables (SIOABCC, 2013).

Descarga de aguas residuales con tóxicos de origen industrial

Las sustancias tóxicas que se manifiestan a través de color, espuma y calor, son contaminantes que causan problemas en las cuencas hidrológicas. El color y la espuma no son objetables sólo por razones de aspecto, sino que también limitan la penetración de luz y pueden reducir los niveles de oxígeno disuelto, lo que altera el equilibrio ecológico natural del cuerpo de agua, entre otros muchos efectos. Tal es el caso de contaminantes químicos, materiales pesados, etc., que son depositados en las fuentes naturales de agua (SIOABCC, 2013).

La sociedad requiere continuar beneficiándose de los servicios ambientales que brindan los ecosistemas en cantidad y calidad suficientes, por ello se deben proteger y conservar las funciones de esos ecosistemas, así como la calidad y cantidad de los recursos hídricos y de los



**Las actividades domésticas afectan la disponibilidad y la calidad del agua.
Vista del río Orizaba, afluente del Blanco, a su paso por la ciudad de Orizaba.**

bosques. También se deben evaluar los costos y beneficios ecológicos con relación a las implicaciones de degradación ambiental por el factor antrópico, además de desarrollar mecanismos que permitan preservar y/o reestablecer las funciones básicas de los ecosistemas.

Ha de señalarse que, aunque la implementación de algunas acciones como la construcción de represas, diques o canales para el desvío de los cursos de agua, ha hecho posible satisfacer la oferta de agua en periodos de escasez y/o satisfacer la creciente demanda, existen otras acciones o tareas, hasta ahora poco puestas en marcha, que buscan el mismo objetivo pero se centran en aumentar los servicios ambientales más importantes, como es abastecer de agua a la población en cantidad y calidad suficientes. Éstas incluyen: regulación de los usos del suelo presentes en una cuenca y su manejo; cambios en las prácticas de manejo del suelo, por ejemplo, zanjales de infiltración que incrementan el almacenamiento de agua; modificación de la composición, densidad y tamaño de los rodales boscosos; así como también el mejoramiento en las prácticas de cosecha forestal, entre otros (Donoso, 2009, citado en Little, 2010).

Una labor central para resolver la problemática compleja que deviene de las actividades antrópicas y sus impactos en los servicios ambientales, es desarrollar un diagnóstico integral que permita la identificación de procesos y mecanismos que representan una concatenación de eventos que han sucedido en términos de tiempo y espacio, y posteriormente desarrollar estrategias que ayuden a resolver los problemas detectados. Lo anterior se establece mediante

el análisis de los factores relacionados con la gestión y manejo integral de cuencas, o la gestión integral de los recursos hídricos, es decir, la disponibilidad y calidad del agua, y los aspectos relativos a las instituciones para el manejo del agua, sociedad y economía, así como cada uno de los elementos que los integran, aspectos que se presentan a continuación:

- Disponibilidad del agua: hábitat acuático y humedales; extracción en mantos acuíferos y aguas superficiales; desastres naturales y atlas de riesgos (inundaciones y sequías); disponibilidad de agua dulce; pago de agua; concesión de cuerpos de agua; cambio climático, entre otros.
- Calidad del agua: calidad del agua en ríos, manantiales, mantos freáticos, lagos, lagunas, océanos, costas, entre otros; preservación de ecosistemas conexos al agua; leyes y reformas legislativas en materia del agua de los gobiernos federal, estatal y municipal; fuentes de contaminación; riesgos de salud, entre otros.
- Instituciones para el manejo del agua, sociedad y economía: redes de coordinación gubernamental del agua y sus funciones; perfil regional de usuarios del agua; instituciones gubernamentales relacionadas con el agua; planeación, políticas, programas y proyectos; financiamiento y costos; infraestructura, redes de distribución, saneamiento y tratamiento; ordenamiento territorial; dinámica de la población; uso del suelo; derechos del agua y permisos; educación, entre otros.

Dicha detección de los procesos que impactan y afectan los servicios ambientales, implica considerar interdependencia de los factores relacionados con los ámbitos ambiental, social y económico, para determinar específicamente cuáles son las causas que los producen o tienden a producirlos; esto es, identificar con claridad el factor antropogénico, lo que significa analizar la secuencia de sucesos que pueden estar determinando las problemáticas complejas, en donde se interrelacionan múltiples eventos.

En el entendido de que una cuenca puede abordarse como un sistema complejo que está integrado por categorías y/o aspectos ambientales, sociales y económicos, que están en una constante interrelación e interdependencia, y que en éstos se efectúa un intercambio de flujos constantes de energía y materia (metabolismo), en ese entendido, decimos, los ámbitos de atención son multifactoriales, ya que se relacionan, en términos generales, con el funcionamiento de los ecosistemas conexos al agua, la oferta y demanda de los distintos usuarios del agua, los modos de producción de bienes y servicios, el impacto del factor antrópico, la resiliencia de los ecosistemas, entre muchos aspectos.

Se hace énfasis en el propósito central de conocer la problemática que se presenta por el factor antrópico y desarrollar estrategias en el marco de la gestión y manejo de cuencas o la gestión integral de los recursos hídricos, cuyo propósito es detener, y en lo posible revertir, los procesos de deterioro de los ecosistemas y sus bienes y servicios, interviniendo en las causas, para que todos los usuarios del agua y los ecosistemas mismos cuenten con el recurso hídrico en cantidad y calidad suficientes para el presente y el futuro.

Esto es fundamental, ya que el deterioro en la calidad del agua reduce su disponibilidad, incrementándose la competencia entre los usuarios, así como la presión sobre los recursos hídricos. Por consiguiente, las políticas públicas en el marco de gobernanza deben estar orientadas a la vigilancia de la disponibilidad en cuanto a cantidad y calidad, consumo racional y adecuado saneamiento del agua, entre otros factores. Lo anterior es una medida eficaz para prever y/o evitar la emergencia de conflictos por el acceso y control de este recurso.

Es de destacarse que la recuperación de dichos servicios ambientales será uno de los temas más relevantes por resolver, y un verdadero desafío, en los próximos años para la investigación científica, el quehacer gubernamental y el apoyo de la sociedad bajo esquemas de corresponsabilidad. Lo anterior, se señala de manera especial por las predicciones de cambio climático que indican una importante reducción de las precipitaciones (Trenberth *et al.*, 2007).

Durante las últimas décadas, los servicios ambientales han sido afectados por múltiples causas, las que, en términos generales, no se identifican con relación a su origen, ni tampoco se analizan ni miden de manera permanente; por ejemplo, se ha observado una acelerada descarga de productos químicos en los cuerpos de agua, muchos de los cuales son de larga duración, bioacumulables, cuyos comportamientos, sinergias e impactos no se conocen, aún, plenamente.

Esto trae como consecuencia, una disminución de la disponibilidad en cantidad y calidad del agua, para cubrir las necesidades básicas para el consumo humano; por ello, y como se verá a continuación, es imprescindible contar con agua de calidad para evitar afectaciones a la salud humana, y a su vez disminuir el índice de enfermedades causadas por la ingesta de agua contaminada, entre otros aspectos.

BIBLIOGRAFÍA

- Albert, L. A., “Contaminación ambiental: origen, clases, fuentes y efectos”, en L. A. Albert, *Toxicología ambiental*, Ciudad Juárez, Chihuahua, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, 2004, pp. 61-74.
- Aznar, J. M., *Recursos mundiales. La gente y los ecosistemas: se deteriora el tejido de la vida*, Ecoespaña Editorial, Madrid, 2012.
- Calvache, A., Benítez, S. y Ramos, A., *Fondos de Agua: Conservando la Infraestructura Verde. Guía de diseño, Creación y Operación. Alianza Latinoamericana de Fondos de Agua*. Bogotá, The Nature Conservancy y Banco Interamericano de Desarrollo, Bogotá, 2012, 140 pp.
- CEPAL, PNUMA, *La sostenibilidad del desarrollo en América Latina y el Caribe: desafíos y oportunidades*, Impreso en Naciones Unidas, Santiago de Chile, 2002, 251 pp.
- Little, C. y Larab, A., “Restauración ecológica para aumentar la provisión de agua como un servicio ecosistémico en cuencas forestales del centro-sur de Chile”, *Bosque*, vol. 31(3), 2010, pp.175-178.

Menchaca, S., Alvarado E., Zapata K. y Uscanga L., “Riesgo: antropización de los servicios ambientales, amenaza por contaminación del agua y vulnerabilidad en la microcuenca del río Pixquiac, Veracruz, México”, *Memorias*, Congreso Internacional de Investigación en Ciencias y Sustentabilidad de Academia Journals, Tuxpan, Veracruz, 28 a 30 de mayo, 2014. *Memorias* publicadas (ISBN 978-1-939982-04-9), (ISBN978-1-939982-05-6) y (ISSN 2169-6152).

Menchaca, S. y Alvarado, E., “Efectos antropogénicos provocados por los usuarios del agua de la microcuenca del río Pixquiac”, *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, Pub., Esp. Núm. 1, 2011, pp. 85-86.

PNUMA, SEMARNAT, *Informe de Perspectivas del medio ambiente en México*, GEO México, México, INE, 2004.

UNESCO, *Agua para todos, agua para la vida*, París, Organización de la Naciones Unidas para la Educación y la Cultura, Resumen, 2003, 36 pp.

UNESCO, *Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo*, París, Organización de la Naciones Unidas para la Educación y la Cultura, Informe, 2003.

Vörösmarty, C., McIntyre, P., Gessner, M., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S., Sullivan, C., Liermann, C. y Davies, P.x, “Global threats to human water security and river biodiversity”, *Nature*, 467, 2010, pp. 555-561.



CAPÍTULO IV

CALIDAD DEL AGUA Y SALUD HUMANA

SOCORRO MENCHACA
ALEJANDRO USCANGA





IV. CALIDAD DEL AGUA Y SALUD HUMANA

La cantidad de agua en la Tierra no aumenta ni disminuye, pero la población humana ha aumentado drásticamente, y por ende ha crecido la demanda del recurso natural. Además de lo anterior, podemos decir que el agua no se distribuye equitativamente ni en el espacio ni en el tiempo, ya que el recurso depende de la ubicación geográfica y de los ecosistemas, además de que su disponibilidad es variable de acuerdo con las estaciones del año y las diversas condiciones climáticas globales.

Señalando cuestiones puntuales sobre la problemática del agua en distintos contextos, las cifras generales develan que más de novecientos millones de personas en el mundo carecen de agua potable, y una de cada tres no cuentan con sistemas adecuados de saneamiento. No obstante, la realización de mejoras en los sistemas de saneamiento y acceso al agua podría evitar la muerte de cerca de 2.2 millones de niños al año. La mitad de la población urbana de África, Asia, América Latina y el Caribe sufre una o más enfermedades relacionadas con la insuficiencia del suministro de agua y del saneamiento. Aproximadamente 1.7 millones de personas mueren anualmente en todo el mundo a causa de la escasez de agua, saneamiento e higiene (Calvache *et al.*, 2012).

Dicha situación señala al agua para consumo humano como una necesidad que debe de atenderse con alto grado de prioridad, mediante el desarrollo de una eficiente política hídrica, diferenciada en los contextos nacionales, estatales y municipales. En las últimas décadas, el acceso al agua potable ha sido un indicador fundamental para medir el avance de los países en materia de desarrollo y salud. En algunas regiones se ha comprobado que las inversiones en sistemas de abastecimiento de agua y de saneamiento pueden ser rentables desde un punto de vista económico, ya que la disminución de los efectos adversos para la salud, y la consiguiente reducción de los costos de asistencia sanitaria, resultan superiores al costo de dichas inversiones (OMS, 2006).

Se hace énfasis en que el agua dulce es esencial para la salud, pues se utiliza para realizar las actividades básicas de los seres humanos, y éstas se relacionan con su bienestar. También la escasez de agua compromete la producción de alimento, la salud humana y el desarrollo económico. Un tercio de la población mundial vive actualmente en países que experimentan un estrés hídrico entre medio y alto. Esta fracción continuará aumentando, debido al uso de agua para la agricultura de riego, la producción ganadera, la industria, el crecimiento de la población, entre otros (OMS, 2005).

IV.1. EL CONTEXTO DE LA CALIDAD DEL AGUA

Abordando uno de los atributos primordiales sobre la problemática del agua, establecemos que cuando nos referimos a su calidad, hacemos alusión a las características físicas, químicas y biológicas de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos. Estas características afectan

la capacidad del agua para sustentar tanto las comunidades humanas como la vida vegetal y animal. Varios problemas de calidad del agua, incluidas la sedimentación, la eutrofización y la contaminación por bacterias y sustancias tóxicas, han persistido durante décadas (CEC, 2008).

Se puede decir, que la calidad del agua es también un factor determinante, tanto para la salud pública como para los ecosistemas, ya que restringe la oferta del recurso hídrico y su distribución potencial para los diferentes usos. Como se ha establecido anteriormente, el agua contaminada está asociada a la transmisión de enfermedades que afectan la salud humana, ya sea por ingestión directa o mediante la contaminación de alimentos, por lo que la calidad de dicho recurso está relacionada con el bienestar físico y social de la población.

En México los problemas de calidad del agua son severos y tienen un fuerte rezago en su atención; esto en cuanto a la provisión de los servicios que se brindan a la población. La política de monitoreo de la calidad del agua en las fuentes naturales y de aquella que se distribuye a la población debe ser un proceso eficaz, regulado y actualizado. Además, el monitoreo de la calidad del agua es indispensable para poder orientar esfuerzos que favorezcan también el reúso del recurso (ONU, 2011).

Regularmente, la calidad del agua puede evaluarse a partir de diferentes parámetros y por medio de distintos métodos. Entre sus características físicas, se determinan la turbidez, la cantidad de sólidos, el olor, la temperatura y el color. Las características químicas incluyen la presencia de iones específicos (mayores, menores, metales pesados, nitrógeno y fósforo), pH, alcalinidad, conductividad y dureza. También se determinan en ella los compuestos orgánicos naturales (proteínas, carbohidratos y lípidos), los compuestos sintéticos orgánicos y los gases disueltos en el agua (nitrógeno, oxígeno, bióxido de carbono, amoníaco y metano). En cuanto a las características biológicas del agua, se puede decir que éstas se relacionan principalmente con las poblaciones de microorganismos transmisores de enfermedades, asociadas a desechos humanos y animales tratados inadecuadamente o depositados en los cuerpos superficiales y/o subterráneos (ONU, 2005).

Uno de los rubros que no debe pasar desapercibido es la calidad del agua potable, ya que éste es uno de los pilares de mayor importancia para la población. De acuerdo a los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) (ONU, 2011), se han registrado grandes avances en lo que se refiere al acceso al agua potable. A escala mundial, la cobertura aumentó del 77 por ciento en 1990 al 87 por ciento en 2008, según las cifras del Programa Conjunto de la OMS/UNICEF de Vigilancia del Abastecimiento de Agua y del Saneamiento. Este avance es suficiente para satisfacer, y hasta probablemente para superar, la meta de los ODM de llegar a una cobertura de 89 por ciento para el año 2015. Sin embargo, al respecto cabe señalar la necesidad de establecer mecanismos que permitan comprobar la información proporcionada por los gobiernos, ya que en ocasiones ésta no es del todo confiable.

Ha de destacarse también que a pesar del compromiso que los países tienen para lograr los ODM, sigue existiendo un rezago, sobre todo en los llamados subdesarrollados. En México este rezago se acentúa en las comunidades rurales que se encuentran distantes de las zonas urbanas,



IV. Calidad del agua y salud humana



Desagüe a cielo abierto.





Descargas de residuos domésticos.



Contaminación por plásticos.

donde, hoy en día, los pobladores siguen consumiendo agua directamente de los cuerpos naturales sin tratamiento alguno. La calidad del agua para consumo humano, es decir, el agua potable, es una cuestión que debe preocupar a países en desarrollo y desarrollados, por su repercusión en la salud de la población. Factores de riesgo que han de atenderse con alta prioridad son: los agentes infecciosos, los productos químicos tóxicos y la contaminación radiológica (Bartram J. *et al.*, 2009).

Según el marco regulatorio, el agua potable es aquella que cumple con los 48 parámetros de calidad establecidos por la Norma Oficial Mexicana NOM 127-SSA1-1994. Tanto el suministro como la calidad de dicha agua es responsabilidad de los municipios, y son ellos quienes definen si la distribución a los usuarios es administrada por el gobierno o la iniciativa privada. Para el año 2007 se logró una cobertura del recurso cercana a 90 por ciento en todo el país (datos no comprobados); sin embargo, no toda el agua entregada contó con la calidad de potable, conforme a la normatividad (CONAGUA, 2010).

El tratamiento que se le da al agua para considerarla potable depende de la calidad de la misma. Por su condición de confinamiento, el agua subterránea es generalmente de mejor calidad y, por ello, en la mayoría de los casos, sólo pasa por un proceso de desinfección con cloro.

En contraste, el agua superficial requiere un tratamiento previo a su desinfección, mismo que se lleva a cabo en plantas potabilizadoras a través de la remoción de minerales, sólidos suspendidos y materia orgánica. En el caso de que las fuentes de agua subterránea se encuentren contaminadas, dicho tratamiento previo puede ser similar o incluso mucho más complejo que el ya descrito. En 2007 existían 541 plantas potabilizadoras en el país, las cuales operaban, en promedio, únicamente a 72 por ciento de su capacidad de diseño. Estas plantas procesaban cerca de un tercio del agua potable y el resto, por su origen, era sólo desinfectado (CONAGUA, 2010).

En México, desafortunadamente, los ejemplos de información pública sobre la calidad del agua potable son insuficientes. Por ejemplo, en 1994, en la Ciudad de México (lugar donde se realiza un monitoreo más intenso del agua “potable”) se reportó que 64 por ciento del agua cumplía con los parámetros fisicoquímicos y el 71 por ciento con los microbiológicos, es decir, no toda era potable (ANEAS, 2008).

Por lo general, la calidad del agua se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con ciertas directrices de calidad del agua o estándares. En el caso del agua potable, las normas 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. Dentro de las normas se incluye la relativa a los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89, los cuales establecen los límites máximos permisibles para los cuerpos de agua utilizados como fuente de abastecimiento de agua potable. Con base en ellos, la autoridad competente podrá calificar los cuerpos de agua como aptos, o no, para ser utilizados como fuente de abastecimiento.

La Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, “Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua



Basureros clandestinos.



Descargas de residuos domésticos.

para su potabilización”, es el marco para establecer los límites permisibles de calidad y los tratamientos de potabilización del agua para uso y consumo humano, que deben cumplir los sistemas de abastecimientos públicos y privados, o cualquier persona física o moral que la distribuya, en todo el territorio nacional.

Otro referente importante son las Guías para la Calidad del Agua, de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2005), en la que se determinan los valores de referencia para los componentes químicos del agua de consumo humano, dichos valores representan normalmente la concentración de un componente que no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida.

Cabe destacar que las normas sobre el agua para consumo humano pueden diferir en naturaleza y forma de unos países o regiones a otros, es decir, no hay un método único que pueda aplicarse de forma universal. En la elaboración y la aplicación de normas es fundamental tener en cuenta las leyes vigentes y las relativas al agua, a la salud y al gobierno local, así como evaluar la capacidad para desarrollar y aplicar reglamentos de cada país. Los métodos que pueden funcionar en un país o región no necesariamente podrán transferirse a otros países o regiones, y para desarrollar un marco reglamentario es importante que cada país examine sus necesidades y capacidades (OMS, 2005). Independientemente de la postura establecida por la OMS, cabe señalar que países como México deben considerar los parámetros establecidos por dicha institución, ya que ésta tiene los referentes necesarios para proteger la salud humana, y los relativos a los efectos que tiene el consumo del agua contaminada.

IV.2. LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA Y LA SALUD HUMANA

Ha de señalarse que México ocupa el lugar 106, entre 122 países evaluados, a partir de un indicador de calidad de agua por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Esta evaluación coloca a México como un país cuya calidad del agua debe ser una prioridad de la política hídrica, ya que a finales del año 2000 la Comisión Nacional del Agua informaba que sólo 5 por ciento de los cuerpos de agua superficial del país presentaba una calidad excelente; 22 por ciento estaba en condiciones aceptables (es decir, que un tratamiento convencional la convertiría en potable); 49 por ciento se consideraba como poco contaminado, pero 24 por ciento presentaba tal grado de contaminación que resultaba prácticamente imposible darle algún uso directo, aunque se podría utilizar para los usos llamados indirectos (CNA, 2001).

Lo anterior implica que sólo 27 por ciento de las aguas superficiales mexicanas, en dicho año, eran de calidad aceptable. Esta situación está asociada, en gran medida, con las descargas de aguas residuales sin tratamiento que reciben los cuerpos de agua, así como con la no evaluada contaminación difusa, lo que ocasiona variabilidad en los indicadores de contaminación. En cuanto al recurso subterráneo, se ha detectado que 80 por ciento de los acuíferos tiene agua de buena calidad. Sin embargo, otros presentan cierta degradación por actividades antropogénicas o por causas de origen natural (CNA, 2001).

Ante el escenario anterior, cabe ahora establecer la importancia que tiene el control de la calidad microbiológica y química del agua para consumo humano, y esto requiere, según lo establece la OMS, un Plan de Seguridad del Agua. Este instrumento integra medidas que incluyen la evaluación periódica del sistema de abastecimiento del agua de consumo; el monitoreo a todas aquellas acciones de gestión que se apliquen en el marco de la cuenca (que abarca la protección de los cuerpos naturales de agua y la medición de los parámetros de calidad en todas las etapas); las acciones de desinfección y evaluación de los sistemas de redes de distribución por tuberías, para cumplir con las metas de protección a la salud; así como todas las actividades relacionadas con los planes de gestión, procesamiento de la información y/o documentación del proceso y comunicación con las comunidades que abarcan las acciones de gestión del agua; también la información útil en el ámbito de rendición de cuentas, los procesos de socialización y estrategias de corresponsabilidad con la sociedad; y por último la vigilancia permanente de la calidad del agua de consumo, que se refiere a la inspección sanitaria de todo el proceso de distribución del agua a la población (OMS 2005).

El instrumento propuesto por la OMS como Plan de Seguridad del Agua puede, en principio, prevenir la contaminación de los cuerpos naturales del recurso hídrico, y asegurar también las condiciones mínimas de seguridad al bienestar social, que incluye la salud humana, ya que ésta depende en gran medida de la calidad del agua que se suministra a la población. Por otra parte, los costos de tratamiento para hacer potable el agua están relacionados con el estado de conservación de las cuencas aportantes; en consecuencia, los bosques naturales deben ser protegidos por las autoridades ambientales, gobiernos locales y actores privados o comunales, con miras a mantener altos niveles de calidad en el agua suministrada (Calvache *et al.*, 2012).

Se afirma que el ciclo natural del agua y el abastecimiento a la población es un proceso complejo, ya que implica múltiples condiciones para que ésta cuente con dicho recurso en cantidad y calidad suficientes. Respecto a lo anterior, se describen a continuación algunos aspectos importantes para su consideración:

De acuerdo con la OMS (2007), la salud puede estar en riesgo cuando bacterias, virus o parásitos perniciosos contaminan el agua potable en la fuente misma —por infiltración del agua de escorrentía contaminada— o en el interior del sistema de distribución por tuberías. Asimismo, la manipulación antihigiénica del agua durante el transporte o en el hogar puede contaminar el agua. Por estos motivos, muchos de los que disponen de una fuente mejorada de agua a través de una red de tuberías, pozos protegidos o de otras fuentes mejoradas están de hecho expuestos a la contaminación del agua, por lo que se debe evaluar de manera permanente su calidad, así como establecer mecanismos que apoyen una cultura del agua en el ámbito doméstico.

La contaminación puede infiltrarse también desde fuentes naturales (como en el caso de la contaminación por arsénico), pero principalmente a partir de acciones humanas que liberan productos químicos tóxicos en el medio ambiente (por ejemplo, con el uso de pesticidas). Los productos químicos tóxicos pueden causar una variedad de efectos adversos en la salud; una exposición a dosis bajas de productos químicos presentes en efluentes industriales o uti-



Tlacuache muerto contaminando las aguas.

lizados como pesticidas, tales como los bifenilos policlorados, las dioxinas y el DDT, pueden causar alteraciones endocrinas, socavando la resistencia a las enfermedades y afectando la reproducción. También son responsables de impactos más agudos sobre la salud, incluyendo envenenamientos (OMS, 2005).

Uno de los grandes problemas de contaminación causado por acciones humanas, es la contaminación microbiana de los grandes cuerpos de agua, y por tanto de los sistemas de abastecimiento urbanos. Lo anterior puede causar grandes brotes de enfermedades transmitidas por el recurso hídrico. Por lo tanto, es prioritario garantizar la calidad del agua en dichos sistemas de abastecimiento. No obstante, la mayoría (alrededor de 80 por ciento) de la población mundial sin acceso a sistemas mejorados de abastecimiento de agua de consumo vive en zonas rurales. De forma similar, en la mayoría de los países, la contribución de los sistemas de abastecimiento pequeños y comunitarios a los problemas generales de calidad del agua de consumo es proporcionalmente alta. Este tipo de factores deben tenerse en cuenta al determinar las prioridades locales y nacionales (OMS, 2006).

En síntesis, los problemas que se han venido presentando hasta el momento son una alerta para los tomadores de decisiones, pues lo que hoy puede ser algo minúsculo, y que aún pasa desapercibido, tal vez mañana se convierta en serias afectaciones a la salud de la sociedad, incidiendo incluso en quienes viven en países desarrollados. Así pues, son ellos —los tomadores

de decisiones— los que tienen que actuar de tal manera que se prohíba cualquier tipo de descarga de agua en los cuerpos naturales, ya que algunos de los contaminantes son muy difíciles de eliminar. Por ello, se requiere urgentemente la adopción de nuevas estrategias de gestión que controlen la manera en que se utiliza el suelo y los recursos hídricos para proteger el agua potable conforme discurre desde la cuenca hasta los grifos (Gray, 1994).

IV.3. EFECTOS DE LA MALA CALIDAD DEL AGUA EN LA SALUD HUMANA

De acuerdo con la OMS (2005), más de mil millones de personas no tienen acceso a abastecimientos de agua segura, y cerca de 2 mil 600 millones no cuentan con el saneamiento adecuado. Estas condiciones han conducido a una extensa contaminación microbiana del agua para consumo humano. Las enfermedades infecciosas asociadas con el agua son el origen de la muerte de hasta 3.2 millones de personas cada año, aproximadamente 6 por ciento de todas las muertes del mundo. La carga de morbilidad ocasionada por el agua, el saneamiento y la higiene inadecuados es de 1.7 millones de muertes, y la pérdida de más de 54 millones de años de vida sana. Las inversiones en agua potable y en mejorar el saneamiento muestran una clara correspondencia con mejoras en la salud humana y la productividad económica. Diariamente cada persona necesita entre 20 y 50 litros de agua, libre de productos químicos nocivos y de contaminantes microbianos, para beber, cocinar y para su higiene personal.

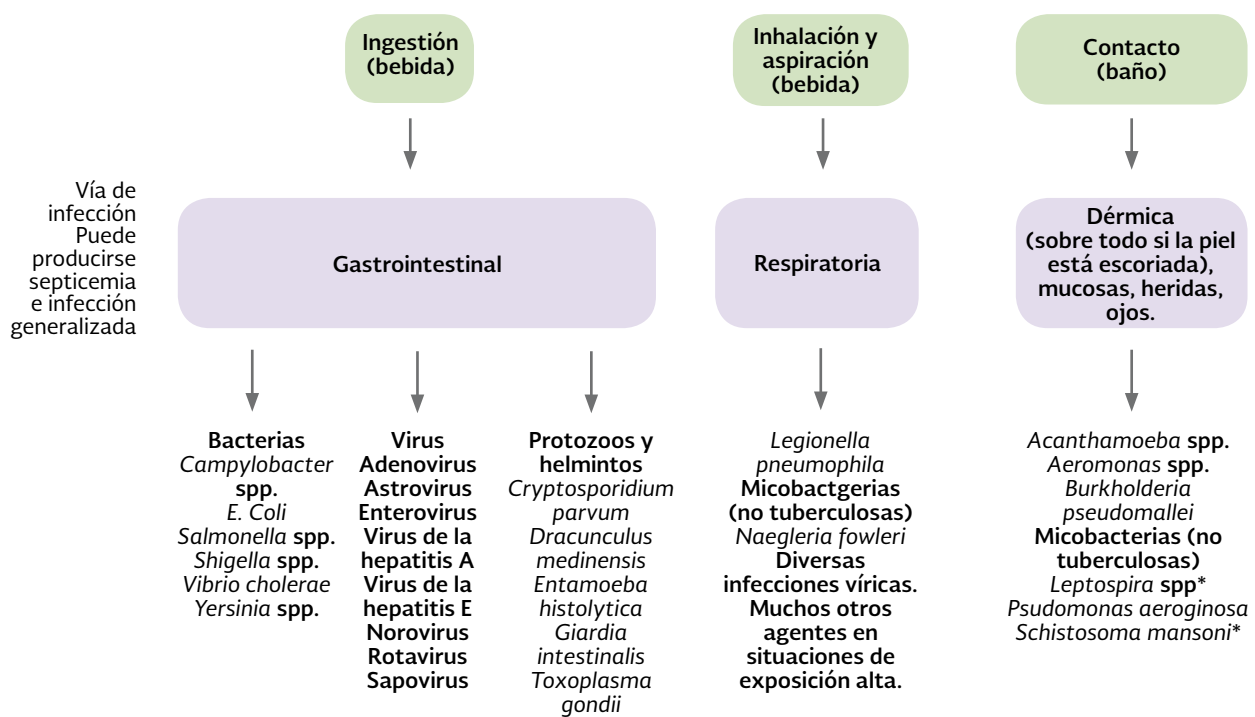
Según las Guías para la Calidad del Agua Potable de la OMS (2006), el agua de consumo inocua (agua potable) se define como aquella que no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes vulnerabilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida. Menciona también que las personas que presentan mayor riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua son los lactantes y los niños de corta edad, las personas debilitadas o que viven en condiciones antihigiénicas y los ancianos, aunque los efectos del agua contaminada son para toda la población. Además, los riesgos para la salud más comunes y extendidos, relacionados con el agua de consumo, son las enfermedades infecciosas ocasionadas por agentes patógenos como bacterias, virus, protozoos y helmintos.

De hecho, desde que el ser humano se encuentra en el planeta Tierra, ha ido adquiriendo un número considerable de parásitos, cerca de 300 especies de helmintos y casi 70 especies de protozoos, de los cuales cerca de 90 especies son comunes, y una pequeña proporción de éstos causan importantes enfermedades a nivel mundial. Las deficientes condiciones sanitarias (ambientales, de infraestructura y educación) predisponen a un mayor riesgo de infección por helmintos y protozoarios, lo cual repercute en su estado nutricional (CEPAL, PNUMA, 2002).

En términos generales, los mayores riesgos microbianos son los derivados del consumo de agua contaminada con excrementos humanos o animales (incluidos los de las aves). Los excrementos pueden ser fuente de patógenos, como bacterias, virus, protozoos y helmintos. Los patógenos fecales son los que más preocupan para lograr las metas de protección de la salud

relativas a la inocuidad microbiana. Se producen con frecuencia variaciones bruscas de la calidad microbiológica del agua.

Pueden producirse aumentos repentinos de la concentración de patógenos que pueden aumentar considerablemente el riesgo y desencadenar brotes de enfermedades transmitidas por el agua. Además, numerosas personas pueden estar expuestas a la enfermedad antes de que se detecte la contaminación microbiana. Por estos motivos, para garantizar la inocuidad microbiana del agua de consumo no puede confiarse únicamente en la realización de análisis del producto final, incluso si se realizan con frecuencia (OMS, 2006). La siguiente figura, proporciona información general sobre agentes patógenos importantes que afectan la salud humana.



* Principalmente por contacto con aguas superficiales muy contaminadas.

Figura 2. Vías de transmisión y ejemplos de agentes patógenos relacionados con el agua. Fuente: oms, 2006.

En la figura anterior, puede observarse que las bacterias, virus, protozoos y helmintos, son los causantes de las enfermedades gastrointestinales originadas por la ingestión de agua contaminada, principalmente por heces fecales. Cabe destacar que, en el caso de los helmintos, como los nematodos y platelmintos parásitos, el agua de consumo no debe contener larvas maduras ni huevos fertilizados, ya que un único ejemplar puede ocasionar una infección (OMS, 2006).

La Organización Panamericana de la Salud (OPS, 1980) menciona que las enfermedades transmitidas por el agua, se originan por ingestión del líquido contaminado o por contacto (al

bañarse, vadear, nadar, por inhalación o por exposición ocular) con agentes etiológicos contenidos en el agua. Las enfermedades adquiridas por ingestión se clasifican en: 1) intoxicaciones causadas por sustancias químicas o toxinas producidas por microorganismos; 2) infecciones causadas por bacterias que elaboran enterotoxinas (toxinas que afectan a los tejidos de la mucosa intestinal, generalmente al interferir en el transporte de la sal y el agua) durante su proliferación en el tubo digestivo, y 3) infecciones causadas por microorganismos que invaden la mucosa intestinal u otros tejidos y se multiplican.

Las enfermedades adquiridas por contacto se clasifican en: 1) infecciones causadas por microorganismos que penetran en la piel o invaden lesiones cutáneas, las vías urinarias, los oídos, la nariz o los ojos y se multiplican allí mismo o emigran a otros tejidos y proliferan, y 2) erupciones o irritaciones cutáneas causadas por microorganismos o sustancias químicas contenidos en el agua.

Tomando en cuenta la clasificación anterior, es preciso resaltar la significancia que posee la ingestión de agua contaminada, ya que este factor, como se ha mencionado, se encuentra entre las principales causas de muerte, principalmente en la población infantil. Las enfermedades relacionadas con la contaminación del agua de consumo tienen una gran repercusión en la salud de las personas, por ello deben mejorarse las medidas destinadas al control y monitoreo de la calidad del agua de consumo, ya que éstas proporcionan beneficios significativos para la salud. Existen diversas enfermedades, que pueden producir efectos de diversa gravedad (agudos, retardados o crónicos), y que inciden tanto en la morbilidad como en la mortalidad (OMS, 2006). Las principales enfermedades relacionadas con el agua son: anemia, arsenicosis, ascariasis, cólera, fluorosis, enfermedad del gusano de Guinea, hepatitis, leptospirosis, malaria, oncocercosis, tiña, tracoma, esquistosomiasis, entre otras (OMS, 2013).

Es muy importante tener en cuenta que la transmisión por el agua de consumo es sólo uno de los vehículos de transmisión de los agentes patógenos transmitidos por la vía fecal-oral. Pueden ser también vehículo de transmisión los alimentos contaminados, las manos, los utensilios y la ropa, sobre todo cuando el saneamiento e higiene domésticos son deficientes. Para reducir la transmisión de enfermedades por la vía fecal-oral es importante mejorar la calidad del agua y su disponibilidad, así como los sistemas de eliminación de excrementos y la higiene general (OMS, 2006).

En conclusión, es imprescindible monitorear y mejorar constantemente los sistemas de abastecimiento de agua, así como también optimizar las medidas sanitarias que los seres humanos adoptan en sus hogares. Al respecto, la OMS (2007) menciona que se deben incorporar a las estrategias nacionales enfoques domiciliarios sencillos que garanticen la salubridad del agua de bebida.

IV.4. ENFERMEDADES RELACIONADAS CON LA CONTAMINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO

Como se ha mencionado con anterioridad, la calidad del agua para consumo humano está relacionada con la salud, y por ende con el bienestar social de la población. De ahí la urgencia de atender la multiplicidad de aspectos de gestión que en conjunto pueden brindar a la sociedad agua de acuerdo con las características aceptables para su consumo; así como de promover una cultura del agua relacionada con los aspectos básicos de protección a la salud humana, como puede ser el derecho a la información. A continuación, se describen brevemente algunas enfermedades que se relacionan directa o indirectamente con el agua de mala calidad, de acuerdo con la OMS (2006, 2010) y con Ávila, Bonilla, Velasco y Soto (2005).

Ascariasis

Esta es una de las enfermedades intestinales más frecuentes en el mundo. Es una infección del intestino delgado causada por *Ascaris lumbricoides*. La ascariasis constituye un problema de salud pública en situaciones con condiciones higiénicas inadecuadas del agua y alimentos, aunque también se ha asociado al uso agrícola de aguas residuales sin tratar. El agua de consumo insalubre, contaminada con tierra o heces, puede actuar como vehículo para la transmisión de áscaris, no obstante, en la mayoría de los casos el modo de transmisión normal se debe a la ingestión de los huevos presentes en los alimentos contaminados con heces o tierra que contiene heces. Regularmente no hay síntomas, pero cuando se presentan pueden abarcar expulsión de lombrices en las heces, dolor de estómago, vomito con lombrices, entre otros. En el peor de los casos, las larvas pueden migrar a través del torrente sanguíneo hasta los pulmones, lo que puede causar una forma infrecuente de neumonía llamada eosinofílica.

Amebiasis intestinal

La amebiasis intestinal es el nombre con que se describe la parasitosis humana causada por el protozoo *Entamoeba histolytica*. La contaminación por este microorganismo es común cuando los excrementos humanos se utilizan como fertilizantes. Los vehículos principales de transmisión son el agua y alimentos contaminados con quistes, los cuales son cuerpos resistentes que se eliminan en las heces fecales y son transportados al suelo, de aquí son impulsados por el viento y contaminan vegetales, frutas y agua potable, y cuando son consumidos transmiten la enfermedad. A pesar de que los quistes soportan las concentraciones de cloro en el agua purificada, pueden ser destruidos por los procedimientos de filtración y por el método de electrólisis, así como la ebullición, yodo y ácido acético. La mayoría de las personas con esta infección no tienen síntomas. Si se presentan, se observan de 7 a 28 días después de estar expuesto al parásito. Entre los síntomas leves destacan los cólicos abdominales, diarrea, fatiga, gases excesivos, dolor rectal durante la defecación, entre otros.

Paratifoidea y otras salmonelosis

Se conoce como salmonelosis al grupo de infecciones producidas por bacilos del género *Salmonella*, las cuales se adquieren por la ingesta de alimentos o bebidas contaminados. Estas bacterias son criaturas vivientes microscópicas que pasan de las heces de las personas o los animales a otras personas u otros animales. Se han identificado más de 2500 serotipos de *Salmonella* en una gran diversidad de nichos ecológicos. Una gran parte de las infecciones en el humano es ocasionada por *Salmonella entérica*. Con respecto a la fiebre paratifoidea, ésta es causada principalmente por *Salmonella Paratyphi A* y *Salmonella Paratyphi B*. Debido a la dificultad para discernir entre fiebre tifoidea y Paratifoidea, se engloban en el grupo de las llamadas “fiebres entéricas”. La vía de transmisión es a través de agua o alimentos contaminados con orina o heces de un enfermo o portador.

Hepatitis aguda tipo A

El virus de la hepatitis aguda tipo A (VHA) se excreta en la materia fecal de las personas infectadas y hay pruebas epidemiológicas sólidas de que el agua y los alimentos contaminados por heces son fuentes comunes del virus, lo cual constituye un riesgo importante para la salud. La vía de transmisión más común es, probablemente, de persona a persona, pero los alimentos y el agua contaminados son fuentes de infección importantes. En un plan de seguridad del agua, las medidas de control orientadas a reducir el riesgo potencial derivado del VHA deben centrarse en la prevención de la contaminación de las fuentes de agua para consumo por residuos humanos, y su posterior tratamiento y desinfección adecuados, pues los virus son más resistentes a la desinfección que las bacterias. Al igual que otros virus entéricos, el VHA accede por ingestión al aparato digestivo infectando las células epiteliales. Desde ahí, el virus penetra en el torrente sanguíneo y llega al hígado, donde puede dañar gravemente las células hepáticas.

Giardiasis

El género *Giardia* comprende diversas especies, pero la infección que afecta a las personas (giardiasis) suele atribuirse a la especie *G. intestinalis*, también conocida como *G. lamblia* o *G. duodenalis*. *Giardia* puede multiplicarse en muy diversas especies animales, incluido el ser humano, que excretan quistes al medio ambiente. La vía de transmisión de *Giardia* más habitual es el contacto entre personas, sobre todo entre niños. El agua de consumo, las aguas recreativas y, en menor medida, los alimentos contaminados también se han relacionado con la aparición de brotes. De acuerdo con distintos estudios, se ha notificado la presencia de hasta 88 000 quistes por litro en aguas residuales sin tratar, y hasta 240 por litro en aguas superficiales. Los quistes son resistentes y pueden sobrevivir durante semanas o meses en agua dulce, por lo que pueden estar presentes en sistemas de abastecimiento de agua de consumo.

Cabe señalar que no se dispone de información acerca de la presencia de especies infecciosas para el ser humano, ya que las técnicas convencionales de análisis disponibles en la actualidad

proporcionan una medida indirecta de la viabilidad de los microorganismos, pero no de su infectividad para el ser humano. Dada la resistencia de los quistes a los desinfectantes, no se puede confiar en el análisis de *E. coli* (o bien de coliformes termotolerantes) como índice de la presencia o ausencia de *Giardia* en sistemas de abastecimiento de agua de consumo. Los síntomas suelen incluir diarrea y cólicos; sin embargo, en casos graves pueden aparecer trastornos de hipoabsorción, principalmente en niños de corta edad. La giardiasis es una enfermedad de resolución espontánea en la mayoría de los casos, aunque en algunos pacientes puede hacerse crónica, llegando a durar más de un año, incluso en personas anteriormente sanas.

Fiebre tifoidea

Infección sistémica causada por *Salmonella enteritica* serovar *typhi* (*S. typhi*), la causa más común de fiebre entérica, que también incluye a la fiebre paratifoidea, ocasionada por *Salmonella paratyphi* A, B y C. La fiebre tifoidea es una enfermedad más grave que la paratifoidea y puede incluso causar la muerte. La vía de transmisión es a través de agua o alimentos contaminados con orina o heces de un enfermo o portador. La infección por especies tifoideas se asocia con el consumo de agua o alimentos contaminados, siendo poco frecuente la transmisión directa entre personas. Los brotes de fiebre tifoidea transmitida por el agua tienen consecuencias devastadoras para la salud pública.

Por otra parte, existen especies de *Salmonella* no tifoideas, las cuales, a pesar de su amplia distribución, es raro que las causen brotes transmitidos por el agua de consumo, sin embargo, su transmisión está asociada con el consumo de aguas subterráneas y superficiales contaminadas. La fiebre tifoidea se inicia con malestar general, debilidad, pérdida de apetito, dolor de cabeza y estreñimiento. Se mantienen durante unos cinco días, hasta que se inicia el periodo febril con cuarenta grados centígrados. Se deteriora el nivel de conciencia del enfermo, estado conocido como estupor y aparecen lesiones rojas en la piel que pueden permanecer durante 14 días. La evolución puede ser hacia la curación o complicarse con lesiones cardíacas severas, hemorragias gastrointestinales que pueden llegar a la perforación intestinal, alteraciones neurológicas importantes o cronificar la infección, dando lugar al estado de portador.

Leptospirosis

La infección se produce a través del contacto directo con la orina de animales infectados o por contacto con un entorno de orina contaminada, tal como agua de superficie, del suelo y las plantas. Los microorganismos causales se han encontrado en una variedad de animales, tanto salvajes como domésticos, incluyendo roedores, insectívoros, perros, vacas, borregos, cerdos y caballos. Las leptospiras pueden entrar a través de cortes y abrasiones en la piel y a través de las membranas mucosas de los ojos, la nariz y la boca. La transmisión de persona a persona se produce sólo en raras ocasiones. Sin embargo, también existe el riesgo de contagio a través de la ingesta de agua o alimentos contaminados. También nadar o vadear en aguas contaminadas representa un peligro de contagio. En la naturaleza, las leptospiras pueden sobrevivir bastante tiempo en el agua o en ambientes húmedos y templados, siempre que el pH sea neutro o

ligeramente alcalino. La leptospirosis se manifiesta en principio como un cuadro gripal con fiebre, dolor de cabeza, dolores musculares y malestar general. Luego se puede presentar una segunda fase de mayor gravedad.

Helmintiasis

Se transmite por los huevos eliminados a través de las heces de las personas infectadas, la transmisión se da regularmente por el suelo. En las zonas que carecen de sistemas adecuados de saneamiento, esos huevos contaminan el suelo, lo que puede ocurrir por distintas vías, entre las que destacan las fuentes de agua contaminadas. Por tanto, la infección de las personas es consecuencia de la ingestión de tierra, alimentos o agua contaminada con huevos embrionados infectantes. Con relación a los factores condicionantes generales, cabe destacar que estos parásitos tienen como principal factor común, decisivo para su existencia y difusión, la necesidad de un alto grado de “fecalismo ambiental”, es decir, que, por carencias en el saneamiento y deficiente abastecimiento de agua potable, el ambiente y por tanto aguas y alimentos tienen un alto índice de contaminación con excretas humanas, facilitando así la transmisión de estas parasitosis.

Infecciones intestinales por otros organismos

Las infecciones intestinales por otros organismos son aquellas enfermedades diarreicas que no han podido ser clasificadas, y que pueden ser originadas por bacterias, virus o parásitos, cuya transmisión puede ser por agua y alimentos.

Se ha destacado la importancia que posee el recurso hídrico para la población, pues uno de los aspectos más preocupantes es el relacionado con la salud de las personas. Desafortunadamente, hasta el momento los ecosistemas y sus servicios ambientales, y el recurso hídrico, continúan siendo impactados y afectados por las múltiples actividades de los usuarios del agua. Además, existen efectos significativos en la salud debido a la ingesta de agua de mala calidad, es decir, agua contaminada. Por ello, se debe reforzar el trabajo tendiente a la gestión integral de los recursos hídricos bajo enfoques que permitan resolver las problemáticas complejas, como son la gobernanza y la cultura del agua.

BIBLIOGRAFÍA

ANEAS, *El agua potable en México, Historia reciente, actores, procesos y propuestas*, Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento de México, A.C., 2008, recuperado en enero de 2014, de <http://www.aneas.com.mx/contenido/EL%20AGUA%20POTABLE%20EN%20MEXICO.pdf>.

Bartram J., Corrales L., Davison A., Deere D., Drury D., Gordon B., Howard G., Rinehold A. y Stevens M., *Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua: metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo*, Organización

- Mundial de la Salud, Ginebra, 2009, recuperado en enero de 2014, de http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/75142/1/9789243562636_spa.pdf.
- Calvache, A., Benítez, S. y Ramos, A., *Fondos de Agua: Conservando la Infraestructura Verde. Guía de diseño, Creación y Operación*, Alianza Latinoamericana de Fondos de Agua, Bogotá, The Nature Conservancy y Banco Interamericano de Desarrollo, 2012, p.140.
- CEC, *El mosaico de América del Norte. Panorama de los problemas ambientales más relevantes*, Commission for Environmental Cooperation, Informe de proyecto, Montreal (Quebec), 64 p., 2008, recuperado en septiembre de 2013, de <http://www3.cec.org/islandora/en/item/2349-north-american-mosaic-overview-key-environmental-issues-es.pdf>.
- CEPAL, PNUMA, *La sostenibilidad del desarrollo en América Latina y el Caribe: desafíos y oportunidades*, Santiago de Chile, Impreso en Naciones Unidas, 2002, 251 p.
- CONAGUA, *Estadísticas del agua en México, edición 2011*, Comisión Nacional del Agua, 2011, recuperado en agosto de 2013, de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-1-11-EAM2011.PDF>.
- Gray, N.F., “Orígenes del agua”, en *Calidad del agua potable. Problemas y soluciones*, Editorial Acribia, S.A., Zaragoza, 1994, pp. 49-80.
- OMS, *Ecosistemas y bienestar humano*, Ginebra, Organización Mundial de la Salud, Informe, 2005, 55 p., recuperado en agosto de 2014, de <http://www.millenniumassessment.org/documents/MA-Health-Spanish.pdf>.
- , *Guías para la calidad del agua potable*, Organización Mundial de la Salud, Guía, Ginebra, 398 pp., 2006, recuperado en mayo de 2014, de http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf.
- , *Lucha contra las enfermedades transmitidas por el agua en los hogares*, Ginebra, Organización Mundial de la Salud, Informe, 398 pp., 2007, recuperado en julio de 2013, de http://www.who.int/household_water/advocacy/combating_disease_es.pdf.
- , Conferencia de Alto Nivel Internacional sobre la implementación del Decenio Internacional para la Acción “El agua, fuente de vida”, 2005-2015, 2005, recuperado en febrero de 2014, de http://waterforlifeconf2015.org/eng/wp-content/uploads/2015/01/Itogovy-j-dokument-konferentsii-final-ny-j_20.08.2015.pdf
- ONU, *Objetivos de Desarrollo del Milenio*, Informe de 2011, recuperado en febrero de 2012, de [http://www.un.org/es/millenniumgoals/pdf/11-31342\(S\)MDG_Report_2011_Book_LR.pdf](http://www.un.org/es/millenniumgoals/pdf/11-31342(S)MDG_Report_2011_Book_LR.pdf).
- OPS, *Procedimientos para la investigación de enfermedades transmitidas por el agua*, Washington, D.C., Organización Panamericana de la Salud, Publicación Científica núm. 398, 1980, p. 77.





CAPÍTULO V

ESTUDIO DE CASO: USUARIOS
DEL AGUA, CONTAMINACIÓN
Y LOS POSIBLES RIESGOS DE
ENFERMEDADES HÍDRICAS EN LA
MICROCUENCA DEL RÍO PIXQUIAC,
VERACRUZ

SOCORRO MENCHACA
ALEJANDRO USCANGA



V. ESTUDIO DE CASO: USUARIOS DEL AGUA, CONTAMINACIÓN Y LOS POSIBLES RIESGOS DE ENFERMEDADES HÍDRICAS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO PIXQUIAC, VERACRUZ

V.1. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas representan el capital natural mediante el cual se mantiene la vida en la Tierra. Éstos tienen múltiples funciones que se expresan en bienes y servicios, que se definen como cualquier cosa tangible o intangible que puede satisfacer las necesidades del hombre y/o la sociedad. Los servicios ambientales, tanto de las cuencas hidrológicas como de los bosques, pese a su invaluable valor, están siendo degradados por las distintas actividades que realizan los usuarios del agua, como se ha descrito anteriormente. A continuación, se muestra cómo las actividades humanas (factor antrópico) impactan los servicios ambientales relacionados con la calidad del agua, situación que a su vez puede afectar la salud de la población. Las distintas investigaciones que en su conjunto integran el estudio de caso que se presenta, se realizaron en la microcuenca del río Pixquiac, en Veracruz.

V.2. EL PROBLEMA Y SU JUSTIFICACIÓN

Según los reportes sobre tendencias y escenarios respecto a su disponibilidad, el agua está disminuyendo en términos de cantidad y calidad (Cuarto informe *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial: medio ambiente y desarrollo GEO-4*, 2007). En el contexto de México, de acuerdo con el Instituto de Recursos Mundiales (2015), el país se encuentra en el lugar número 34 de 161 naciones estudiadas y evaluadas, mismas que podrían enfrentar situaciones de riesgo por escasez de agua, es decir, se espera que el país enfrente altos niveles de escasez, con porcentajes entre 40 a 80 por ciento, cuestión que debe ser atendida en el presente, para amortiguar los múltiples factores que están interviniendo en dicha situación.

Algunos factores relacionados con lo anterior son: la reducción de la cobertura vegetal y/o deforestación; las variaciones climáticas; el cambio de uso del suelo para fines de producción agrícola y ganadera, la industrialización, la generación de electricidad; el crecimiento urbano; el incremento de la población, que implica mayor demanda del recurso hídrico; la contaminación de las fuentes naturales del agua, entre otros.

En la microcuenca del río Pixquiac se han realizado distintas investigaciones centradas en la gestión integral y manejo del agua, bajo el enfoque de cuencas y el desarrollo de metodologías interdisciplinarias. Se destaca la medición del Índice de Escasez del Agua (IEA), cuyos resultados indican que el ciclo natural y antrópico del recurso hídrico ha sido alterado. La disponibilidad real del agua no coincide con la disponibilidad natural, como resultado de



Panorámica del bosque de niebla en la cuenca del río Pixquiac.

la contaminación, la deforestación y los cambios en el uso de suelo, entre otros. Estas problemáticas afectan de manera negativa los servicios ambientales de los ecosistemas conexos al agua. Asimismo, la presión sobre los recursos hídricos por parte de los usuarios del agua en la zona baja (la más poblada) es elevada, ya que ni la oferta ni la demanda se regulan. Finalmente, el saneamiento es insuficiente por la limitada cobertura de drenaje conectado a la red pública, y la ausencia de tratamiento de las aguas residuales. Bajo este contexto, se estableció que el IEA estaba determinado, principalmente, por el factor de contaminación del agua, lo que hace que la disponibilidad del agua disminuya para uso humano, además de que afecta a los ecosistemas, y por ende a sus bienes y servicios ambientales.

Por lo anterior, es necesario profundizar en la problemática para determinar si las actividades que realizan los usuarios del agua —mismas que se identifican como agrícola, pecuaria, acuícola, forestal, doméstica e industrial— están afectando los servicios ambientales de cuencas hidrológicas y bosques, los cuales están relacionados con la calidad del agua, situación que puede tener posibles repercusiones en la salud de la población de la microcuenca del río Pixquiac.

Esta es la problemática axial del estudio de caso que se ubica en el contexto de la exploración y descripción de lo planteado. A continuación, se desarrollan los distintos apartados del mismo.

V.3. LA ZONA DE ESTUDIO: MICROCUENCA DEL RÍO PIXQUIAC

De acuerdo a la carta hidrológica superficial del INEGI, la microcuenca del río Pixquiac pertenece a la Cuenca del Río la Antigua, ubicada en la zona centro del estado de Veracruz, y nace en la



Piscicultura.

vertiente nororiental del sistema montañoso volcánico del Cofre de Perote a una altura de 3 760 msnm, en las coordenadas geográficas 19° 30' 36" de latitud norte y 97° 08' 51.6" de longitud oeste; a 1 300 msnm se une con el río Sordo. Los climas que se registran en la zona son: semi-cálido, templado húmedo y templado semifrío. Los principales ríos de la microcuenca son el Pixquiac (corriente principal), Huichila, Agüita Fría, Xocoyolapan y Atopa (Manson, 2007). La vegetación predominante en esta zona es el bosque mesófilo de montaña, caracterizado por ser uno de los tipos de vegetación más diversos.

Se señala que el río Pixquiac y sus afluentes son una de las principales fuentes de abastecimiento de agua para la ciudad de Xalapa, así como para los municipios y localidades que abarca la microcuenca. Según la Comisión Municipal de Agua y Saneamiento de Xalapa (CMAS), sus afluentes contribuyen aproximadamente con el 38 por ciento del total del agua de uso público urbano para la ciudad, siendo las principales fuentes de abastecimiento las presas Alto Pixquiac, Medio Pixquiac, Socoyolapan, Cinco Palos, así como manantiales del Cofre de Perote. El 62 por ciento restante del agua de abastecimiento para la capital del estado de Veracruz, se reparte entre la presa de los Colibríes (58 por ciento), ubicada en el estado de Puebla, y la presa de El Castillo (4 por ciento), ubicada en el municipio de Xalapa (Menchaca *et al.*, 2015).

La microcuenca tiene un área estimada de 107 kilómetros cuadrados, y abarca parcialmente los territorios municipales de Perote, Las Vigas de Ramírez, Acajete, Tlalnahuayocan y Coatepec. Se integran a ésta, 66 localidades de carácter rural, que en total suman una población de 9 653 habitantes distribuidos en aproximadamente 2 414 viviendas. Del total de las viviendas en esta región, 18.14 por ciento no disponen de agua, 4.27 por ciento carecen de servicios sanitarios y 16.23 por ciento no cuentan con drenaje conectado a la red pública (INEGI, 2010). Existen dos plantas

tratadoras de aguas residuales de tipo industrial que pertenecen a las empresas Nestlé México y Panamco Golfo, las cuales tratan 914.5 mil m³/año; cifra que representa sólo 2.81 por ciento del agua total utilizada en esta área (CMAS, 2010, citado en Menchaca *et al.*, 2014).

Para su estudio, la microcuenca se dividió en tres zonas: alta, media y baja. En la zona alta la principal actividad que se desarrolla es la agricultura, cabe señalar que esta producción es generalmente para el autoconsumo de los habitantes de las comunidades aledañas a la región. En la zona media y alta se lleva a cabo la actividad pecuaria, agrícola y acuícola, tanto para el autoconsumo como para el comercio, por su parte, la actividad industrial se desarrolla únicamente en la zona baja (Menchaca y Alvarado 2011).

V.4. METODOLOGÍA

La determinación de las variables que se midieron para su estudio y análisis, así como el procedimiento utilizado para el desarrollo de la investigación, entre otros aspectos, se describen a continuación.

A. Usuarios del agua y actividades que impactan los servicios ambientales de cuencas hidrológicas y bosques en la microcuenca del río Pixquiac

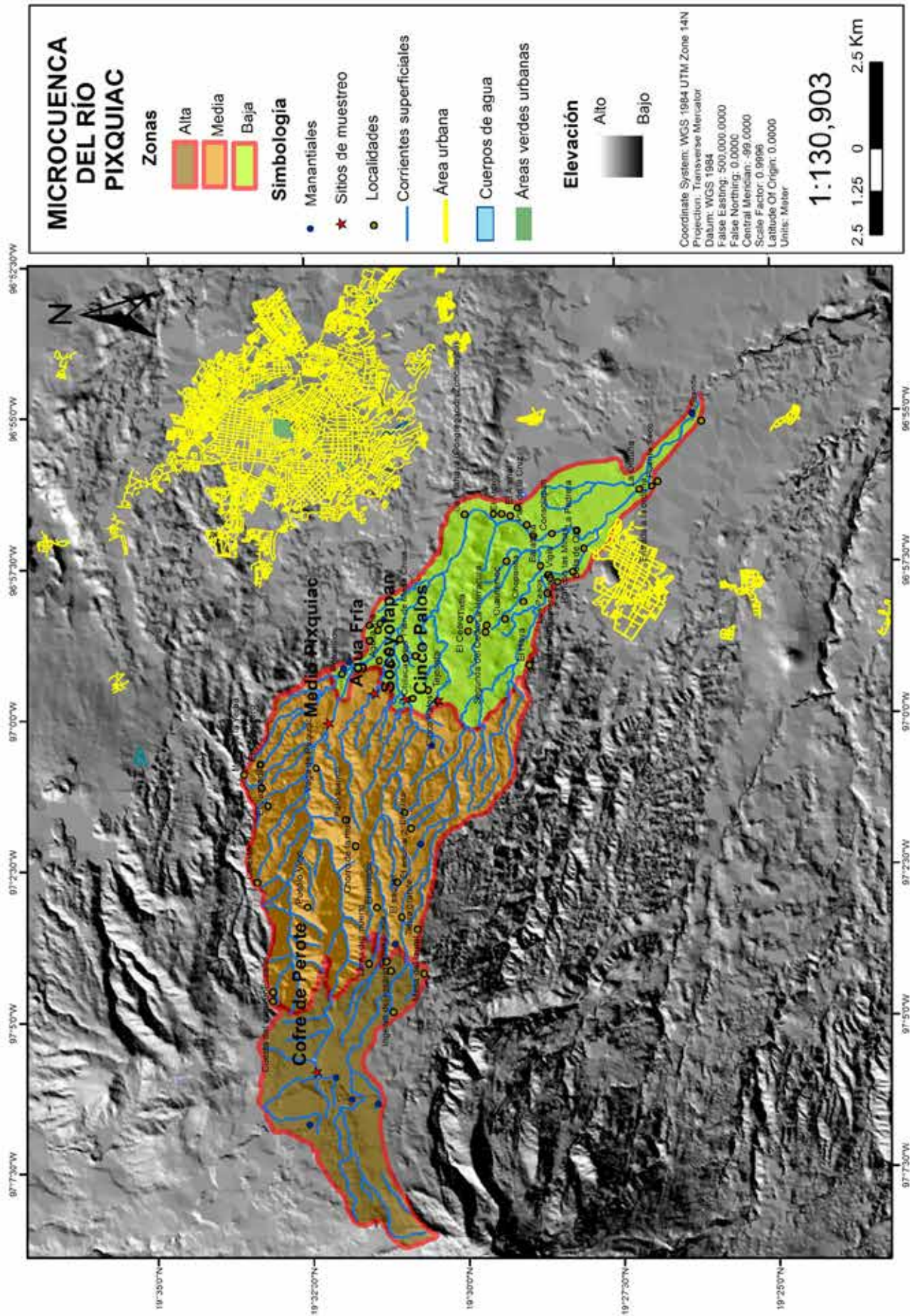
Usuarios del agua y actividades. *Agrícola:* técnicas de cultivo con la finalidad de producir alimentos; *pecuaria:* cría y engorda de ganado, aves de corral y otros animales para su aprovechamiento; *forestal:* acciones tendientes al aprovechamiento de los bosques, que implican tanto su cuidado como el uso no racional de los recursos maderables; *acuicultura:* cultivo, reproducción y desarrollo de cualquier especie de la fauna acuática con fines comerciales; *industria:* procesos y actividades que tienen como finalidad transformar las materias primas en productos elaborados en forma masiva; *doméstica:* actividades de la vida cotidiana que se llevan a cabo en el interior de los hogares para la higiene, alimentación, y/o usos y costumbres (ver capítulo III).

Servicios ambientales. Los servicios ambientales conexos al agua de las cuencas hidrológicas se definen como la calidad del agua superficial, calidad del agua subterránea, regulación de caudales, productividad acuática animal y vegetal; y los de los bosques, como la conservación de la biodiversidad, captura del carbono, microclima, regulación hídrica, calidad del suelo, estabilidad del suelo (ver capítulos II y III).

Procedimiento metodológico. Para la medición de los aspectos anteriores, se diseñaron y aplicaron cinco cuestionarios distintos, correspondientes a cada uno de los tipos de usuarios del agua de la microcuenca del río Pixquiac.

La muestra se seleccionó de forma no aleatoria-propositiva y se tomaron como criterios dos aspectos: la facilidad de acceso a la localidad y la disposición de las personas para proporcionar información.

V. Estudio de caso: microcuenca del río Pixquiac





Agricultura doméstica.

Una vez definidas las localidades, se determinó la muestra de los entrevistados mediante un proceso aleatorio estratificado, tomando como base el tipo de ingreso y la población ocupada en el sector primario. El criterio de muestreo utilizado se calculó con distintos valores de error de estimación con un nivel de confianza del 95 por ciento, cuestión que hace confiables los resultados. El mapa de la región estudiada se muestra en la página anterior.

B. La contaminación del agua

La contaminación del agua se establece de acuerdo a los siguientes indicadores, los que pueden estar relacionados con las distintas actividades asociadas a los usuarios del agua:

Químicos. Se refieren a aquellos elementos y/o compuestos que se pueden presentar en el agua, los cuales pueden causar efectos nocivos a la salud humana, como son fenoles y detergentes.

Microorganismos bacteriológicos. Se consideraron los indicadores generales de contaminación microbiológica, específicamente organismos coliformes totales y coliformes fecales.

La información utilizada para el análisis de la contaminación del agua se estableció mediante el diseño y desarrollo de una base de datos con registros otorgados por la Comisión Municipal de Agua y Saneamiento de Xalapa, Veracruz (CMAS), mismos que deben establecerse de

manera obligatoria de acuerdo con la NOM-127-SSA1 (ver SS 2000). Después de analizar dicha base de datos, se comparan con los parámetros que se desprenden de dicha norma, así como los recomendados por la OMS sobre el agua para consumo humano, entre otros.

V.5. RESULTADOS

De acuerdo con los procedimientos establecidos en el apartado anterior, mismos que se ubican en el contexto de la medición de las variables, a continuación se exponen los principales resultados encontrados:

A. Impactos de los usuarios del agua en los servicios ambientales de cuencas hidrológicas y bosques

Con base en la información obtenida se elaboró una matriz de impacto ambiental, la que fue modificada por el Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz (OABCC), a partir de Leopold, Clarke, Hanshaw, y Balsley (1971). En dicha matriz se establecen las principales actividades de los usuarios del agua que impactan negativamente los servicios ambientales que proporcionan las cuencas hidrológicas (calidad del agua superficial, calidad del agua subterránea, regulación de caudales, productividad acuática animal y vegetal), y los bosques (conservación de la biodiversidad, captura del carbono, microclima, regulación hídrica, calidad del suelo, estabilidad del suelo).

Las actividades antrópicas de los usuarios del agua suman un total de 222 impactos, que afectan de distinta forma los servicios ambientales de las cuencas hidrológicas y de los bosques, en la microcuenca del río Pixquiac. Es interesante constatar que las actividades agrícola y pecuaria concentran de manera conjunta el mayor número de impactos (61 y 37, respectivamente), lo que hace un total de 98 impactos y representa poco menos de 50 por ciento del total. La actividad doméstica genera 53 impactos; y la forestal, acuícola e industrial son responsables de 28, 27 y 16, respectivamente. Cabe señalar que la actividad industrial tiene el menor número de impactos, ya que sólo se desarrolla en la zona baja de la microcuenca; sin embargo, éstos pueden ser muy significativos.

Por otra parte, se observa que la mayoría de los impactos se concentran en las zonas media y baja con 82 y 84 impactos respectivamente. Esto se debe a que las actividades agropecuarias y domésticas se intensifican en dichas zonas, además de que en la zona baja se desarrollan actividades industriales. Por el contrario, en la zona alta se tienen únicamente 56 impactos, que son consecuencia de las actividades agrícolas, pecuarias, forestales y domésticas (ver cuadro siguiente).

Impactos producidos por las actividades antrópicas de los usuarios del agua en la Microcuenca del río Pixquiac, Veracruz, México

Actividades de los usuarios del agua que impactan a los servicios del agua de cuencas hidrológicas y bosques Zona alta		Número de impactos a servicios ambientales de las cuencas hidrológicas y bosques			Total de impactos ambientales	Total de impactos ambientales por usuarios del agua
		Zona alta	Zona media	Zona baja		
Agrícola	Control de insectos (uso de plaguicidas).	6	6	2	14	61
	Control de pequeños roedores (con trampas y venenos).		5	2	7	
	Control de malas hierbas (uso de herbicidas).	2	2	5	9	
	Aplicación de agroquímicos	7	7	5	19	
	Método de laboreo	5	4	3	12	
Pecuaria	Cría de ganado, aves o porcinos	2	4	7	13	37
	Limpieza del área donde habitan los animales	3	5	6	14	
	Pastoreo	2	5	3	10	
Forestal	Explotación de bosques madereros	7	7		14	28
	Tala inmoderada	7	7		14	
Acuícola	Método de crianza		7	7	14	27
	Sustancias químicas utilizadas para alimentación o enfermedades		3	4	7	
	Modificación del patrón de corrientes		3	3	6	

V. Estudio de caso: microcuenca del río Pixquiac

Actividades de los usuarios del agua que impactan a los servicios del agua de cuencas hidrológicas y bosques Zona alta		Número de impactos a servicios ambientales de las cuencas hidrológicas y bosques			Total de impactos ambientales	Total de impactos ambientales por usuarios del agua
		Zona alta	Zona media	Zona baja		
Doméstica	Descarga de aguas residuales con alto contenido de materia orgánica	6	6	6	18	53
	Descarga de grasas y aceites	5	6	5	16	
	Descarga de detergentes y jabones	4	5	5	14	
	Drenaje			5	5	
Industria	Descarga de aguas residuales con residuos tóxicos			8	8	16
	Derrames y escapes			8	8	
Total		56	82	84	222	

Fuente: Menchaca, Alvarado, Uscanga, 2015, Observatorio del Agua, Centro de Ciencias de la Tierra, uv.

Respecto a los resultados de los impactos a los servicios ambientales de cuencas hidrológicas, se pondera que las actividades de los usuarios del agua están afectando de manera directa e indirecta la disponibilidad del agua en cantidad y calidad, ya que cuando el agua está contaminada, baja su disponibilidad del agua, en este caso para consumo humano. Además de lo anterior, las actividades antrópicas (humanas), por procesos de sinergia y acumulación, pueden degradar significativamente las funciones ecológicas conexas al recurso hídrico, lo que puede tener consecuencias significativas en el ámbito de la disponibilidad de dicho recurso natural.

Una vez identificados los impactos de las actividades de los usuarios del agua a los servicios ambientales, se analizarán las posibles afectaciones a la calidad del agua y a la salud humana.



Cauce del río Pixquiac.

B. Usuarios del agua, contaminación del agua y enfermedades de origen hídrico

Los servicios ambientales de bosques y cuencas hidrológicas en la microcuenca del río Pixquiac, respecto a la calidad del agua superficial están siendo impactados y afectados por las actividades de los usuarios del agua, debido a que generan residuos que son depositados, ya sea directamente o por escorrentía, en los cuerpos naturales. En lo específico, en este estudio de caso se presentan los indicadores de carácter químico, como son fenoles y detergentes, y los microorganismos bacteriológicos, que son coliformes fecales y los coliformes totales, mismos que rebasan los valores establecidos en el marco regulatorio nacional, y en su caso los establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), entre otros.

A continuación, se describen y analizan los resultados obtenidos, de acuerdo a cada contaminante del agua y con la definición conceptual de los factores contaminantes, las actividades de los usuarios que los generan, las afectaciones a la salud, y la comparación de los resultados con el marco regulatorio nacional o en su caso internacional.

Fenoles

El fenol es un sólido de incoloro a blanco, cuando ocurre en forma pura. En la preparación comercial es un líquido que se evapora más lentamente que el agua, y presenta un olor desagradable y alquitranado que lo caracteriza.

Las actividades de los usuarios del agua relacionadas con la contaminación del agua por fenoles se presentan a continuación:

Agricultura. El control de insectos, roedores y de malas hierbas implican el uso de la sustancia química del fenol, ya que sus derivados se encuentran en los productos que se utilizan con esos propósitos de control: insecticidas, acaricidas, raticidas, herbicidas, entre otros agroquímicos (ATSDR, 2008).

Doméstica. Las descargas de aguas residuales con alto contenido de materia orgánica, descarga de detergentes y jabones, entre otros, puede contener fenoles, presentes en productos como residuos de salchichas y tocino ahumados, pollo frito, entre otros restos de alimentos. También se pueden encontrar en productos de limpieza doméstica, enjuague para dientes, lociones antisépticas, pastillas para la garganta, jabones, humectantes, desinfectantes y pinturas (ATSDR, 2008).

Industria. Las actividades antrópicas que pueden contener dicha sustancia química, son las descargas de aguas residuales con residuos tóxicos y derrames o escapes, ya que en este sector se usan fenoles como producto intermedio de diversos procesos de uso y/o producción farmacéutica, de resinas fenólicas y epoxi, policarbonato, petroquímica, nylon y fibras sintéticas, herbicidas, preservativos para madera, fluidos hidráulicos, aditivos para aceite de lubricación, revestimientos de tanques e intermediarios en la manufactura de sustancias para plastificar, y otras sustancias químicas especiales (ATSDR, 2008).

Daños a la salud. En referencia a los daños que ocasionan los fenoles o compuestos fenólicos, la ATSDR (2008) menciona que los síntomas clínicos después de la exposición crítica son hiperexcitabilidad muscular y convulsiones severas, necrosis de la piel y de las membranas mucosas de la garganta, efectos en pulmones, en fibras nerviosas, riñones, hígado y sensibilidad de la pupila a la luz. Se han reportado casos fatales luego de la intoxicación oral y dérmica con fenol, pero no se han reportado muertes por inhalación de éste. La ingestión de fenol produce tanto efectos locales como sistémicos, y produce síntomas similares a los que se presentan por intoxicación a través de la piel. Se ha reportado que dosis orales de 50 a 500 mg de fenol han sido fatales en niños, mientras que la muerte de adultos se ha presentado con dosis de entre 1 y 32 g. (ATSDR, 2008).

Sin embargo, la EPA (Agencia de Protección Ambiental) ha determinado que la exposición a una concentración de fenol de 6 miligramos por litro (mg/L) en el agua potable durante un período de hasta 10 días, no causará efectos adversos en un niño. Asimismo, la EPA argumenta que la exposición de por vida a 2 mg/L de fenol en el agua potable no causará efectos adversos a la salud. La cuestión es que no es posible tener un cálculo exacto sobre la concentración de dicha sustancia química a la que están expuestos diariamente los habitantes de la microcuenca.

En cuanto a la presencia de fenoles en los cuerpos de agua de la microcuenca del río Pixquiac, se registraron valores para la zona alta de 0.061 mg/L, para la media 0.09 mg/L y para la baja 0.11 mg/L; ésta última, la mayor en todos los sitios de muestreo. Con respecto a la normatividad, de acuerdo a la NOM-127-SSA1-1994, el límite máximo permisible es de 0.001 mg/L. Es importante señalar que dicho límite fue cambiado a 0.3 mg/L, debido a la modificación



Cauce del río Xocoyolapan.

que se le hizo a la NOM-127-SSA1-1994, la que continua vigente. Sin embargo, se decidió utilizar el valor de 0.001 mg/L, ya que la normatividad en materia de agua potable debería estar encaminada a la restricción o disminución de compuestos químicos en los cuerpos naturales, no a aumentar la permisibilidad de éstos. Cabe señalar al respecto, que tanto la OMS como los países europeos, y países como Canadá y Brasil establecen que el agua debe estar libre de compuestos fenólicos. En consecuencia de lo anterior, los fenoles están excedidos en las tres zonas de la microcuenca y en los cinco sitios de muestro.

Detergentes

Los detergentes son productos químicos sintéticos que se utilizan en grandes cantidades para la limpieza doméstica e industrial, y que actúan como contaminantes del agua al ser arrojados a las aguas residuales. Están formados básicamente por: un agente tensoactivo, que actúa modificando la tensión superficial para disminuir la fuerza de adhesión de las partículas (mugre) a una superficie; fosfatos, que tienen un efecto ablandador del agua y floculan y emulsionan a las partículas de mugre, y algún otro componente que actúe como solubilizante, blanqueador, bactericida, perfumes, abrillantadores ópticos (tinturas que dan a la ropa aspecto de limpieza), etcétera (ATSDR, 2008).



Represa y toma de agua del río Xocoyolapan, para la ciudad de Xalapa.

Los detergentes, determinados como sustancias activas al azul de metileno (SAAM), son un excelente indicador de calidad para el agua de consumo humano. Cuando éstos son detectados en suministros de abastecimiento, las medidas correctivas deben ser inmediatas, dado que la presencia de los detergentes en el agua de suministro es indeseable desde todo punto de vista, y es indicio de contaminación por aguas residuales ordinarias de tipo doméstico (Alfaro y Salazar, 2005).

Los usuarios del agua que contribuyen a la contaminación del agua por detergentes se presentan a continuación:

Doméstico. Usuarios de casa cuyas descargas de aguas grises contienen detergentes y/o jabones, o cuyos drenajes —por el uso de múltiples productos de limpieza del hogar y de aseo personal, lavado de ropa, trastes, entre otros— pueden convertirse en fuentes importantes de contaminación con impacto directo, en razón de que las aguas que salen de los drenajes domésticos pueden escurrir hacia cuerpos naturales del recurso hídrico.

Pecuario. Usuarios que al realizar la limpieza del área donde habitan animales, sueltan las aguas residuales y éstas escurren alcanzando los cuerpos de agua cercanos.

Industrial. Usuarios que descargan aguas residuales con residuos tóxicos, aceites, detergentes y sustancias y materiales de lavado y mantenimiento de equipos, sin un control para su disposición final; pudiendo dichas aguas residuales contaminar los cuerpos de agua.

Los efectos posibles del agua contaminada por detergentes, son peligrosos para la salud, ya que puede causar síntomas como irritación de la piel, dolor de garganta, náuseas, calambres estomacales y daño hepático; en casos extremos puede contener algún tóxico que afecte significativamente a la salud humana.

Detergentes en el río Pixquiac. En la microcuenca del río Pixquiac se ha detectado la presencia de detergentes en las tres zonas, pues la descarga de éstos y/o de jabones es una de las actividades antropogénicas constantes en toda la microcuenca. Esto suele ser así ya que el agua residual es arrojada sin tratamiento alguno a los cuerpos de agua, ya sea porque no existe red de drenaje en la zona alta y media, o bien porque éste desemboca en los ríos en todas partes de la región estudiada. De acuerdo a la NMX-AA-039-SCFI-2001, un alto contenido de detergentes en agua puede provocar formación de espuma, toxicidad para la vida acuática y crecimiento desmesurado de la flora acuática por el aporte de fosfatos, fenómeno conocido como eutrofización.

La microcuenca presenta concentraciones de detergentes que van desde 0.001 mg/L hasta los 0.603 mg/L. Los valores extremos se registran entre 0.4 mg/L y 0.6mg/L, tanto en la zona media como en la baja. Este último valor es considerado como significativo, debido a que rebasa el límite máximo permisible de acuerdo a la NOM-127-SSA1-1994 y los criterios ecológicos, las que establecen un valor límite de 0.5 mg/L.

Cabe señalar, que la OMS no establece límites máximos permisibles para detergentes, sin embargo, este organismo menciona que no se debe permitir que la concentración de detergentes en el agua para consumo humano alcance niveles que ocasionen la formación de espuma o problemas de sabor. La presencia de cualquier detergente puede indicar la contaminación del agua de origen con aguas residuales (OMS, 2006).

Es importante mencionar que la presencia de detergentes no debe pasarse por alto, ya que son indeseables para los suministros de abastecimiento de agua. Por otra parte, para las localidades que obtienen el agua de consumo directamente de los cuerpos de agua, representa un riesgo a la salud, ya que están ingiriendo el líquido sin tratamiento alguno que elimine por completo los detergentes, y ni la ebullición ni la cloración del agua eliminan el problema de contaminación.

Por último, es preciso comentar que deben tomarse medidas respecto al uso de jabones y detergentes en toda la microcuenca, pues la cantidad de éstos ha ido en aumento y puede poner en riesgo la salud de los habitantes que obtienen agua directamente de los ríos, si los niveles de dichas sustancias llegaran a aumentar drásticamente.

Microorganismos bacteriológicos

Estos son microorganismos nocivos para la salud humana. Para efectos de control sanitario, el contenido de indicadores generales de contaminación microbiológica se determina mediante organismos coliformes totales y organismos coliformes fecales, los que se describen a continuación.

Los coliformes son determinados taxonómicamente como un grupo de especies bacterianas que tienen características bioquímicas específicas y relevantes que sirven de indicadores para medir la contaminación de agua y alimentos.

Debido a que existen coliformes que no son de origen fecal, se diseñaron pruebas para diferenciarlos como indicadores de contaminación, por ello, se establecen como coliformes totales, que abarcan la totalidad de éstos y/o del grupo, así como los de origen fecal, que se determinan como aquellos que tienen origen intestinal.

Es importante mencionar cuáles son los microorganismos que conforman el grupo de los coliformes. Los coliformes totales están integrados por *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*, *Edwardsiella* y *Citrobacter*, y viven como saprófitos independientes o como bacterias intestinales, mientras que los coliformes fecales (*Escherichia Coli*) son únicamente de origen intestinal (ver Arcos, 2005).

Las actividades de los usuarios del agua, quienes a través de ellas afectan la calidad del recurso hídrico en cuanto a coliformes totales y fecales, se presentan a continuación:

Pecuaría. La cría de ganado (aves y porcinos, destacadamente), la limpieza del área donde habitan los animales (corrales y/o del lugar de crianza), así como el pastoreo, que implica la defecación a campo abierto de animales domésticos y silvestres, puede, por escurrimiento del agua utilizada, contaminar con coliformes las fuentes naturales del recurso hídrico.

Doméstica. La descarga de aguas residuales con alto contenido de materia orgánica, de aguas de drenaje o desagüe sin previo tratamiento, así como las heces fecales de seres humanos a cielo abierto, pueden contaminar con microorganismos patógenos.

Respecto a las múltiples afectaciones de salud por agua contaminada por coliformes, se señala que los principales síntomas son fiebre, tos, náusea, migraña, dolor de cabeza y abdominal, vómito, diarrea, colitis y deshidratación, entre otras.

Coliformes en el río Pixquiac. Respecto a los coliformes totales, en la microcuenca del río Pixquiac, el valor máximo alcanzado fue de 2 400 NMP/100 ml en la zona baja; para la zona media el máximo fue de 1 100 NMP/100 ml; y para la zona alta 21 NMP/100 ml. Lo anterior revela, entre otros aspectos, la gran diferencia que existe entre cada una de las zonas de la microcuenca. Es importante señalar, que el método de Número Más Probable (NMP), es una estrategia eficiente de estimación de densidades poblacionales, especialmente cuando una evaluación cuantitativa de células individuales no es factible, como es el caso de los coliformes.

Por otra parte, se subraya la importancia que tiene el observar que los valores más pequeños, inferiores a 30 NMP/100 ml y la mayoría de ceros, que significa la ausencia de coliformes, se registraron en la zona alta, la cual es la menos afectada por el factor antrópico (actividades humanas). Las demás zonas presentan valores que rebasan la normatividad, ya que de acuerdo a lo establecido en la NOM-127-SSA1-1994, para que el agua sea apta para consumo humano, debe presentar un máximo de dos organismos coliformes totales en 100 ml de muestra y no contener organismos coliformes fecales en 100 ml de muestra.

Con relación a la normatividad, la OMS (2006) establece que las bacterias coliformes totales son indicadores de una calidad sanitaria no aceptable en los sistemas de abastecimiento de agua, sobre todo en zonas tropicales, donde casi todos estos sistemas de agua no tratada, contienen numerosas bacterias que constituyen un problema sanitario.

En cuanto a los coliformes fecales, la zona que presenta mayor cantidad de éstos es la baja con coliformes que fluctúan entre 200 NMP/100 ml, que es el valor más bajo, y 2400 NMP/100 ml que es el más alto; le sigue la zona media con un valor mínimo de 200 NMP/100 ml y un máximo de 1000 NMP/100 ml; y por último la zona alta que no presenta contaminación fecal en sus cuerpos de agua naturales. Lo anterior, establece que existe una relación entre el impacto de las actividades de los usuarios del agua y la contaminación de dicho recurso natural, por lo que puede inferirse que el número de impactos es directamente proporcional a la concentración de los coliformes totales y fecales, ya que la zona con mayor número de impactos ambientales presenta mayor contaminación por organismos bacteriológicos, mientras que la zona alta, con el menor número de impactos, presenta una baja concentración de dichos microorganismos.

Con base en lo anterior, se presenta en la microcuenca un riesgo sanitario tanto para los ciudadanos que habitan cerca de las corrientes superficiales, como para la población urbana en general que es abastecida por dichas fuentes, debido a que se presentan cantidades de coliformes realmente altas, que en su mayoría exceden los límites máximos permisibles.

Las concentraciones de coliformes totales y coliformes fecales se encuentran por arriba de lo establecido en la NOM-127-SSA1-1994, de agua para consumo humano, lo cual significa un eminente riesgo para la salud de los habitantes que consumen esta agua, puesto que se encuentran expuestos a contraer enfermedades gastrointestinales, siendo mayormente vulnerable la población infantil.

Por otra parte, los criterios ecológicos establecen que se permite hasta 1000 NMP/100 ml en las fuentes de abastecimiento para los coliformes fecales. Sin embargo, la NOM-127-SSA1-1994 dictamina que no debe haber presencia o no deben ser detectables en ninguna muestra de 100 ml. La OMS establece el mismo criterio que la NOM-127-SSA1-1994, ya que la presencia de coliformes fecales en el agua indica un serio problema de contaminación y probables daños a la salud, por lo que la presencia de éstos, si bien no representa un gran problema para la población urbana, ya que se prevé que estos sean eliminados durante el tratamiento del agua, sí para la población rural, pues habitantes de la región obtienen agua directamente de las fuentes naturales hídricas.

Es importante mencionar que la presencia de coliformes en el agua indica contaminación bacteriana reciente y constituye un indicador de degradación de los cuerpos de agua, pues las bacterias del tracto intestinal no suelen sobrevivir en el medio acuático por mucho tiempo (ver Arcos, 2005).

Como se puede constatar, los coliformes totales y fecales son responsables de varias de las enfermedades que comúnmente padece la población y que de no ser atendidas oportunamente, podrían causar hasta la muerte.

V.6. CONCLUSIONES

Consideramos que las actividades agropecuaria, doméstica e industrial requieren de la mayor atención, en razón de que son las causantes de la mayoría de los impactos adversos a los servicios ambientales de bosques y cuencas hidrológicas.

Existe una considerable variabilidad entre indicadores de las normas de cada país. Además, en México se observa un rezago en materia de normatividad respecto a otras naciones, ya que en algunas de éstas, para algunos los compuestos químicos se han adoptado valores altos de restricción. Mientras en países como Canadá, Brasil y la Unión Europea, por ejemplo, se restringe la existencia de compuestos fenólicos en el agua de consumo humano, la normatividad mexicana ha hecho modificaciones que aumentan la permisibilidad de dichos compuestos.

Respecto a los detergentes, debido a que la concentración de éstos aún no presenta valores muy elevados por encima del límite máximo permisible, es prioritario establecer y/o diseñar estrategias que conlleven a su eficiente gestión. De esta manera se evitará que las concentraciones sigan en aumento, y se prevean así afectaciones, tanto al recurso hídrico como a la salud humana. Esto debido a que, si bien la concentración de detergentes se encuentra cerca del límite máximo permisible, o por encima de éste en un rango no tan elevado, la simple presencia de este compuesto ya indica contaminación.

La microcuenca del río Pixquiac presenta un índice de contaminación alto por coliformes totales y fecales para las zonas media y baja. Situación que se considera alarmante, sobre todo en la zona media, debido a que allí existen localidades que obtienen el agua para consumo directamente de los cuerpos naturales, lo que pone en riesgo la salud de la población.

Dada la gran relevancia que posee la microcuenca del río Pixquiac, se requiere de un monitoreo permanente de los cuerpos naturales de agua y un análisis de mayor precisión, para evitar riesgos a la salud humana y a los ecosistemas.

BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro, M. y Salazar, F., “Ganadería y contaminación difusa, implicaciones para el sur de Chile”, *Agricultura Técnica*, vol. 65, núm.3, Chillán, 2005, pp. 330-340.
- ATSDR, *Resumen de Salud Pública Fenol*. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Atlanta, GA., 2008. Recuperado en febrero de 2014, de http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs115.pdf.
- Arcos, M. P., Ávila, S. L., Estupiñán, S.M. y Gómez, C. , “Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua”, *NOVA*, vol. 3, núm. 4, 2005, pp. 69-79.
- CMAS, “Base de datos sobre disponibilidad y calidad del agua, Veracruz, México”, 2010, (manuscrito no publicado), Comisión Municipal de Agua y Saneamiento de Xalapa.

INEGI, XIII Censo de Población y Vivienda 2010, México, INEGI.

Luo, T., Young, R. y Reig, P., *Aqueduct Projected Water Stress Country Rankings*, World Resources Institute, 2015, recuperado en marzo de 2015, de <http://www.wri.org/sites/default/files/aqueduct-water-stress-country-rankings-technical-note.pdf>.

Manson, R., *Efectos del uso de suelo sobre la provisión de servicios ambientales hidrológicos, monitoreo del PSA*, Xalapa, Veracruz, Inecol, A.C., 2007.

Menchaca, S. y Alvarado, E., “Efectos antropogénicos provocados por los usuarios del agua de la Microcuenca del río Pixquiac”, *Rev. Mexicana de C. Agrícolas. Pub., Esp. Núm. 1.* 2011, pp. 85-86.

Menchaca, S., Alvarado, E., Zapata K. y Uscanga L., “Riesgo: Antropización de los Servicios Ambientales, Amenaza por Contaminación del Agua y Vulnerabilidad en la Microcuenca del Río Pixquiac, Veracruz, México”, en *Memorias, Congreso Internacional de Investigación en Ciencias y Sustentabilidad de Academia Journals*, Tuxpan, Veracruz, 28 a 30 de mayo, 2014. Memorias publicadas (ISBN 978-1-939982-04-9; ISBN 978-1-939982-05-6 y ISSN 2169-6152).

Menchaca, S., Alvarado, E., Zapata, K. y Pérez, M., “Construcción del riesgo por contaminación del agua y el principio de precaución”, en *Derecho y gestión del agua*, Ubijus Editorial, México, 2015.

OMS, *Guías para la calidad del agua potable*, Ginebra, Organización Mundial de la Salud, Guía, 2006, recuperado en mayo de 2014, de http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf.

PNUMA, *Perspectivas del medio ambiente mundial GEO-4. Medio Ambiente para el Desarrollo*, Dinamarca, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Resumen ejecutivo para los tomadores de decisiones, 36 p., 2007, recuperado en octubre de 2014, de http://www.unep.org/geo/geo4/media/GEO4_SDM_Spanish.pdf.

ss (2000), Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. Salud ambiental, agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización, Secretaría de Salud, *Diario Oficial de la Federación*, 22 de noviembre de 2010, recuperado en julio de 2014, de <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/127ssa14.html>.



CAPÍTULO VI

ESTRATEGIA PARA LA GESTIÓN
INTEGRAL DE LOS RECURSOS
HÍDRICOS EN EL CONTEXTO DE
LA GOBERNANZA Y LA CULTURA
DEL AGUA

SOCORRO MENCHACA



VI. ESTRATEGIA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL CONTEXTO DE LA GOBERNANZA Y LA CULTURA DEL AGUA

Los ecosistemas conexos al agua dulce están siendo amenazados por las actividades humanas a escalas que comprenden desde lo global/mundial hasta lo local (C. J. Vörösmarty, *et al.*, 2010). Ello es así pese a que el agua dulce es considerada como el recurso natural más esencial, y a que está asociado directamente con la vida humana, la flora y la fauna, así como con la producción de bienes y servicios. Por estas razones, en México el agua tiene el rango de asunto de seguridad nacional.

En una de las más importantes evaluaciones sobre las amenazas globales a la seguridad del agua y a la biodiversidad, se establecen diversos factores de gran significación, entre ellos mencionemos: casi 80 por ciento de la población está expuesta a niveles altos de estrés por falta de agua; los gastos aplicados a la inversión no están resolviendo las causas de los problemas; las condiciones de escasez de agua pueden agravarse por el cambio climático; el cambio de uso de suelo o cobertura vegetal, la urbanización, la industrialización, los trasvases entre cuencas para maximizar el acceso de agua y la provisión de agua a procesos productivos y económicos, entre otros muchos factores, van generalmente acompañados del deterioro de los ecosistemas y sus servicios ambientales, sin que se hayan realizado estudios para determinar su estado actual, niveles de impactos y afectaciones, así como costos para su remediación (C. J. Vörösmarty, *et al.*, 2010).

En dicha evaluación, se califica como grave el deterioro de los ecosistemas conexos al recurso agua. Se señala a la contaminación, como una de las afectaciones más significativas que contribuyen a dicho deterioro, y se identifica como principales fuentes de contaminación a las sustancias químicas, los pesticidas y las cargas orgánicas. Tales factores están impactando y afectando los sistemas hidrológicos y/o cuerpos de agua en general y, en particular, esto mismo está ocurriendo en la microcuenca del río Pixquiac, Veracruz, México (ver capítulo V Estudio de caso).

Lo hasta aquí expuesto muestra que existe un patrón semejante a escalas global y local, patrón que de manera significativa representa una amenaza en cuanto a la pérdida de la biodiversidad y a la seguridad hídrica. Por todo lo anterior, se considera que se deben desarrollar diagnósticos de carácter permanente a distintas escalas espaciales para determinar las problemáticas; además se han de desarrollar estrategias puntuales de manejo integrado del recurso hídrico, para lograr un equilibrio entre el uso de este recurso (actividades de los usuarios del agua y/o actividades antrópicas) y la protección y/o conservación de dichos ecosistemas.

Asimismo, se considera fundamental la inversión de recursos financieros para mitigar los posibles daños a los ecosistemas conexos al agua dulce, dando prioridad a la implementación de procesos eficientes como los señalados. De lo contrario, no será posible diseñar escenarios de seguridad del agua para consumo humano en cuanto a cantidad y calidad suficientes.

Se hace necesario establecer mecanismos que otorguen prioridad a las políticas y recursos financieros relacionados con la conservación de los ecosistemas conexos al agua dulce, así como desarrollar diversas estrategias que permitan, en principio, asegurar la resiliencia de los ecosistemas y por ende el bienestar de la población.

Aunado a lo anterior, y en el mismo sentido, es necesario desarrollar ampliamente la política de cultura del agua en el marco de la gobernanza, estableciendo diversas acciones que ayuden a mitigar y resolver las problemáticas relativas al agua, su gestión y manejo, en un contexto integral y holístico. Con la implementación de tales mecanismos se propiciará significativamente la solución de la problemática relacionada con el recurso hídrico y se establecerán bases sólidas para trabajar en una cultura y educación basada en valores dirigidos a un bienestar colectivo.

VI. 1. CULTURA DEL AGUA

La cultura es una acepción ligada a la historia de las civilizaciones, que se asocia a épocas, formas y expresiones humanas y/o de la sociedad, y se relaciona también con costumbres, hábitos, actitudes, códigos, prácticas, normas y reglas sobre las formas de expresión, creencias, desarrollo de conocimientos e información en el ámbito social. De acuerdo con distintas acepciones el concepto de cultura significa:

- El modo de vida desarrollado por un grupo humano y transmitido de generación en generación.
- La capacidad humana para adaptarse a las circunstancias y transmitir un conjunto de conocimientos aprendidos durante largos lapsos de tiempo.
- El conjunto de conductas y actividades mediante los cuales la sociedad consigue una mayor satisfacción para sus miembros.
- El conjunto los valores, ideas, actitudes y símbolos, conocimientos, entre otros, que dan forma al comportamiento humano y son transmitidos desde una generación a la siguiente.

La UNESCO (2010) propone mecanismos para establecer y recrear la cultura como eje transversal en las estrategias y acciones relacionadas con el desarrollo y la cooperación. Esto tiene como fundamento asumir que la cultura está presente en todas las expresiones humanas y de la sociedad; que está directamente ligada a las políticas que incluyen específicamente al hombre y/o sociedad y su relación con el medio ambiente y con la gestión de los recursos naturales, como es el agua. Con base en lo establecido por la UNESCO, el desarrollo de la cultura del agua es una herramienta que puede servir de base para cuidar y conservar el agua desde sus fuentes naturales, hasta alcanzar un uso racional del recurso hídrico.

En lo específico, ha de destacarse que el desarrollo de la cultura del agua es un factor indispensable para enfrentar la problemática del agua, ya que sigue prevaleciendo la idea que dicho recurso es infinito. El Consejo Asesor sobre Agua y Saneamiento del Secretario General de la ONU (UNSGAB) ha señalado que se necesita una verdadera “revolución cultural” en lo relativo



Brigada escolar haciendo limpieza del río Blanco.

al recurso hídrico, la que debe incluir por principio a la misma Organización de las Naciones Unidas. El problema del agua deberá ser tratado como prioridad en todos los países del mundo, sobre todo por lo que toca al agua para consumo humano, cuyo principal atributo ha de ser el no estar contaminada, es decir, brindar a la sociedad, por derecho propio, agua segura para consumo humano (ONU/UNSGAB, 2015).

Resulta pues evidente la importancia que tiene el desarrollar la cultura del agua. Este objetivo deberá ser considerado como una de las políticas centrales para la implementación estrategias eficaces y eficientes que enfrenten efectivamente los actuales escenarios del agua. En este contexto, los gobiernos y todos los sectores de la sociedad deben de manera conjunta trabajar bajo enfoques de gobernanza que promuevan la colaboración intersectorial, para estar en condiciones de aportar soluciones a los distintos problemas de gestión del agua, cuya prioridad debe ubicarse en preservar la disponibilidad en cantidad y calidad del recurso.

En el contexto de México, a principios de la década de los noventa, el índice de enfermedades gastrointestinales asociadas al consumo de agua contaminada fue significativo, por lo que en 1991 se constituye el Programa de Agua Limpia, cuyo objetivo fue impulsar, consolidar y fortalecer la cultura del buen uso y preservación del agua en coordinación con estados y municipios. Dicho programa se convirtió en un componente social denominado Cultura del Agua, política que ha implementado la Comisión Nacional del Agua a partir de 2008. El objetivo de este programa es:

Contribuir a consolidar la participación de los usuarios, la sociedad organizada y los ciudadanos en el manejo del agua y promover la cultura de su buen uso, a través de la concentración y promoción de las acciones educativas y culturales en coordinación con las entidades federativas, para difundir la importancia del recurso hídrico en el bienestar social, el desarrollo económico y la preservación de la riqueza ecológica y el medio ambiente, para lograr el desarrollo humano sustentable de la nación (CONAGUA, 2014).

Los factores que integran el objetivo planteado por CONAGUA sobre la cultura del agua, se asocian con el enfoque de gobernanza en el contexto de la gestión integral de los recursos hídricos (ver capítulo I). Cabe señalar que dicha institución gubernamental es la encargada de elaborar y conducir la política hidrológica nacional.

VI.2. VISIÓN PARA EL DESARROLLO ESTRATÉGICO DE LA GIRH EN EL CONTEXTO DE LA GOBERNANZA Y LA CULTURA DEL AGUA

Como se ha establecido en distintos apartados, la gestión integral de los recursos hídricos se dirige principalmente a la atención de las problemáticas complejas que inciden, tanto en el ciclo del agua natural como en el antropogénico, es decir en: la disponibilidad del recurso, su distribución, su utilización en términos de oferta y demanda de los usuarios del agua, su uso racional o su sobreexplotación y desperdicio, y en la gestión que integra las fases de desalojo, tratamiento de aguas servidas y reciclaje o re-uso. Lo anterior se relaciona, en lo específico, con aspectos de disponibilidad, en cuanto a la cantidad y calidad del agua, y los relativos a la conservación de ecosistemas en las cuencas y a desastres naturales, como son inundaciones y sequías, entre otros. Asimismo, tiene que ver con la regulación de la oferta y demanda de los distintos usuarios del agua, y con los diversos modos de producción de bienes y servicios.

En la gestión integral de los recursos hídricos (GIRH), ha de darse especial atención a la conservación y restauración del funcionamiento de los ecosistemas conexos al agua, ya que los múltiples impactos de las actividades de los distintos usuarios del agua —contaminación de ésta, por ejemplo— están afectando significativamente, tanto a los servicios ambientales como al bienestar de la población, ya que perjudica su salud (ver Capítulo V Estudio de caso).

Por lo anterior, se considera que dicha gestión debe centrarse, por principio, en atender eficientemente la problemática relacionada con la disponibilidad de agua en términos de cantidad y calidad, ya que, sin ella, ni los ecosistemas ni la población podrán sobrevivir en escenarios deseables, como se establece en la evaluación sobre las amenazas globales a la seguridad del agua y la biodiversidad, referida al inicio del presente capítulo.

Se considera fundamental conjuntar los esfuerzos de los gobiernos y de todos los sectores de la sociedad para mitigar dichas amenazas; de ahí la importancia de diseñar y desarrollar estrategias de GIRH en el contexto de la gobernanza y la cultura del agua. Estas estrategias se desarrollan a continuación.



Brigada de jóvenes adolescentes para la limpieza de un río.

Ya hemos dicho que, debido a la complejidad de la relación entre medio ambiente, sociedad y economía, ninguno de tales sectores y/o actores involucrados, sean públicos o privados, tienen el conocimiento o la información necesaria para diseñar y desarrollar respuestas que realmente resuelvan de manera eficiente los problemas de la gestión y manejo integral de los recursos hídricos. Ninguno de ellos, por sí mismo o aisladamente, dispone de la información ni de los mecanismos de gestión necesarios para abarcar los distintos sectores de la política y dar respuestas eficientes (Koiiman, 2000). Por ello se requiere necesariamente desarrollar enfoques como la gobernanza, y operar bajo esquemas intersectoriales que incluyan a todas las instancias involucradas en los propósitos de colaborar, analizar, deliberar, diseñar, resolver, desarrollar, evaluar, etc., las cuestiones relativas a los asuntos de la problemática del agua, que en este caso reúne a los distintos grupos o individuos.

También se estableció que en el trabajo desarrollado en el contexto de la gobernanza, se articulan tres ámbitos distintos: el gubernamental, que regula la gestión integral de los recursos hídricos y múltiples servicios conexos; la sociedad, representada por los usuarios del agua, quienes, conjuntamente con los sectores gubernamentales, desarrollan mecanismos de negociación para adecuar demandas e intereses mediante procesos de consenso entre todos los actores involucrados; y las instituciones de educación superior y el sector educativo en general, que generan y aportan conocimientos científicos, además de promover el desarrollo



Niños en un manantial de la zona de Catemaco.

de una cultura de valores y principios básicos, en aspectos ambientales, sociales y económicos (ver capítulo I). Cabe señalar que las políticas públicas que se diseñan y/o desarrollan con base en resultados de estudios científicos, tienen más probabilidades de éxito y son capaces de construir soluciones viables a problemáticas complejas, como son las relativas al agua (UNESCO, 2007).

Por lo anterior, la gobernanza en el contexto de la GIRH resulta ser un esquema estratégico que explora nuevas prácticas dirigidas a la construcción de beneficios colectivos, lo que en gran medida evita conflictos a través del diálogo y la negociación entre diversos actores y sectores relacionados con la problemática del agua. La gobernanza, constituida en el ámbito de la gestión y el manejo integral de los recursos, permite el desarrollo de diversos mecanismos de colaboración, cooperación y/o negociación entre los diferentes actores públicos y privados, implicados alrededor de un objetivo en común, centrado en el bienestar social y en preservar los ecosistemas que proveen de insumos básicos a la sociedad.

Es fundamental ponderar la importancia y beneficios de desarrollar políticas públicas, estrategias y/o programas bajo el enfoque de la gobernanza. La implementación de éstos, en un contexto de complejidad, se facilita articulando los intereses gubernamentales, sociales y económicos, lo cual requiere de enfoques integradores que generen respuestas eficientes a los problemas, construyan mejores decisiones, y hagan factible la implementación de estrategias en torno a la gestión integral de los recursos hídricos, entre otros.

Es dentro de este proceso donde integramos a la cultura del agua como una política de carácter transversal en la implementación de la gestión integral de los recursos hídricos, bajo el enfo-

que de gobernanza. La cultura del agua representa un aspecto altamente significativo en tanto incluye el componente social para lograr que las estrategias perduren a través del tiempo, es decir, para asegurar el suministro de agua en cantidad y calidad suficientes para toda la sociedad en su conjunto.

En este sentido, la cultura del agua, en el contexto de la gestión de los recursos hídricos (GIRH), se establece como el desarrollo de actitudes, hábitos y múltiples capacidades de cuidado y/o uso racional del agua y de los diversos recursos naturales, así como la protección al medio ambiente en beneficio de todos los habitantes de localidades, respetando sus usos, costumbres tradicionales y conocimientos, que pueden ser transferidos de las generaciones presentes a las futuras.

Dado que la GIRH es la política que integra los procesos estratégicos relacionados con el agua, la tierra y los recursos relacionados con el medio ambiente, y cuyo propósito es el bienestar social y económico equitativo, sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas —lo que considera primordialmente el agua y los bosques (ver Fracción XXIX, de la Ley de Aguas Nacionales)—, la cultura del agua se ubica como el componente social que articula transversalmente a los sectores que intervienen en el enfoque de gobernanza del agua —es decir, al gobierno, la sociedad y las instituciones de educación superior y la educación en general—, ya que dicha cultura promueve y desarrolla —tal como se ha establecido en su definición— actitudes, hábitos y el desarrollo de múltiples capacidades de cuidado y/o uso racional del agua y de los diversos recursos naturales, además de la protección al medio ambiente en beneficio de todos los habitantes de las localidades que viven en los espacios territoriales llamados cuencas.

En la gestión integral de los recursos hídricos —que es desarrollada bajo el enfoque de la gobernanza—, la cultura del agua es el eje epistemológico que promueve valores sociales. Con base en ella es posible ayudar significativamente a reducir conflictos y a impulsar el trabajo dirigido hacia una educación para la paz, así como impulsar la conciencia individual y colectiva en favor de crear condiciones para la construcción de escenarios favorables que aseguren tanto el bienestar a escala humana, como la conservación de los ecosistemas.

VI.3. LOS ÁMBITOS ESTRATÉGICOS EN LA GIRH BAJO LA GOBERNANZA Y LA CULTURA DEL AGUA

Ha de subrayarse la importancia que tiene conservar la resiliencia de la sociedad y del medio ambiente y/o del funcionamiento de los ecosistemas y sus servicios ambientales. La sociedad depende y se sostiene de los servicios ambientales, es decir, éstos son esenciales para el género humano; por otra parte, la sostenibilidad de los recursos hídricos requiere necesariamente de una gestión participativa y de una cultura que promueva los valores que sostengan acciones de largo plazo. La enorme importancia de lo anterior se traduce en que es absolutamente indispensable buscar estrategias que permitan la adecuación, diseño e implementación de tales acciones.

Primer ámbito estratégico: encuadre de la cultura del agua y la gobernanza para la gestión integral de los recursos hídricos

Se considera fundamental, como se ha establecido ya, que el diseño y la operatividad del enfoque de gobernanza se base en el desarrollo permanente de la cultura del agua. Ésta deberá tener como principio fundamental el fomento y desarrollo de valores que sustenten un bien común, dirigido a la protección, conservación y/o cuidado de los ecosistemas y sus bienes y servicios, así como al desarrollo de actitudes, hábitos y múltiples capacidades de cuidado y/o uso racional del agua y de los diversos recursos naturales, además del fomento a la educación ambiental, entre otros.

El desarrollo de la cultura del agua, como se ha mencionado con antelación, debe ser transversal a todos los sectores que participan en el enfoque de gobernanza, el cual promueve los valores que integran la visión y misión del derecho al agua suficiente y de calidad, valores que debe prevalecer en los ámbitos del gobierno, sociedad e instituciones de educación superior y sector educativo en general. La cultura del agua aparece aquí como el elemento que funda los valores en la construcción del enfoque de gobernanza para la gestión integral de los recursos hídricos (GIRH).

En cuanto a la gobernanza, en el apartado correspondiente se establecen factores clave para su diseño, implementación y desarrollo, mismos que se recapitulan de manera sintética a continuación:

- A. La organización de redes de colaboración integradas por todos los ámbitos relacionados con los recursos hídricos, los cuales son: gobierno federal, estatal y municipal; sociedad, que abarca a todos los usuarios del agua: agrícola, pecuario, acuícola, forestal, doméstico, industrial, servicios, entre otros; y las instituciones de educación superior y demás niveles del sector educativo.
- B. La determinación de los mecanismos que permitan la interrelación permanente entre dichas redes; es decir, diseño de las formas de interacción intersectorial que aseguren el desarrollo de diversos procesos de integración, participación y colaboración social, entre otros.
- C. El establecimiento de una administración de los procesos de gobernanza de los recursos hídricos, encargada de propiciar liderazgos y mecanismos de comunicación horizontales, integrada por representantes de las redes.
- D. El diseño, desarrollo y evaluación de estrategias y acciones y/o, en su caso, la redefinición de políticas públicas y/o del marco regulatorio, con base en acuerdos y consensos logrados en la interacción de las redes.
- E. El diseño y desarrollo de múltiples mecanismos dirigidos a mantener la participación y la confianza entre los integrantes de las redes de gobernanza del agua, lo que se considera un aspecto básico y fundamental; así como aquellos que permitan la transferencia de



Niña acarreando agua.

información y construcción de saberes útiles a la sociedad, en el marco del desarrollo y consolidación de una cultura del agua; además de la divulgación de los logros alcanzados mediante el trabajo conjunto. A lo anterior también han de integrarse los factores sociales para la gobernanza del agua: participación, legalidad, transparencia, sensibilidad, consenso, equidad y eficiencia, mismos que aseguran el óptimo desarrollo de la gobernanza (ver Capítulo I).

Segundo ámbito estratégico: la gestión integral de los recursos hídricos (GIRH)

Con base en lo establecido en el encuadre anterior, se propone que el contexto estratégico de la gestión de los recursos hídricos tenga como propósito inicial identificar y proponer estrategias relacionadas con las amenazas que se ciernen en cuanto a la seguridad del agua y la biodiversidad, mismas que fueron explicitadas al inicio del presente capítulo, donde se establecen argumentos que permiten determinar que existe una problemática respecto a la disponibilidad de agua en términos de cantidad y calidad, y que principalmente es el factor antrópico el que incide en la contaminación del vital líquido; que ésta representa un riesgo a la salud de la población y para el funcionamiento de los ecosistemas, expresado en deterioro de sus servicios ambientales (ver Capítulo V Estudio de caso).



El agua, fuente de vida.

Se señala, que el propósito central es detener, y en lo posible revertir, los procesos de deterioro de los ecosistemas y servicios, interviniendo en las causas, para que todos los usuarios del agua y los ecosistemas mismos cuenten con el recurso hídrico en cantidad y calidad suficientes en el presente y el futuro, y promover con ello la salud de los ecosistemas y de la población.

A continuación, se establecen acciones estratégicas de gestión integral de los recursos hídricos, en el contexto anterior, mismas que integran un proceso que abarca distintas etapas (ver Menchaca y Bello 2014 y Menchaca *et al.*, 2015).

VI.4. ACCIONES ESTRATÉGICAS DE GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

1. Se deben realizar diagnósticos integrales que permitan definir la problemática de la cuenca, microcuenca, región, sistema hidrológico, cuerpos de agua, es decir, establecer el contexto de intervención estratégica que sea de interés, lo que implica trabajar en los siguientes aspectos:

- Determinar el funcionamiento de los ecosistemas expresado en los servicios ambientales de cuencas hidrológicas y bosques, y su resiliencia; así como medir y/o calcular la disponibilidad de agua en cuanto a cantidad y calidad, tanto para las superficiales como subterráneas.
- Identificar con precisión el factor antropogénico, lo que significa analizar la secuencia de sucesos relacionados con las actividades que realizan los distintos usuarios del agua, mismas que pueden estar impactando y afectando el ecosistema y los servicios ambientales de cuencas hidrológicas y bosques, ya que el origen de dicho factor puede ser producto de múltiples eventos que se interrelacionan.
- Lo anterior permitirá detectar los procesos que han significado un progresivo deterioro de los ecosistemas y su funcionamiento, lo que tiene como propósito determinar específicamente cuáles son las causas que lo producen o tienden a producirlo.
- En cuanto a la calidad del agua, se debe hacer un monitoreo que permita desarrollar bases de datos confiables sobre la contaminación en relación a compuestos químicos, como pueden ser: fosfatos, detergentes, fenoles, nitratos y nitritos, entre otros; metales pesados: arsénico, plomo, cadmio, cobre, magnesio, zinc, etcétera; así como microorganismos bacteriológicos: coliformes totales y coliformes fecales. Desarrollar estudios que permitan contar con información puntual sobre las condiciones que están originando la contaminación del agua. Lo anterior, es fundamental ya que la calidad del agua es un indicador para medir la salud de los ecosistemas, y es la base para desarrollar medidas de remediación y conservación.

2. A partir del desarrollo de los puntos anteriores, se puede establecer una primera integración de los resultados producto del diagnóstico, para determinar la problemática que integra aspectos del medio ambiente, la sociedad y el ámbito económico.



Monitoreo de la calidad del agua.

Se señala que, con la participación de los integrantes de las redes establecidas en el llamado encuadre de gobernanza y cultura del agua, se establece el proceso de reconocimiento general de la problemática de afectaciones al ecosistema y sus servicios; y la disponibilidad del agua en cantidad y calidad, todo ello con la colaboración de los representantes del gobierno, sociedad, educación superior (equipo de investigación) y sector educativo en general. Lo anterior es útil para reconstruir la historia de los eventos, situaciones y fenómenos que han ocurrido y para determinar y/o identificar la problemática.

Es importante establecer que la problemática se define de acuerdo con el desarrollo de un proceso de análisis integral (cuantitativo y cualitativo), lo que significa investigar y/o estudiar diversos aspectos, como son la reconstrucción de los hechos relacionados con el deterioro de los servicios ecosistémicos, así como la “lectura” de la interrelación e interdependencia de los aspectos ambiental, social y económico, de los que se desprende la complejidad de la gestión de los recursos hídricos.

El propósito de lo anterior, se dirige a establecer una red de hechos y/o circunstancias que permitan determinar cuáles son los elementos clave, dónde se ubican, e identificar eventos que intervienen de forma individual y sinérgicamente con los impactos y afectaciones que sufren los servicios ambientales de bosques y cuencas hidrológicas, como consecuencia de las múltiples actividades de los usuarios del agua, que los degradan significativamente. Especial atención tiene la contaminación del recurso hídrico, lo que disminuye la disponibilidad natural del agua para consumo humano y afecta sensiblemente los ecosistemas.

A partir de la determinación del estado en que se encuentra la cuenca, microcuenca, región, sistema hidrológico, cuerpos de agua, etc., donde se elige desarrollar la gestión integral de los recursos hídricos, se plantea la problemática, definiendo qué factores son la causa del riesgo centrado en la degradación ambiental/ecosistémica y contaminación del agua. El siguiente paso es establecer una propuesta de cambio y/o de intervención que resuelva la problemática, es decir, determinar un proceso diacrónico para formular posibles escenarios y/o soluciones en el marco de la gestión y manejo integral de los recursos hídricos.

VI.5. CONSIDERACIONES FINALES

Como se ha mencionado, las estrategias de intervención tienen como propósito sostener la disponibilidad en cantidad y calidad del agua, en beneficio de los usuarios y de los ecosistemas. Lo que a continuación se establece son líneas estratégicas generales, establecidas bajo el encuadre de la cultura del agua y el enfoque de gobernanza, mismas que pueden realizarse independientemente de las que se desprendan del diagnóstico y la problemática específicos.

- Desarrollar un programa de restauración y conservación de los bosques, suelos y fuentes naturales de agua, para que se respete el caudal ecológico y se favorezca la resiliencia del ecosistema y sus servicios ambientales.
- Establecer o consolidar un programa para proteger las fuentes naturales del recurso hídrico, cuyo objetivo fundamental sea el control de la contaminación de los diversos usuarios, con especial atención a las fuentes que abastecen a la población. Esto tiene el propósito de garantizar que las concentraciones de agentes patógenos, sustancias químicas, etcetera, no afecten la salud de la población, es decir, que no ocasionen riesgos a la salud pública (OMS, 2006).
- Diseñar y desarrollar mecanismos que incentiven o promuevan el ahorro de agua entre todos los usuarios; así como la medición y verificación de los volúmenes concesionados y autorizados.
- Actualizar el marco normativo sobre calidad del agua es fundamental, ya que los impactos del factor antrópico a los servicios de los ecosistemas se van volviendo más complejos con el tiempo, esto es, redefinir la normatividad en el contexto de la evaluación, monitoreo y control de la contaminación. En este sentido, se puede incentivar el uso de insumos agrícolas y pecuarios orgánicos, que están siendo una opción viable en favor del incremento en la producción, los beneficios económicos y, sobre todo, de la disminución de la contaminación de suelo, agua y aire.
- Identificar los niveles de vulnerabilidad en el contexto de las enfermedades de origen hídrico, con especial atención a las comunidades rurales que se abastecen directamente de las fuentes naturales de agua, es decir, zonas marginadas que no cuentan con el servicio de agua “potable” en sus casas.

- Divulgar, de manera periódica, información confiable relativa a la calidad del agua, para proteger la salud de la población, lo que puede incluirse en la gestión integral de los recursos hídricos. Se considera que lo anterior podría ser muy benéfico para la población y para el sector salud, ya que se pueden prevenir muchas enfermedades.
- Supervisar y aplicar el marco regulatorio vigente para todos los ámbitos relativos a la conservación del medio ambiente, mantenimiento del caudal ecológico, calidad del agua, entre otros.

El trabajo interdisciplinario e intersectorial bajo el enfoque de gobernanza y cultura del agua, es indispensable, ya que permite entender la complejidad de los fenómenos hídricos, así como desarrollar y aplicar propuestas de “saber cómo” resolver problemáticas derivadas de lo ambiental, social y económico, en dicho contexto.

Se considera fundamental la inversión, tanto del sector público como del privado, para desarrollar las estrategias expuestas de la gestión integral de los recursos hídricos, bajo el encuadre de la cultura del agua y gobernanza, lo que tiene como propósito la conservación del agua y los bosques, y permite detener la degradación de los ecosistemas y asegurar el bienestar de la población a una escala intergeneracional.

Como se estableció al inicio del presente, se ha calificado como grave el deterioro de los ecosistemas conexos al agua y la contaminación es una de las causas más importantes, por ello, es necesario trabajar conjuntamente para revertir dichas tendencias y evolucionar como sociedad hacia escenarios más adaptativos y sustentables, que nos permitan planear el porvenir con la certeza de que podremos seguir viviendo en la Tierra en paz y con un profundo respeto a la naturaleza.

BIBLIOGRAFÍA

- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Ley de Aguas Nacionales, Cámara de Diputados del Honorable Congreso de la Unión, *Diario Oficial de la Federación*, 1 de diciembre de 1992, recuperado en enero de 2015, de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16_110814.pdf.
- CONAGUA, Presentación del Programa Cultura del Agua, Veracruz, Coordinación General de Comunicación y Cultura del Agua, Organismo de Cuenca Golfo Centro. Subdirección de Comunicación y Cultura del Agua (Manuscrito no publicado), Xalapa, 2014.
- Koiiiman, J., “Societal Governance: levels, modes and orders of Social-Political Interaction”, en *Modern governance. New Government-Society Interaction*, Oxford, Oxford University Press, 2000, pp. 138-164.
- Menchaca, S., Alvarado, E., Zapata, K. y Pérez, M., “Construcción del riesgo por contaminación del agua y el principio de precaución”, en *Derecho y gestión del agua*. México, Ubijus Editorial, 2015.

- Menchaca, M. y Bello, J., “La gestión para el manejo integral de cuencas desde el enfoque de sistemas complejos”, en *Metodologías aplicadas a las ciencias de la tierra*. México, IETEC Editores, 2014.
- OMS, *Guías para la calidad del agua potable*. Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza, 2006, recuperado en mayo de 2014, de http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_fulll_lowres.pdf.
- UNESCO, “Water and Ecosystems”, en *Conserving Ecosystems to Meet the Human Water Demands*, Ontario, United Nations University, 2007.
- UNESCO Etxea, *Cultura y Desarrollo, Evolución y perspectivas*, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, Cuaderno de Trabajo, SRB Editorial, 2010, p. 30.
- Vörösmarty, C., McINTyre, P., Gessner, M., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S., Sullivan, C., Liermann, C. y Davies, P., “Global threats to human water security and river biodiversity”, *Nature*, 467, 2010, 555-561.



*Cultura del agua para la gobernanza
en la gestión integral de los recursos hídricos,*
de María del Socorro Menchaca Dávila y Luis Alejandro Uscanga Morales,
se terminó de imprimir en el mes febrero de 2017
en Impresora y Encuadernadora Progreso, S. A. de C. V. (IEPSA),
Calzada San Lorenzo, 244; 09830, Ciudad de México.
El tiraje consta de 2 000 ejemplares.
El contenido de este documento es
responsabilidad de los autores,
el cuidado de la edición estuvo a cargo de
la Dirección Editorial de la Universidad Veracruzana.

